

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.829

March 2015

道路構造物管理実務者研修（橋梁初級Ⅰ）

道路橋の定期点検に関するテキスト

玉越 隆史・白戸 真大

Basic Textbook for Bridge Inspection, 2014

Takashi TAMAKOSHI, Masahiro SHIRATO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I） 道路橋の定期点検に関するテキスト

玉越 隆史 *
白戸 真大 **

概要

道路法施行令（政令）第 35 条に定められた道路橋の定期点検では、道路法施行規則（国土交通省令）第 4 条の 5 の 2 の規定に従って、定期点検を適正に行うために必要な知識と技能を有するものが実施する者が行わなければならないこととされている。これを受け、本資料は、既往の道路橋に関する知見や国管理の道路橋の定期点検結果の分析を踏まえ、道路橋の定期点検を行うために必要とされる最低限の知識と技能の内容と水準について検討を行ったものを研修テキストの形でとりまとめたものである。そして、本資料と同じ内容が、平成 26 年度に国土交通省が全国の地方整備局において、道路橋の定期点検に従事する者に最低限必要な知識と技能を修得させることを目的として実施した道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）において講義されている。

省令が求める知識と技能の習得は、適当な講師による本書の内容の講義と関連の技術情報の把握、現地での近接目視・診断実習など管理者が省令の解釈として要求する研修カリキュラム全体の履修によってはじめて実現するものである。

そのため個人の自学自習以外、たとえば研修などにおいて、事前に国土交通省国土技術政策研究所の許諾を得ないままの本書の一部または全部の利用は禁止します。

キーワード：道路橋、定期点検

* 橋梁研究室長

** 橋梁研究室 主任研究官

刊行にあたって

我が国には道路橋は全国に約 70 万橋存在し、高度経済成長期以降に集中的に整備したのも多く、様々な損傷が顕在化しています。しかし、状態や原因を把握し、適切な措置をとることで、長寿命化を図るとともに、突然の落橋などの事故の危険性を低下させることができます。そこで、道路の老朽化や大規模な災害発生の可能性も踏まえた道路の適正な管理を図るため、平成 25 年 6 月には道路法が改正され、道路管理者は、予防保全の観点も踏まえて道路の点検を行う義務があることが明確化されました。また、これを受け、平成 26 年 3 月には、道路法施行規則第 4 条の 5 の 2 として定期点検の技術基準が交付され、適正な知識と技能を有するものが近接目視と健全性の診断を行うことが義務化されました。そして、同年 7 月の施行に合わせて、補足や診断のための参考資料を技術基準に加えた定期点検要領が同年 6 月に全国の道路管理者に通知されています。

国土技術政策総合研究所では、これまで国が管理する道路橋に対する定期点検要領として昭和 63 年には「橋梁点検要領（案） 昭和 63 年 7 月 土木研究所資料第 2651 号」（当時建設省土木研究所）を策定し、その後も平成 16 年には「橋梁定期点検要領（案） 平成 16 年 3 月 国土交通省道路局」の原案作成を行うなど道路橋の定期点検方法に関する調査研究の実施とその成果の実務への反映を図ってきました。そして今般の法定点検制度の導入にあたっては、過去からの道路橋の設計・施工・維持管理に関する調査研究の知見やこれまでに蓄積されてきた全国の国管理の道路橋の定期点検結果の分析を行い、国土交通省道路局、全国の地方整備局、独立行政法人土木研究所などと連携して、新たに制定された道路法施行規則が求める道路橋の定期点検を行うために必要とされる最低限の知識と技能の内容と水準についての検討を行ってきました。

本書は、これらの検討の結果として、道路法施行規則に定める定期点検において現地で近接目視とそれを踏まえた健全性の診断を行う者が有していることが最低限必要な知識と技能について研修用テキストとしてとりまとめたものです。本テキストの趣旨を正しく理解し、適切な活用が図られることで、道路構造物の本格的な老朽化対策の実施が進むことを期待します。

おわりに、本テキストの監修に当たられた「道路構造物点検技術検討会」の委員長並びに各委員の助言に深甚の謝意を表します。

平成 27 年 3 月

国土技術政策総合研究所 所長 岩崎 泰彦

道路構造物点検技術検討会メンバー

【検討会委員】

委員	三木 千壽	(東京都市大学 副学長)
委員	秋山 充良	(早稲田大学 教授)
委員	古関 潤一	(東京大学 教授)
委員	小西 拓洋	(東京都市大学 教授)
委員	下村 匠	(長岡技術科学大学 教授)
委員	二羽 淳一郎	(東京工業大学 教授)

【事務局】

○国道・防災課

伊藤 正秀 道路技術分析官
塩谷 正広 補佐

○関東地方整備局

村刺 徹雄 総括構造物維持管理官
市川 明広 道路構造保全官
菱川 龍 道路構造保全官

○北陸地方整備局

会田 里士 道路構造保全官

○近畿地方整備局

森本 和寛 道路構造保全官

○国土技術政策総合研究所

木村 嘉富 道路構造物管理システム研究官
玉越 隆史 橋梁研究室長
白戸 真大 主任研究官
西田 秀明 主任研究官

○土木研究所

渡辺 博志 上席研究員
村越 潤 上席研究員
星隈 順一 上席研究員
石田 雅博 上席研究員
七澤 利明 上席研究員

まえがき

道路橋の定期点検の定義に統一されたものはなかったが、平成 26 年 7 月に道路法施行規則第 4 条の 5 の 2 の規定が施行され、5 年に 1 度、適正な知識と技能を有する者が、近接目視を行い、近接目視をおこなったときに健全性の診断を行うことで統一された。

道路橋は、ひとつひとつ設計、施工される。同じような構造形式や径間長であっても、細部の構造、設計条件、材料・施工品質まで同一のものは一つとしてない。設計にあたっては調査が行われるが、それも限られた情報から、条件設定を行う不確実性が伴う。立地条件、交通条件も異なれば、コンクリートのように自然由来の材料を用いることもあったり、また、施工品質も製造物のようには均質で無い。さらに、周辺環境条件、地盤の強さ、過去に受けた地震等の履歴もひとつひとつ異なるし、環境条件が変われば、また、構造や損傷の広がりかたの違いによっても、着目する損傷の進行性及び進行した損傷が橋に及ぼし得る影響も異なる。したがって、損傷の種類、幅や長さなどの損傷サイズから機械的に健全性を分類する方法を全ての橋を対象に作ることは、どんな専門家であっても不可能であろう。また、仮に機械的に健全性を分類する方法を示したとしても、条件によっては、重大な損傷につながる恐れのある損傷を過小評価するおそれがあり、道路利用者の危険性が橋によっては見落とされてしまう。そこで、健全性の診断は、適正な知識と技能を有するものが、ひとつひとつの部材や損傷に対して、次回点検までの間に、橋の安全性や橋の上下の通行者の安全性、また、予防保全の観点から措置を行う必要があるかどうかを考え、判断することが不可欠である。

橋の設計を行うには、構造力学、材料力学、地盤力学を履修されていることはもちろんのこと、流体力学などの諸知識が求められる。加えて、維持管理となると、損傷の種類や発生原因・劣化特性、損傷と橋の力学特性の関係を知り、第三者に説明するための所見を示す訓練がなされたものが定期点検を行わなければ、定期点検結果に基づく措置判断に支障を来す。さらには、維持修繕となれば、原因の除去方法、補修補強材料、補修補強の施工過程における橋全体系の安全性の変化、補修補強部位の点検の確実性や耐久性などについて、知識を駆使し、現場毎に適正な設計、施工が行われることが求められる。

このように道路橋の健全性の診断は単純な世界ではないが、法定の定期点検で求められる健全性の診断のために最小限必要と考えられる知識と技能を作り上げることも、全国で約 70 万の道路橋の法定点検の円滑な執行のために不可欠である。そこで、道路橋の健全性の診断に最低限必要な知識を効率的に身につける、体系的な入門書が必要ということになり、国土技術政策総合研究所では、これまでの研究や技術指導実績などを踏まえ、今回、道路橋の定期点検に関するテキストをまとめるに至った。

テキストは、法定の定期点検にこれから携わるものが、健全性の診断を行うために必要な知識の全体像を短期間で網羅的に把握し、診断結果の所見を作成する技術の基礎を取得できるようにできるように構成されている。すなわち、橋の形式や橋を構成する部材の名

称、部材の機能・役割、設計で想定する力の流れと実際の違い、設計法、基準の変遷、そして、関係法令や技術基準の体系と技術基準の各項目の運用にあたっての留意事項、損傷の種類やメカニズム、損傷を発見し、把握するために知っておくべき事項、そして、以上の知識を反映し、健全性の診断を行うために知っておくべき事項からなる。もちろん、座学だけは、必要な技能は身につけられない。そこで、本テキストが活用されている国土交通省が主催している「道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）」においては、本テキストを用いた座学、そして、現地実習も行われ、点検計画、近接目視等に損傷の把握、健全性の診断、そして、論理的に第三者に診断結果を説明できるような所見の書き方や損傷観察記録の残し方について実地で演習が行われる。そして、研修のカリキュラム、テキスト、及び、用いる資料は、全国統一のものである。さらに、「道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）」においては、実際の道路橋の点検では、様々な損傷の形態があり、それにともない健全性の診断において留意すべき事項も変わる点については、国総研資料第 748 号「道路橋の定期点検における参考資料（2013 年版）」が配布され、実際の定期点検において、点検前に橋毎に想定される損傷をある程度事前に予測し、健全性の診断に必要な留意すべき事項について予習できるように配慮されている。

本テキストは、作成に関わる時間上の制約や著者らの浅学から、十分に触れられていない事項があると思われる。また、橋の構造、部材の役割、設計法、損傷メカニズムと健全性の診断が、なめらかに関係づけられていない記述も多々あるものと思われる。以上の点については、今後、研修での活用結果を踏まえ、改善を図る必要があり、いずれ、本テキストの改定作業が必要となろう。また、上述のように、定型的・類型的に健全性の診断を行うことができないという本質的な理由から、診断にあたっての留意事項の説明がわかりにくいと感じられる箇所もあると思われる。この点については、健全性の診断は、レシピ本のように見直しが必要な点があろうことは、著者らも十分に認識しているところである。

このテキストを契機に、学協会等が出版する教科書等を用いて各分野の詳細かつ専門的な知識を読みこなせるようになること、また、研修生諸氏が、現地で研鑽を積み、適正な診断、及び、所見の作成に必要な技能を身につけていただければ、テキストを作成した目的が達せられたことになる。

本テキストの作成にあたり監修をいただいた「道路構造物点検技術検討会」の委員長並びに各委員、貴重な資料や研修を行う立場から意見をいただいた国土交通省の各地方整備局及び北海道開発局、並びに、内閣府沖縄総合開発事務所の関係諸氏、また、テキストの作成に携わった橋梁研究室の各位の努力に深く感謝いたします。

平成 27 年 3 月

著者

本テキスト使用上の留意事項

1. 本テキストは、あくまでテキストであり、実際の知識と技能の習得には、単に、本書を通読するだけでなく、適当な講師による講義と関連の技術情報の把握、現地での模擬点検実習など一定の研修カリキュラムの履修などそれぞれの管理者による道路法施行規則の解釈としての要求の充足が不可欠です。
2. このテキストの内容は、現時点での知見に基づくものであり、今後、道路橋に関する様々な技術開発や知見の蓄積を踏まえて、必要に応じて見直しを図られなければなりません。またこのテキストでは特殊な事例や健全性の診断やそのための調査などに高度な専門性が要求される事象については扱っていません。
3. 実際の定期点検では様々な状況に遭遇することは当然のごとく予想されます。健全性の診断においては、本テキストに記載の事項を盲目的に当てはめようとしてはならず、知識と技能に基づき、個々に適切な判断が求められます。
4. 本資料を利用、一部複写するなどし、橋梁初級 I 研修以外に利用することは原則として禁じます。ただし、以下の（1）又は（2）の場合には、利用を可能とします。
 - （1） 道路橋の定期点検に携わる技術者個人が自学自習に利用すること
 - （2） 公益団体が、一般技術者に対して、実費にて、国土交通省が実施する道路構造物管理実務者研修（橋梁初級 I）と同じ研修を開催すると判断でき国土技術政策総合研究所が求めに応じて許諾を与えた場合

【目 次】

1. 序論	1-1
2. 橋に関する基本的な知識	2-1
2.1 橋の構成	2-1
2.2 橋の構造メカニズムと部材の名称や役割	2-4
2.2.1 鋼橋の部材の名称と役割	2-5
2.2.2 コンクリート橋の部材の名称と役割	2-15
2.2.3 床版の形式や機能	2-21
2.2.4 支承の形式や機能	2-30
2.2.5 落橋防止システムの形式や機能	2-35
2.2.6 伸縮装置の形式や機能	2-38
2.2.7 下部構造の部材の名称と役割	2-44
2.2.8 基礎の形式や機能	2-57
2.3 橋の付帯設備や付属物の名称や役割	2-68
2.3.1 排水	2-68
2.3.2 防護柵	2-71
2.3.3 遮音壁	2-73
2.3.4 落下物防止柵	2-73
2.3.5 照明	2-74
2.3.6 標識	2-75
2.4 橋の形式	2-77
2.4.1 路面位置による分類	2-77
2.4.2 材種による分類	2-78
2.4.3 主桁・主構の構造形式による分類	2-81
2.4.4 桁形式の橋に対する主桁の断面形状による分類	2-94
2.4.5 版形式の橋に対する版の断面形状による分類	2-101
2.4.6 床版の扱いによる橋の分類	2-103
2.4.7 床版の種類による分類	2-103
2.4.8 桁の支持方法による分類	2-104
3. 橋の設計の基本と基準の変遷	3-1
3.1 橋の設計	3-1
3.1.1 法律、基準	3-1
3.1.2 使用材料	3-2
3.1.3 荷重	3-12
3.1.4 荷重を受けた部材の応答	3-14
3.1.5 耐震設計	3-28
3.1.6 疲労設計	3-30

3.2 橋の設計基準の変遷	3-41
3.2.1 橋の設計に用いる荷重(作用)の変遷	3-41
3.2.2 鋼橋の技術基準の変遷	3-44
3.2.3 コンクリート橋の技術基準の変遷	3-51
3.2.4 下部構造の技術基準の変遷	3-55
3.2.5 支承の技術基準の変遷	3-56
3.2.6 河川管理施設等構造令の変遷	3-57
4. 橋梁の点検	4-1
4.1 道路橋の維持管理	4-1
4.1.1 点検	4-1
4.1.2 調査	4-4
4.1.3 維持修繕	4-5
4.2 法律・通知・管理者毎の要領・参考図書	4-7
4.2.1 道路橋定期点検要領(平成26年6月)	4-9
4.2.2 橋梁定期点検要領(平成26年6月)	4-9
4.3 定期点検の必須項目	4-10
4.4 法令・道路橋定期点検要領・各管理者の定期点検要領の関係	4-14
4.5 定期点検の流れ	4-17
4.5.1 定期点検の頻度	4-20
4.5.2 点検項目	4-20
4.5.3 点検の方法(事象の捕捉あるいは把握のための方法)	4-22
4.5.4 事象の捕捉あるいは把握に関する記録	4-25
4.5.5 部材毎の健全性の診断(対策区分の判定)	4-31
4.5.6 橋毎の取扱いの区分、橋毎の健全性の診断	4-38
4.5.7 記録と保存	4-38
4.6 点検計画	4-42
4.6.1 既往資料の調査及び現地踏査	4-42
4.6.2 点検準備	4-44
4.6.3 安全管理	4-48
4.6.4 関連法規	4-49
4.7 橋梁マネジメントシステム(BMS)	4-50
5. 橋の損傷	5-1
5.1 鋼部材の損傷	5-1
5.1.1 防食機能の劣化及び腐食	5-1
5.1.2 亀裂及び破断	5-17
5.1.3 ゆるみ・脱落	5-27
5.2 コンクリート部材の損傷	5-32
5.2.1 コンクリートのひびわれ	5-32

5.2.2	コンクリートの剥離・鉄筋露出	5-48
5.2.3	漏水・遊離石灰	5-52
5.2.4	コンクリートの抜け落ち	5-55
5.2.5	補修・補強材の損傷	5-59
5.2.6	床版ひびわれ	5-63
5.2.7	うき	5-73
5.3	その他の損傷	5-76
5.3.1	遊間の異常	5-76
5.3.2	路面の凹凸	5-79
5.3.3	舗装の異常	5-81
5.3.4	支承部の機能障害	5-83
5.3.5	その他	5-86
5.4	共通の損傷	5-91
5.4.1	定着部の異常	5-91
5.4.2	変色・劣化	5-98
5.4.3	漏水・滞水	5-101
5.4.4	異常な音・振動及び異常なたわみ	5-105
5.4.5	変形・欠損	5-109
5.4.6	土砂詰り	5-112
5.4.7	沈下・移動・傾斜	5-114
5.4.8	洗掘	5-118
5.5	橋の三大損傷	5-121
5.5.1	塩害	5-121
5.5.2	アルカリ骨材反応	5-125
5.5.3	疲労	5-129

1. 序論

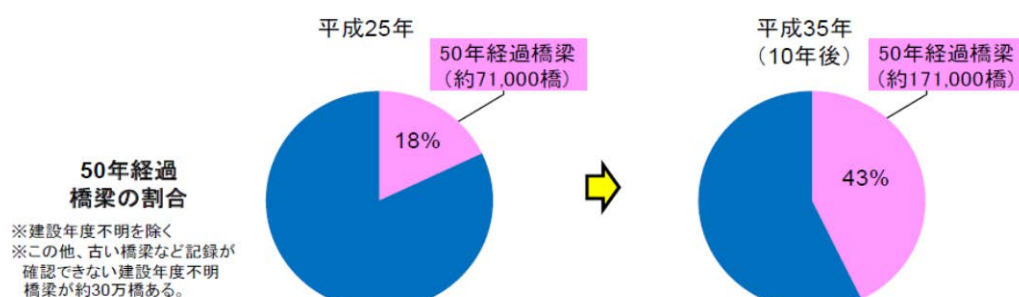
我が国には2013年（平成25年）時点で約70万橋もの道路橋（橋長2m以上）がある。図-1.1に示すように、2025年（平成35年）頃には、建設後50年を超えるものが全体の4割以上を構成することになる。経年の状態変化が進んでおり、図-1.2に示すように、変状も見られている。発見の遅れにより、損傷が進行し、橋の機能に影響を及ぼした事例も少なくない。

各道路管理者は、供用中の道路構造物を安全な状態に保つ責務がある。また、経年変化に対しても効率的な維持管理を進める必要がある。

そこで、道路橋の経年の状態変化に対して、定期的に状態の確認と健全性の診断を行い、以て安全の確保と効率的な維持管理を進めるため、道路法施行規則が一部改正され、具体的な点検頻度や方法等が定められ、2014年（平成26年）7月に施行された。

本テキストは、道路法施行規則第4条の5の2の規定に基づく道路橋の定期点検を実施するにあたり、最低限必要な知識を習得することを目的に作成されたものである。

定期点検には道路橋や損傷に関する広範な知識が求められる。外観目視が主体となることから、目視できない箇所の異常の有無の推測や、専門家の判断を必要とする事象に対して、安易に見過ごしたり誤った判断を行うことがないように常に留意しつつ、定期点検を実施するのがよい。



社会資本整備審議会 道路分科会 第44回基本政策部会・第11回国土幹線道路部会合同部会資料5より
抜粋 <http://www.mlit.go.jp/common/001027115.pdf>

図-1.1 橋の高齢化



剥離・鉄筋露出



剥離・鉄筋露出、PC鋼材破断



コンクリート床版の抜け落ち



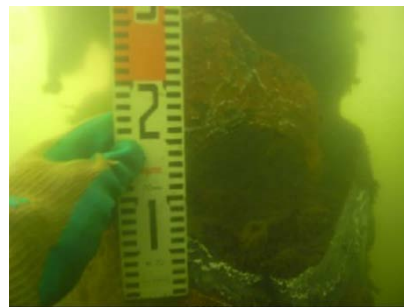
鋼板接着補強されたコンクリート床版の抜け落ち



腐食



腐食、破断



腐食



亀裂

図-1.2 橋の様々な損傷の例

2. 橋に関する基本的な知識

2.1 橋の構成

橋	長	橋長とは、橋の全長であり、橋台パラペット前面間の距離のことをいう。(国土交通省道路局企画課：道路施設現況調査要項による)	
支間	長	支間長とは、主桁の橋の長さ方向に測った支承の中心間距離のことをいう。	
径間	長	径間長とは、橋台と橋脚間、橋脚と橋脚間の橋脚中心線間の距離のことをいう(橋台の場合はパラペット前面までの距離)。	
桁	長	桁長とは、桁の全長であり、橋の両側の伸縮目地の内側間の距離のことをいう。	
遊	間	主桁と橋台パラペット又は主桁間の隙間のことで、通常伸縮装置が設置される。	
上	部	構造	橋台、橋脚に支持される橋桁その他の構造部分をいう。
下	部	構造	上部構造からの荷重を基礎地盤に伝達する構造部分で、橋台、橋脚及びそれらの基礎をいう。
車	道		自動車が行き通れる部分をいう。
歩	道	等	歩道、自転車道及び自転車歩行者道をいう。

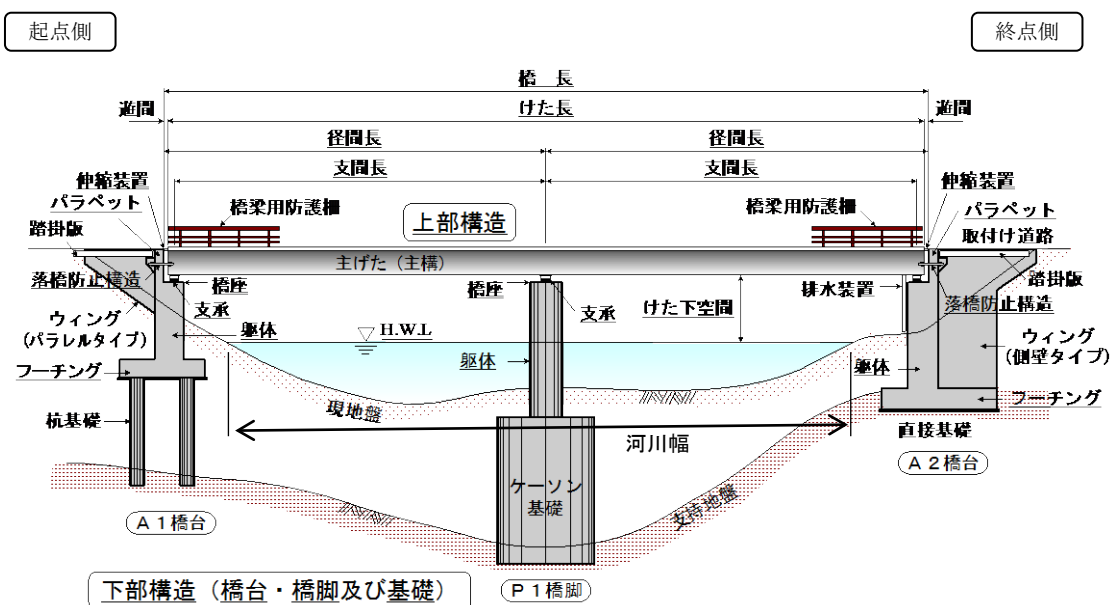


図-2.1.1 橋の構成

※図中の橋台 (A1、A2)、橋脚 (P1) の名称の付け方は、道路の起点側から順番に、橋台は A1、A2・・・、橋脚は P1、P2・・・と付ける。径間番号も起点側から順番に第 1 径間、第 2 径間・・・と付ける。

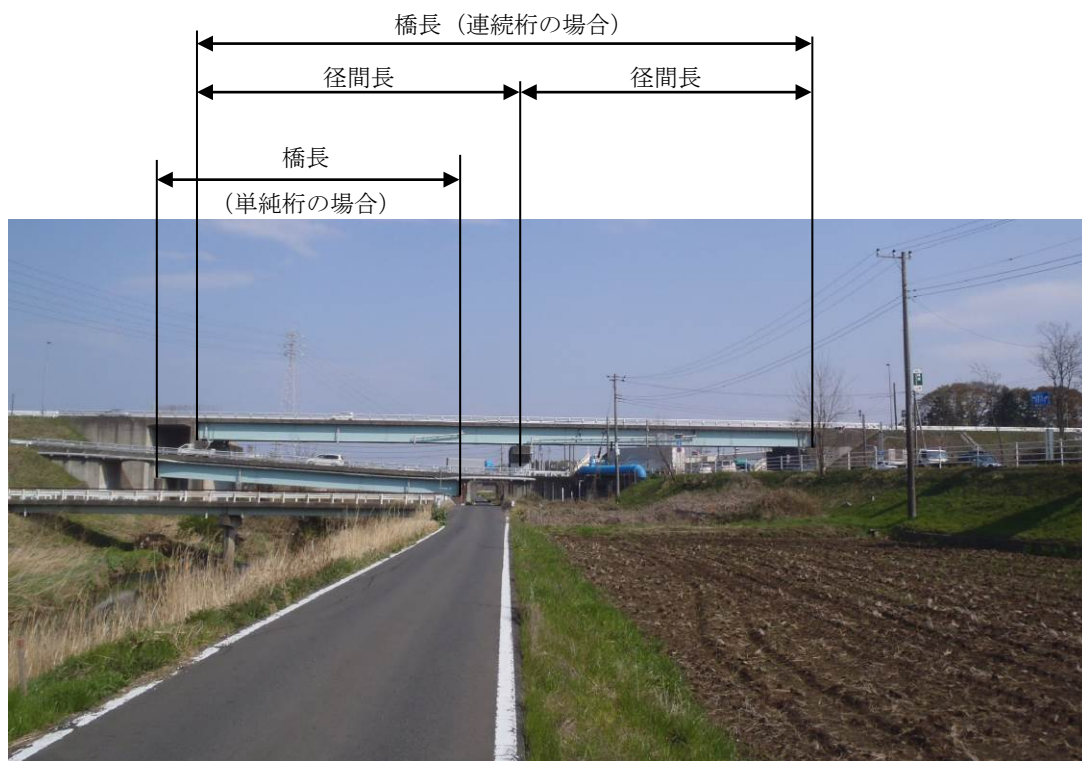


図-2.1.2 橋梁全体の構成

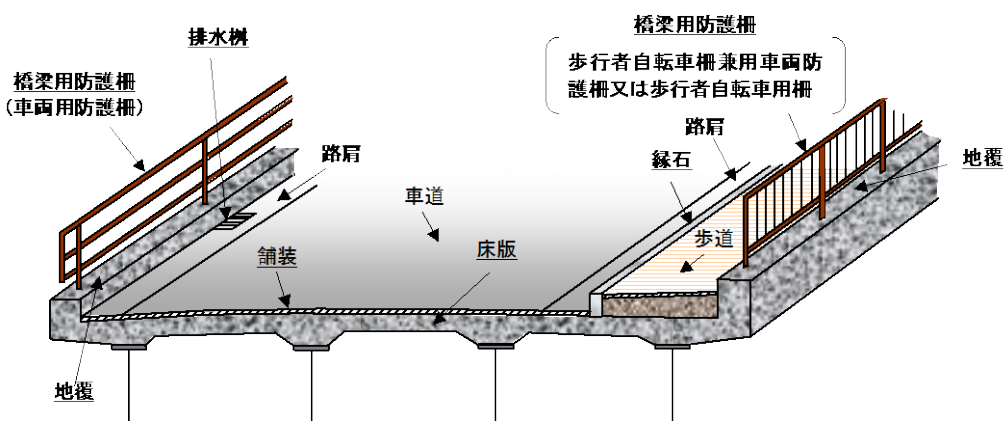
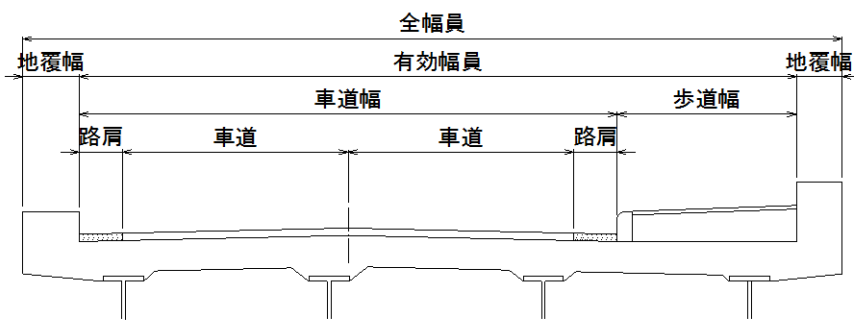


図-2.1.3 橋面上の名称

2.2 橋の構造のメカニズムと部材の名称や役割

橋の構造は部材を組み合わせることで成り立っている。従って、各部材及び部材と部材を接合する接合部（連続部、格点部を含む）の健全性を診断することが定期点検では求められる。

主部材とは、当該橋においてその構造の特性に基づき、主要な構造部分を構成する部材とみなすべき部材のことである。また、これら主部材の位置（路面より上か下かなど）、材料（鋼、コンクリートなど）及び耐荷機構を組み合わせることで橋の形式の分類が行われることが多い。主部材は、損傷を放置しておくで橋の架け替えも必要になると想定される部材、又は損傷により路面が抜けて車両の通行に支障をきたす部材など、構造上重要な役割を担うものであり、個別の橋ごとに異なる。一般には以下のものが該当するが、縦桁や横桁では橋の構造形式や特性によって主部材として扱う場合と扱われない場合などの違いが生じることもある。

- ・ 主桁
- ・ 横桁
- ・ 縦桁
- ・ 主桁のゲルバー部
- ・ 床版
- ・ 主構トラスの上・下弦材、斜材、垂直材及び橋門構
- ・ トラスの格点
- ・ アーチのアーチリブ、補剛桁、吊り材、支柱及び橋門構
- ・ アーチの格点
- ・ ラーメンの主構（桁・脚）
- ・ 斜張橋の斜材及び塔柱
- ・ 外ケーブル
- ・ 橋脚
- ・ 橋台
- ・ 基礎

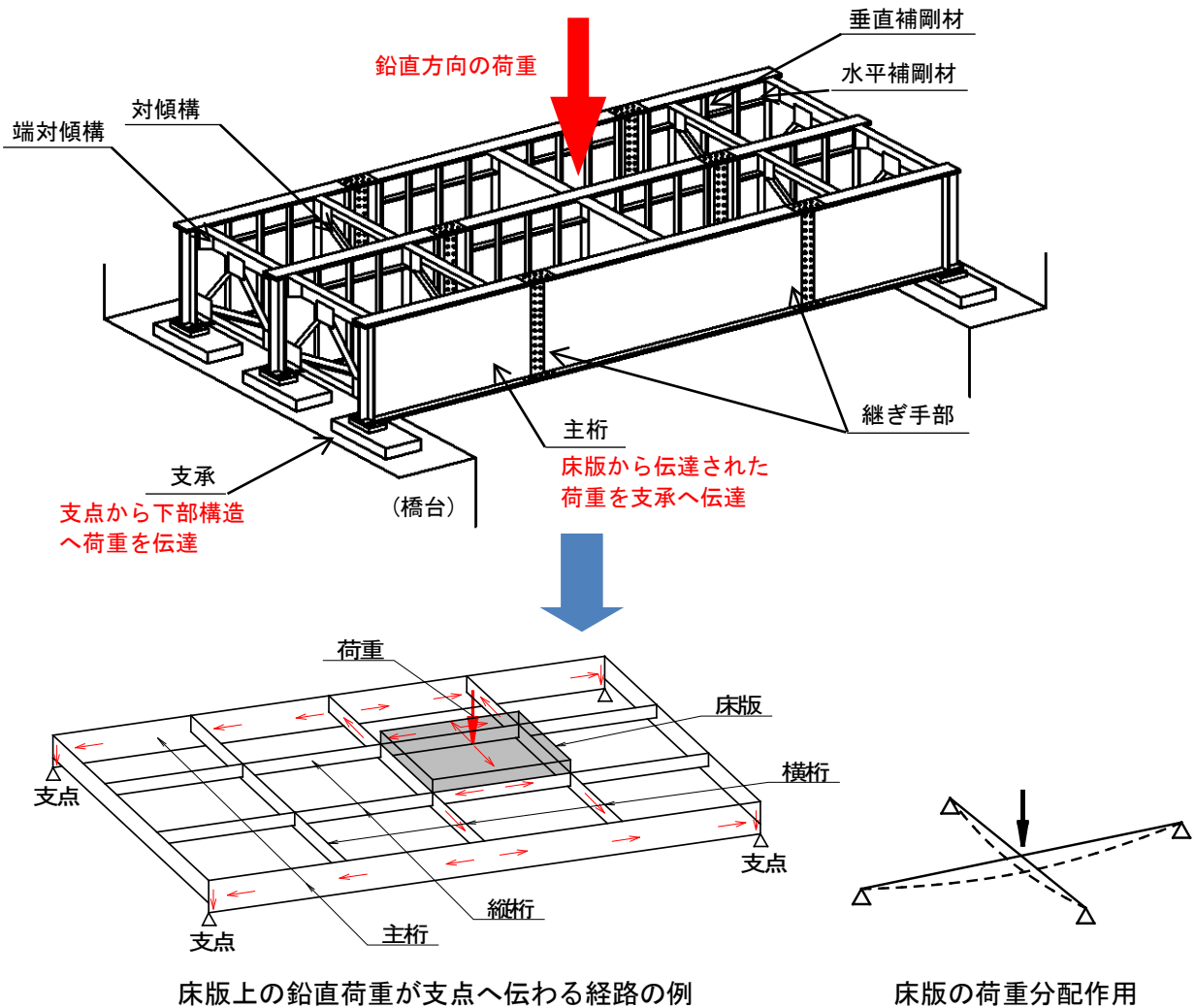
2.2.1 鋼橋の部材の名称と役割

鋼橋とは、上部構造を構成する床版以外の主要材料の多くが鋼部材からなる橋である。

- 主 桁 : 橋の上部構造の主体となる。橋台や橋脚の間に渡され、上部構造に作用する荷重を下部構造に伝達する桁。
- 主 構 : トラス橋における上弦材・下弦材・斜材・垂直材、アーチ橋におけるアーチリブのことをいい、橋台や橋脚間を渡る主要な構造として主桁と同じ機能を有する構造。トラス部材のみを指すこともある。
- 床 組 : 床版からの荷重を主桁又は主構に伝達する部材で、主桁（主構）と並行に配置される縦桁、及び主桁（主構）と交差する方向に配置される床桁（横桁ともいう）で構成される。
- 縦 桁 : 床版を支持する部材で、床桁（横桁ともいう）とともに床組を構成する部材。床版を支持しない縦桁も一部の橋には存在するが、その場合は、他の部材の荷重の分配を助ける役割であることが多く、主部材とはならないことが多い。
- 横 桁 : 主桁間に荷重を分配する部材で、主桁又は主構を相互に連結するように鉛直面内に配置する。橋が立体的機能を保持して各部材に所定の機能を発揮させるために、形状を保持する役割も担う。
- 対 傾 構 : 主に横荷重に抵抗する部材で、主桁又は主構を相互に連結するように鉛直面内に配置する。橋が立体的機能を保持して各部材に所定の機能を発揮させるために、形状を保持する役割も担う。
- 横 構 : 主に横荷重に抵抗する部材で、主桁又は主構を相互に連結するように水平面内に配置する。
- 床 版 : 橋を通行する自動車、歩行者などを直接支持し、その荷重を直接、又は床組を介して主桁に伝達させる部材。

(1) 主に鉛直方向の荷重（自重、自動車荷重等）に抵抗する部材の名称と一般的な荷重伝達経路の例

鉛直方向に作用する荷重は、直接自動車荷重を受ける床版→主桁→支承→下部構造へと伝達される。鉛直方向に作用する荷重には、橋の自重、車両による活荷重などがある。



床版上の鉛直荷重が支点へ伝わる経路の例

床版の荷重分配作用



図-2.2.1 鉛直方向の荷重に抵抗する部材の名称と役割

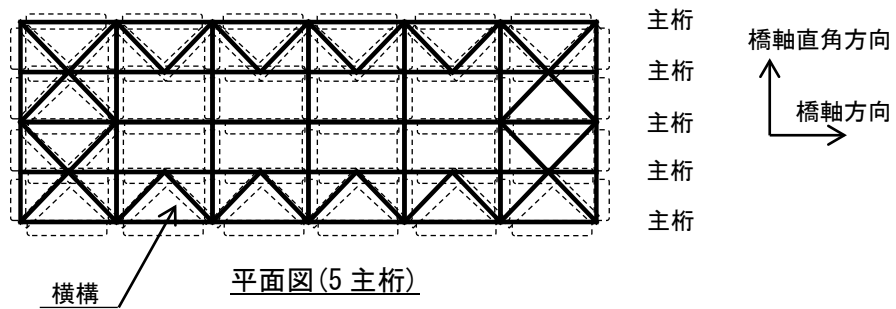
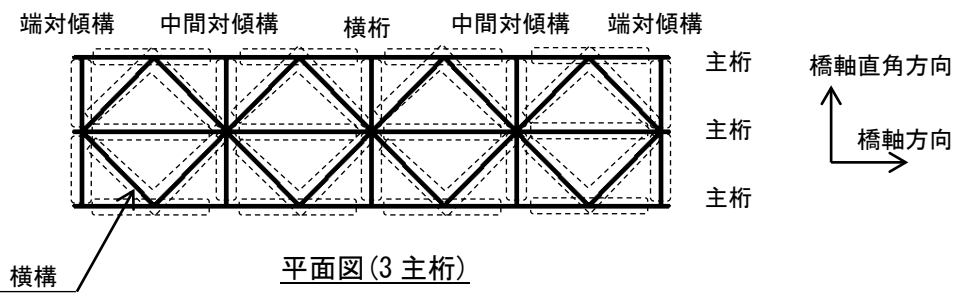
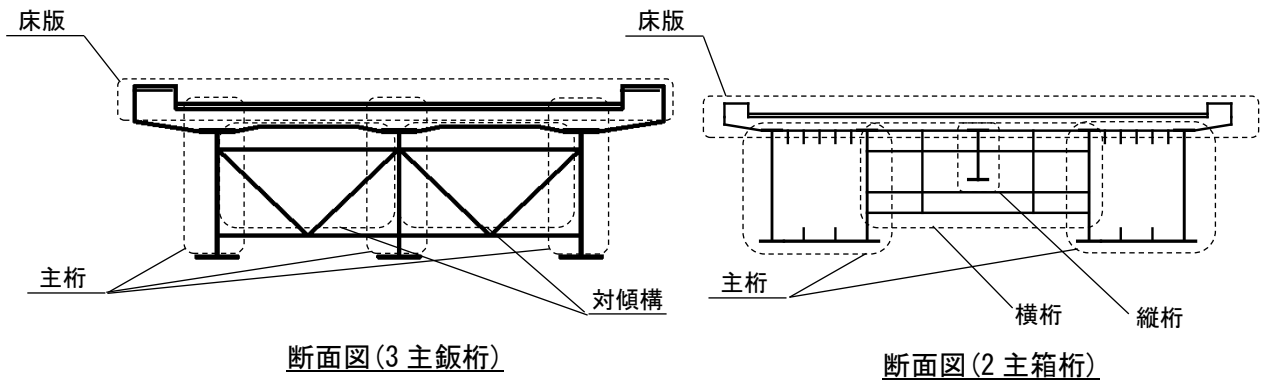


図-2.2.2 横桁及び対傾構

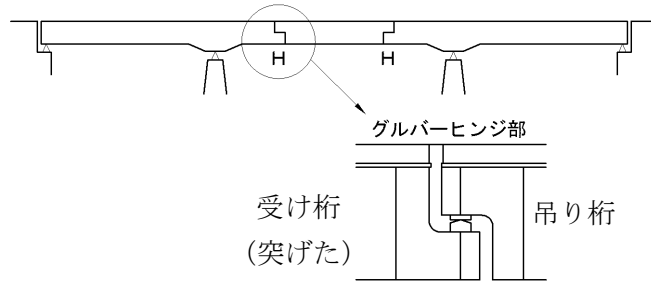
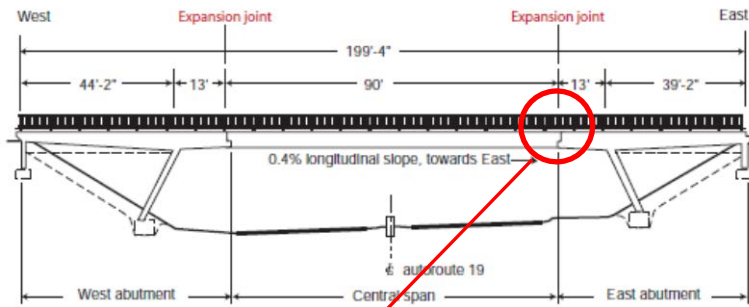


図-2.2.3 ゲルバー部

《メモ》

①主桁ゲルバー部の損傷から落橋に至った事例^{2.1)}

2006年に生じたデ・ラ・コンコルド橋（カナダ）の落橋はゲルバー部のせん断破壊が原因と言われている。



2004年（1992年に補修）



2006年（崩落30分前）



出典：事故調査委員会報告書

②アーチ橋の補剛桁ゲルバー部に損傷が発見された事例

1992年にアーチ橋の補剛桁ゲルバー部に損傷が発見された（山神橋）。



トラス橋やアーチ橋のように橋に床組がある場合、鉛直方向に作用する荷重は、直接自動車荷重を受ける床版→床組→主構→支承→下部構造へと伝達される。

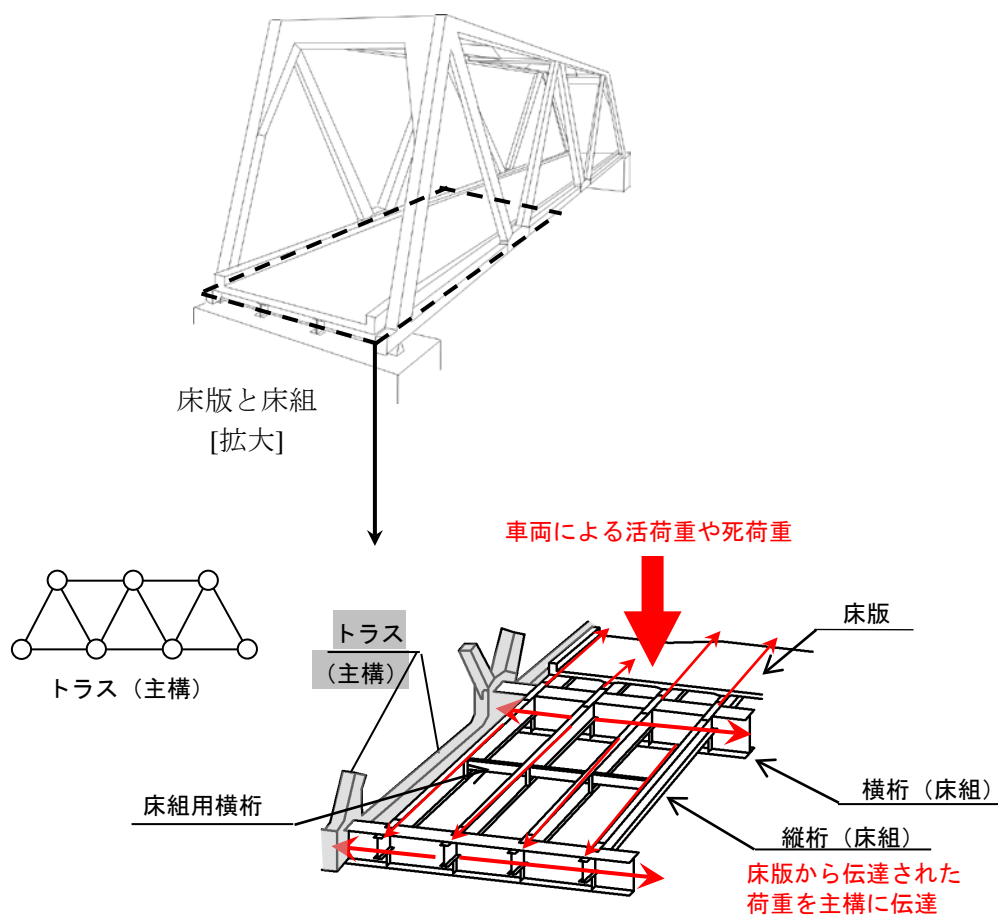


図-2.2.4 鉛直方向の荷重に抵抗する部材の名称と役割 (床組)

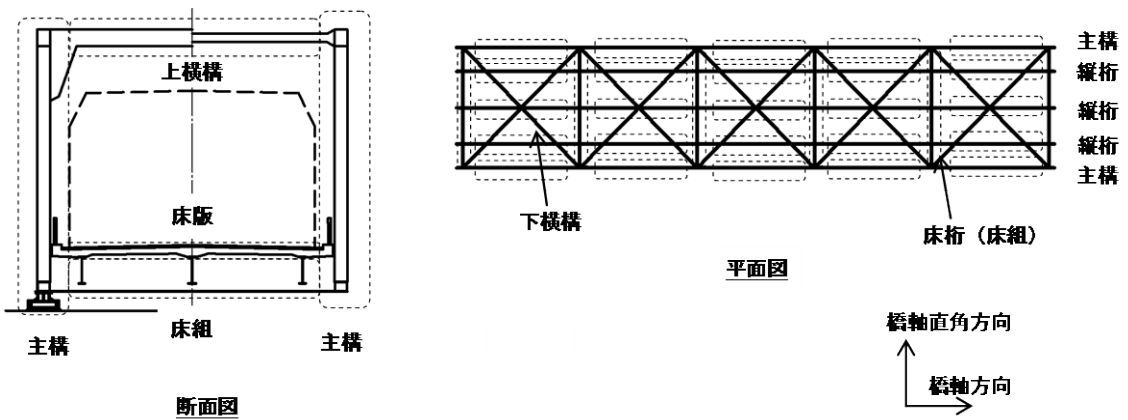


図-2.2.5 床組部材

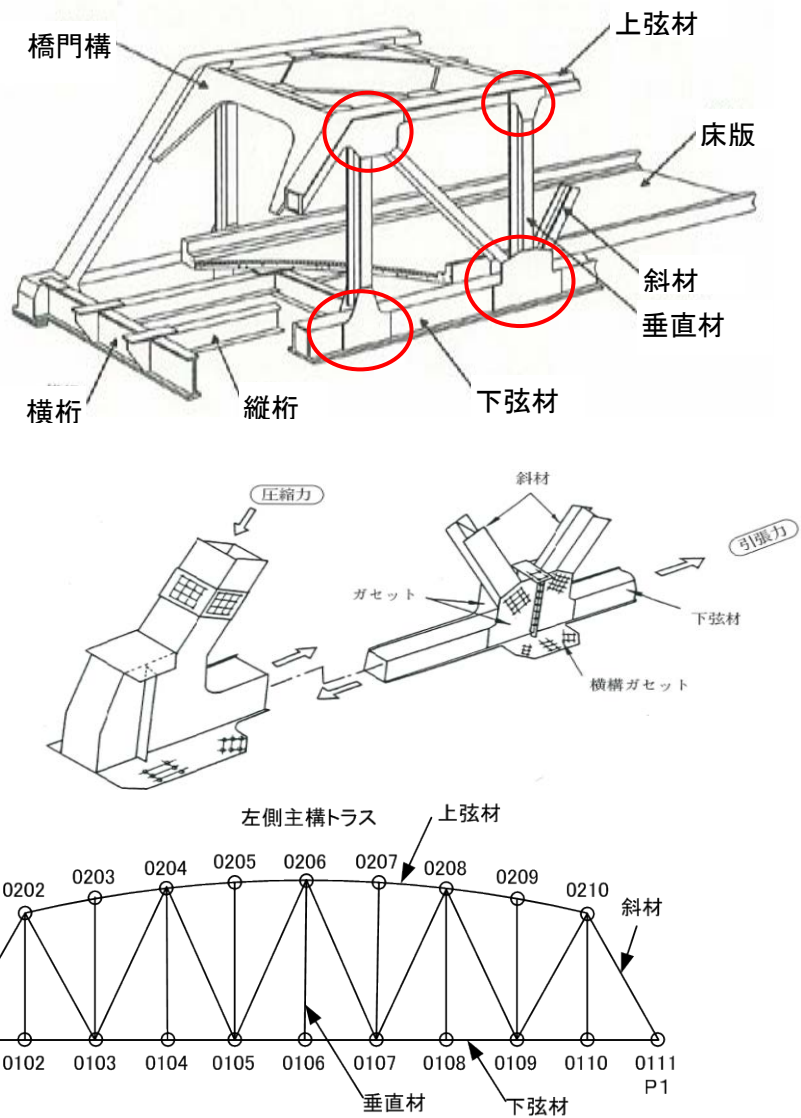


図-2.2.6 トラス橋格点部^{2.2)}

(2) 主に水平方向の荷重（地震荷重、風荷重等）に抵抗する部材の名称と役割と一般的な荷重伝達経路の例

水平方向に作用する荷重に対して抵抗する主な部材：対傾構、上横構、下横構、床版など

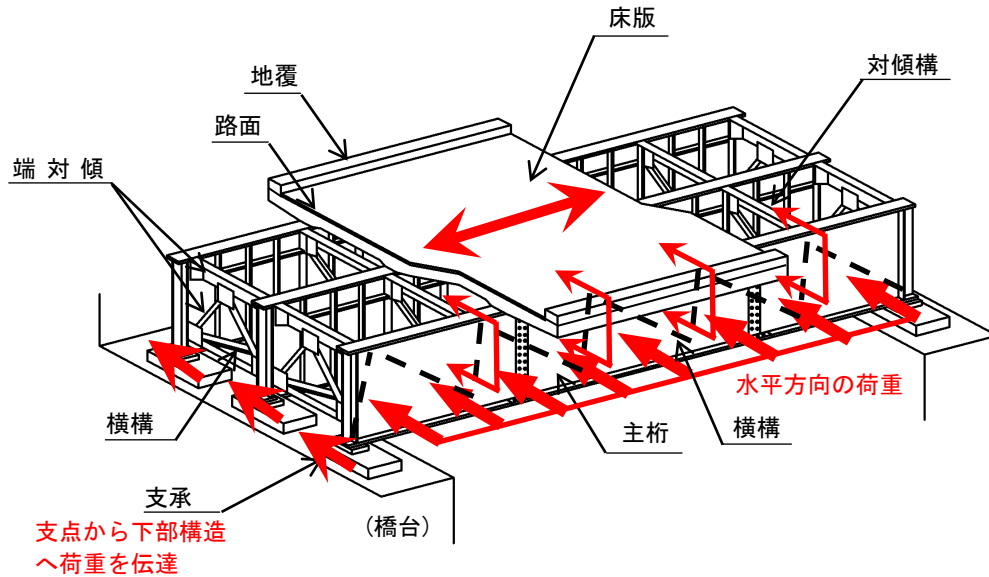
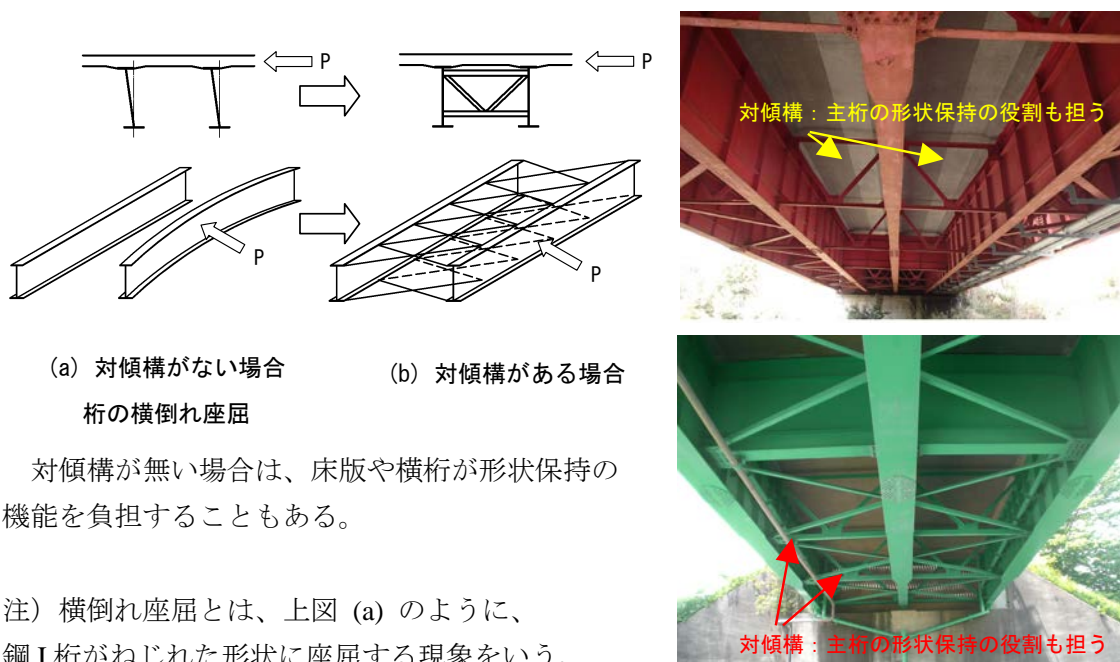


図-2.2.7 水平方向の荷重に抵抗する部材の名称と役割

(3) 橋が立体的機能を保持して各部材に所定の機能を発揮させるために形状を保持する部材

断面的な形状を保持するための部材：対傾構、橋門構

平面的な形状を保持するための部材：上横構、下横構



(a) 対傾構がない場合
桁の横倒れ座屈
(b) 対傾構がある場合

対傾構が無い場合は、床版や横桁が形状保持の機能を負担することもある。

注) 横倒れ座屈とは、上図 (a) のように、鋼 I 桁がねじれた形状に座屈する現象をいう。

図-2.2.8 橋の形状を保持する部材

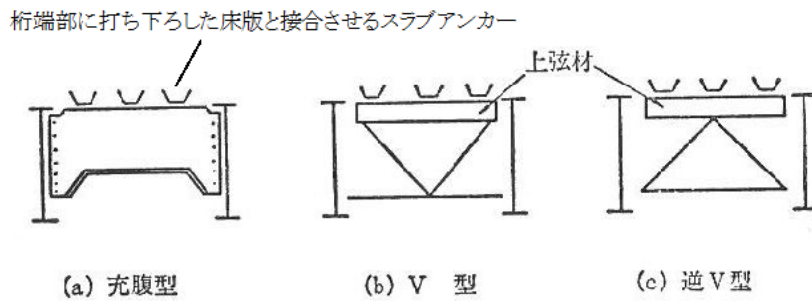


図-2.2.9 桁端に配置する端対傾構の形式の例^{2.4)}

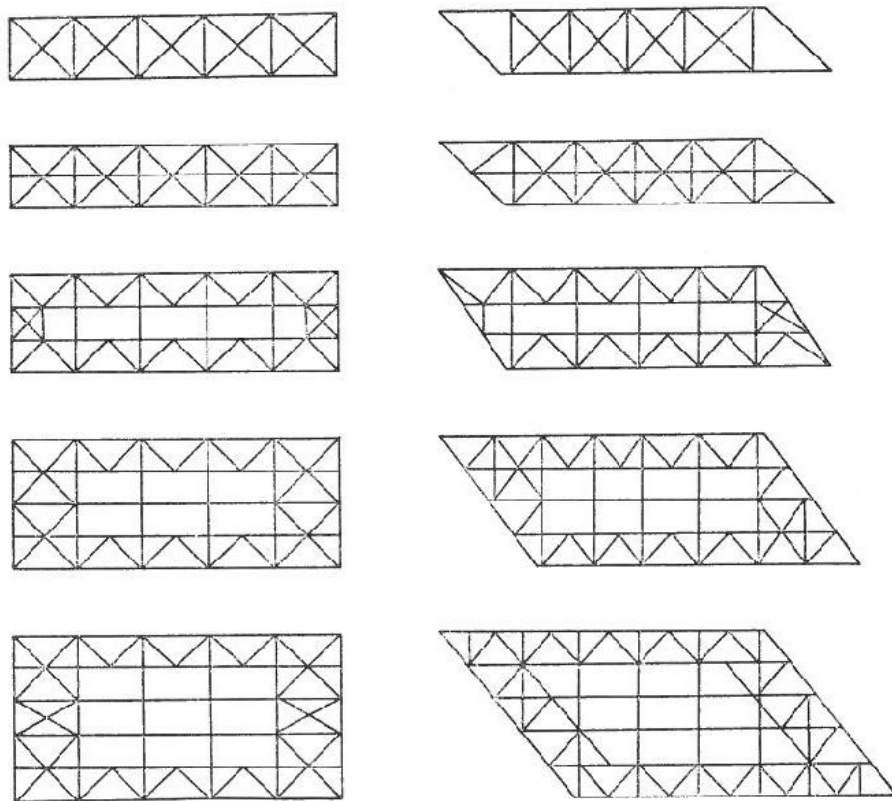


図-2.2.10 横構の配置の例^{2.4)}



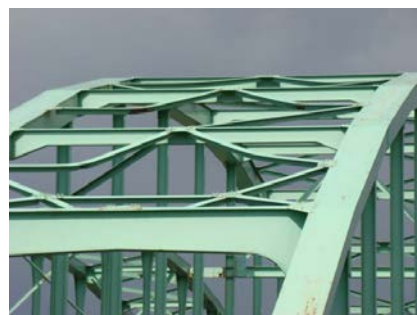
図-2.2.11 主桁（主部材）が横倒れした例



地震による水平荷重を受けて、ガセットが塑性変形している状態



地震による水平荷重を受けて、下横構が座屈している状態



地震による水平荷重を受けて、上横構が座屈又は破断した事例

図-2.2.12 主部材ではない部材が地震などの影響で座屈、破断した例

2.2.2 コンクリート橋の部材の名称と役割

- 主 桁 : 橋の上部構造の主体となる。橋台や橋脚の間に渡され、上部構造に作用する荷重を下部構造に伝達する桁。
- 横 桁 : 主桁間の荷重分配、橋軸直角方向の剛性を高め桁相互のたわみ差及びねじりによる桁の変形を防ぐことを目的とし、支点上に端支点横桁、及び中間横桁を設けている。
- 床 版 : 橋を通行する自動車、歩行者などを直接支持し、その荷重を直接主桁に伝達させる部材。(主桁の一部が床版となっている)

(1) 主に鉛直方向の荷重（自重、自動車荷重等）に抵抗する部材の名称と役割と荷重伝達経路

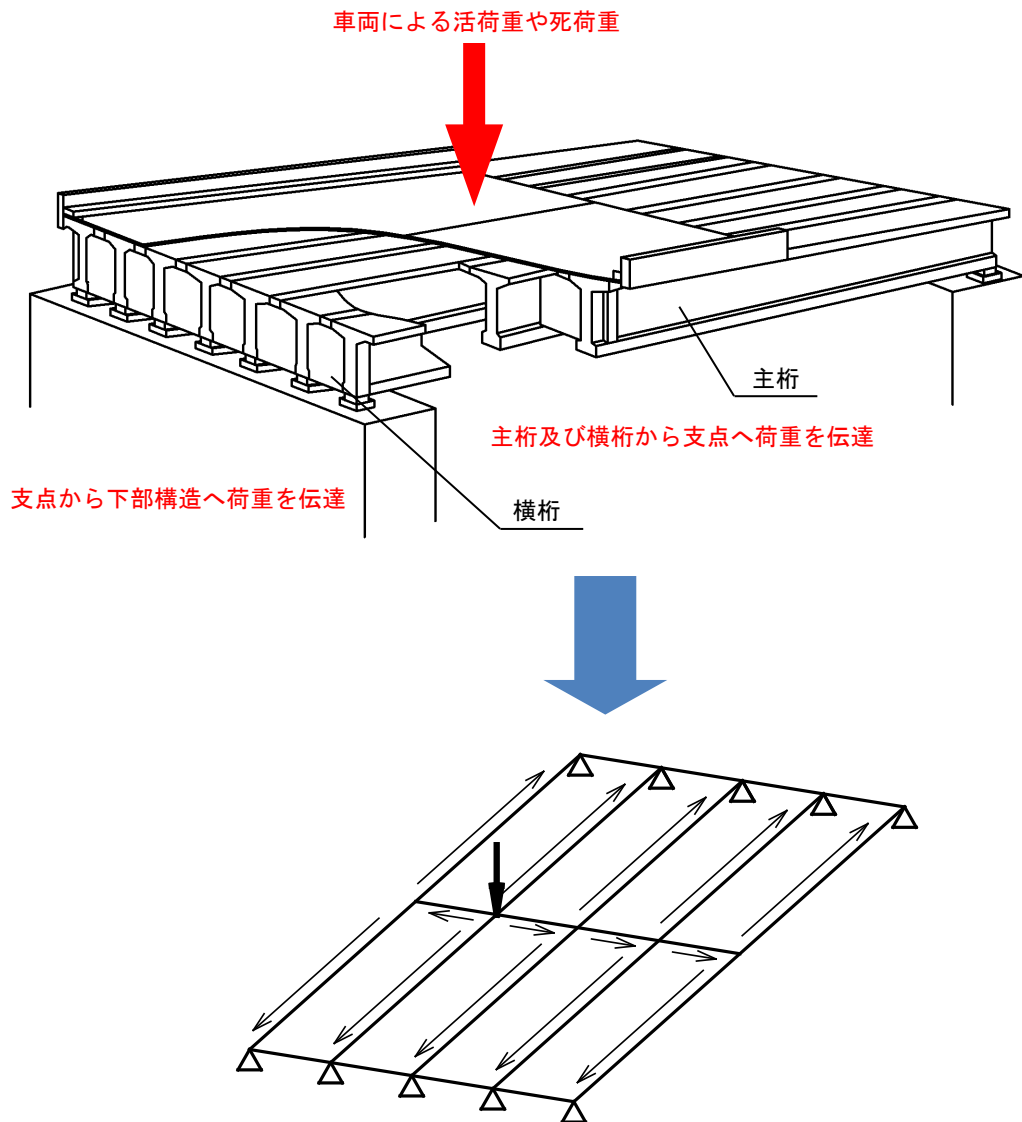


図-2.2.13 荷重分配

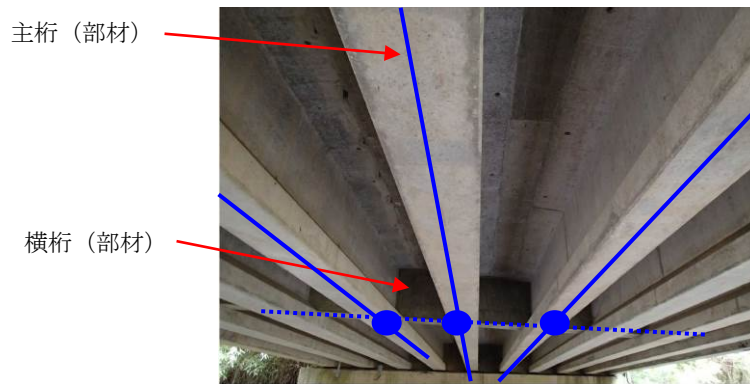
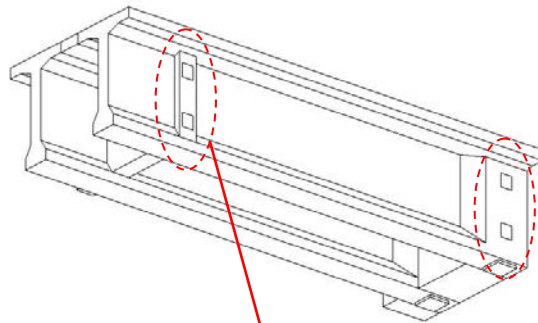
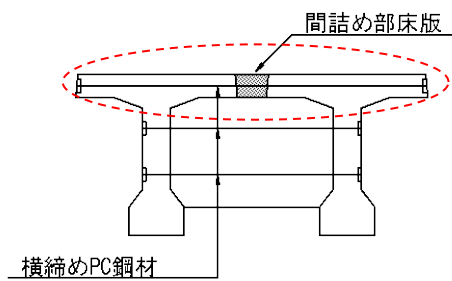
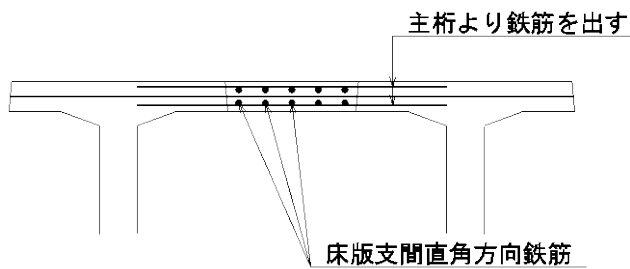


図-2.2.14 コンクリートT桁橋の部材構成

横桁を PC 鋼材（横桁横締め）で桁と一体化することで確実に一体で機能して荷重分配が行えるようにする



間詰め部で、横締め PC 鋼材により桁フランジを連結し、床版として一体機能するようにされている



間詰め部詳細

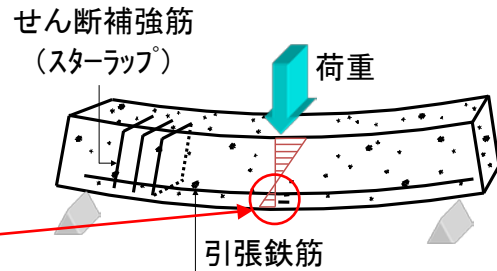


図-2.2.15 コンクリートT桁橋の横締め連結

《メモ》

①RC 構造：圧縮応力をコンクリートで、引張応力を鉄筋で分担し、両者が一体となって抵抗する構造。

引張側でひびわれが生じることを前提とし、コンクリートの引張強さを見込まないで設計されている。

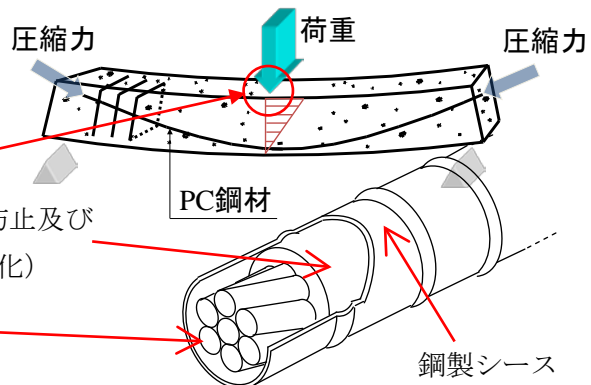


②PC 構造：道路橋の設計においては、プレストレスの存在を前提に、コンクリートが全断面で抵抗することを前提に設計される構造。従って、コンクリートにひびわれがないものとして扱えるように、一般に引張応力を生じさせないように構造を設計している。

引張を発生させない。
(荷重状態で全圧縮)

グラウト (PC 鋼材の腐食防止及び部材コンクリートとの一体化)

PC 鋼材 (PC 鋼より線)



※シースとは、ダクトを形成するための筒のことである。

ダクトとは、ポストテンション方式によるプレストレスコンクリート部材において、PC 鋼材を配置できるようにコンクリート中にあけておく孔のことである。

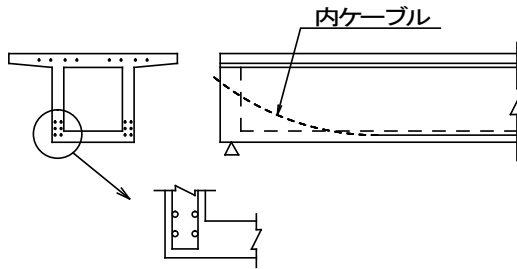
※PC 鋼材には、床版や横桁に橋軸直角方向に配置するものがあり、それを緊張しプレストレスを導入することを『横締め』と言う。上記を床版横締め、横桁横締めと呼ぶ。

③プレストレス：荷重によってコンクリートに発生する引張応力を打ち消すように、あらかじめコンクリートに与える圧縮応力。

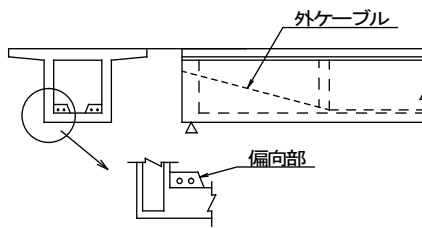
(次頁つづく)

《メモ》

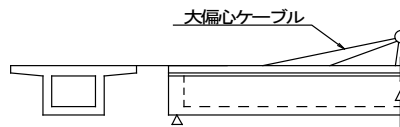
④内ケーブル構造：PC 鋼材をコンクリート内部に配置し、コンクリート部材にプレストレスを与える構造。



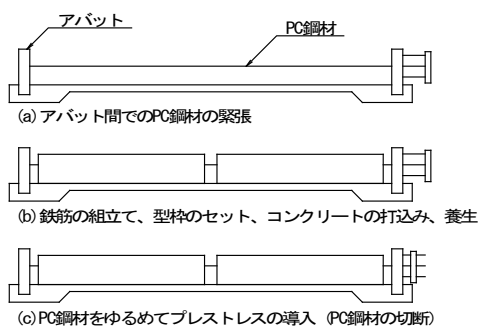
⑤外ケーブル構造：防錆処理を施した PC 鋼材を、直接コンクリート内部に配置せず、コンクリート外側に配置し、プレストレスを与える構造。



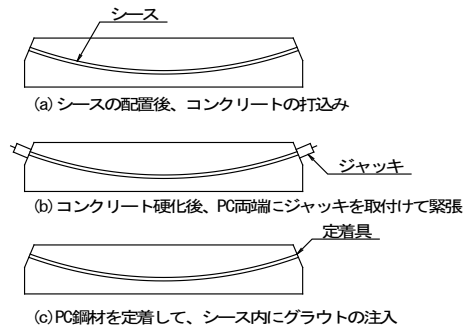
⑥大偏心外ケーブル構造：外ケーブルを桁高の範囲外に偏心配置した構造。



⑦定着方式：PC 鋼材を用いて部材にプレストレスを与える方法は、PC 鋼材に引張力を与えておいてコンクリートを打ち込み、硬化後に与えておいた引張力を PC 鋼材とコンクリートの付着によってコンクリートに伝えプレストレスを導入するプレテンション方式と、コンクリート硬化後に PC 鋼材に引張力を与え、その鋼材をコンクリートに定着させてプレストレスを導入するポストテンション方式がある。



プレテンション方式



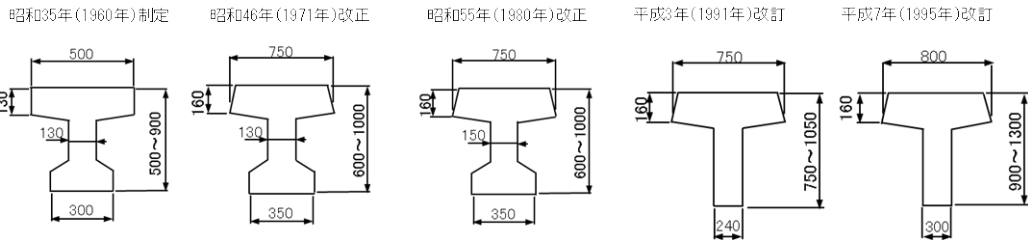
ポストテンション方式

(次頁つづく)

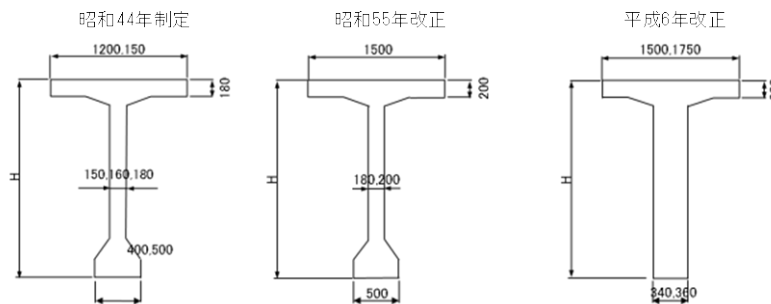
《メモ》

プレテンション方式とポストテンション方式を現場で見分けるには、設計図書、橋歴板などで上部構造の形式を確認する。JIS や標準設計の制定年度によりフランジ幅などが異なるため、それによって判断することも可能である。

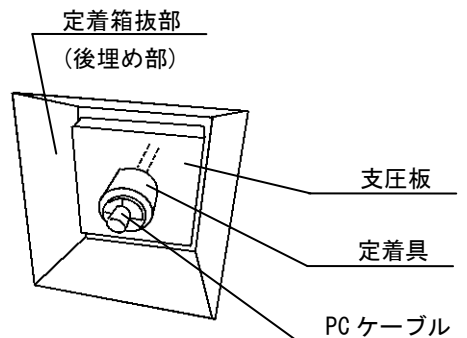
スラブ用プレストレストコンクリート橋げた



ポストテンション桁(建設省標準設計)の変遷



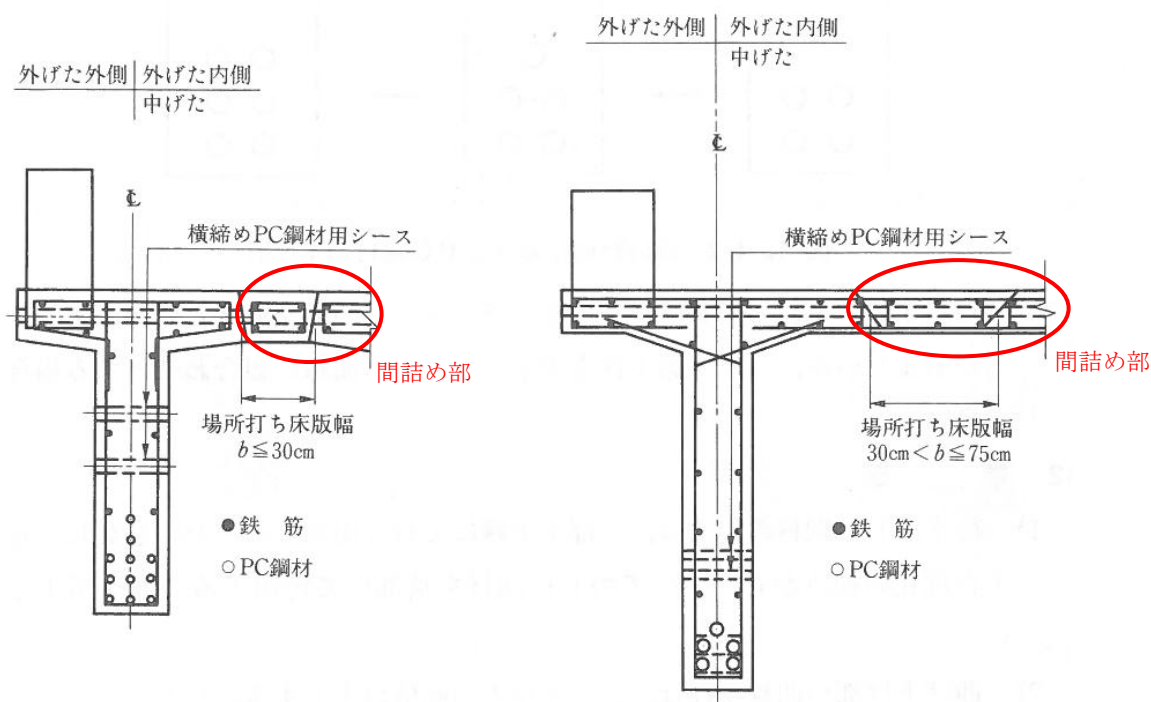
⑧定着具：ポストテンション方式によるプレストレストコンクリート部材において、引張力を与えたPC鋼材を硬化したコンクリートに固定するための器具。



⑨JIS A5313「スラブ橋プレストレストコンクリート橋桁」の断面形状の変遷

JIS A5313「スラブ橋プレストレストコンクリート橋桁」の断面形状の変遷	
昭和34年制定	平成3年制定
	<p>短支間は充実断面 長支間は中空断面</p>

T桁間詰め部の床版の配筋は、床版幅が30cmを超える場合は図-2.2.16 (b)に示すとおり主桁から鉄筋を出して一体化する。30cm以下でフランジを横締めPC鋼材で一体化する場合は、図-2.2.16(a)のとおりとする。また、横桁部ではウェブを横締めして一体化させるため、PC鋼材用のシー스가設けられる。



(a) 場所打ち床版幅が30 cm 以下の場合 (b) 場所打ち床版幅が30 cm を超える場合

図-2.2.16 T桁間詰め部の鋼材配置例^{2.5)}

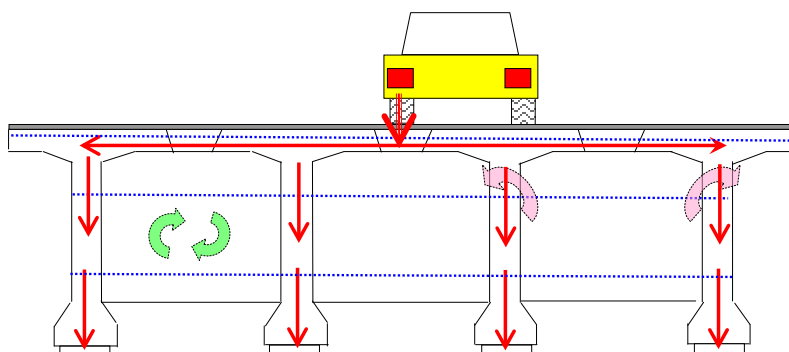


図-2.2.17 T桁橋の荷重分配

2.2.3 床版の形式や機能

道路橋の床版は輪荷重を直接受け止め支持し、これを床組もしくは主桁に伝える主部材である。

図-2.2.18～図-2.2.35 は、道路橋で用いられている床版の種類、構造的特徴を示している。

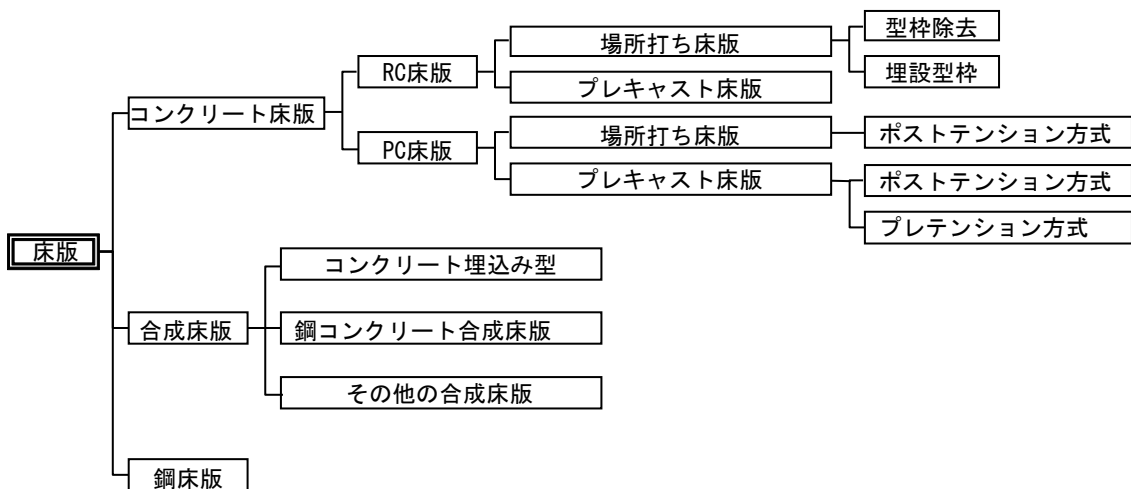


図-2.2.18 床版の種類

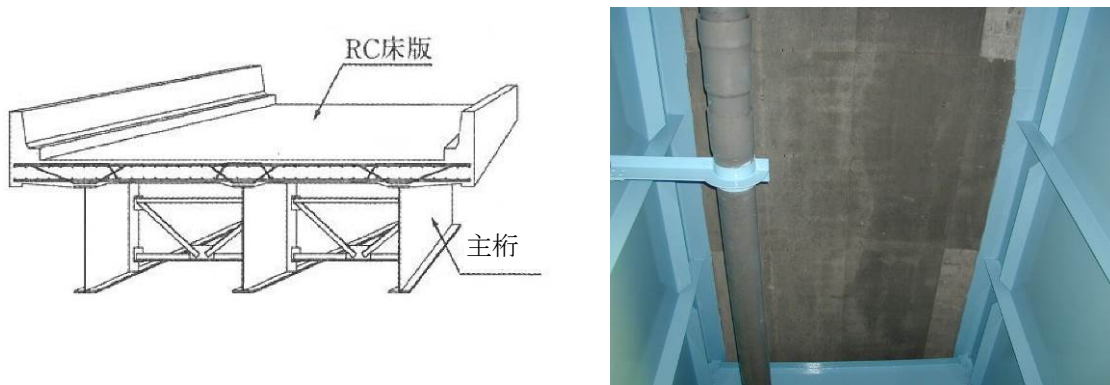


図-2.2.19 RC床版^{2.6)}

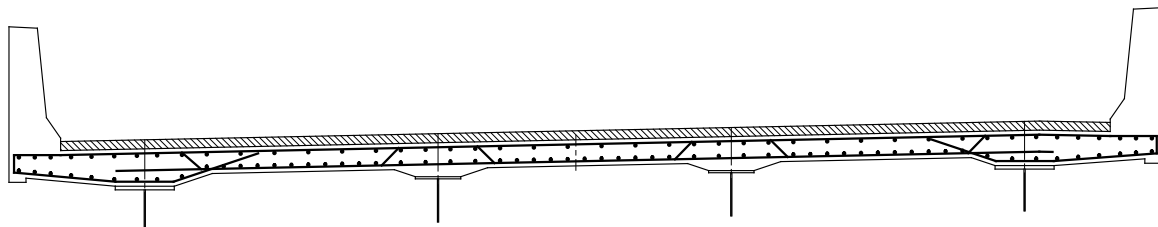


図-2.2.20 RC床版の配筋例

斜橋の橋端では、床版の支間長が中間部より大きくなり、生じる断面力もさらに大きくなるので、十分に補強しなければならない。図-2.2.21 に配筋例を示す。

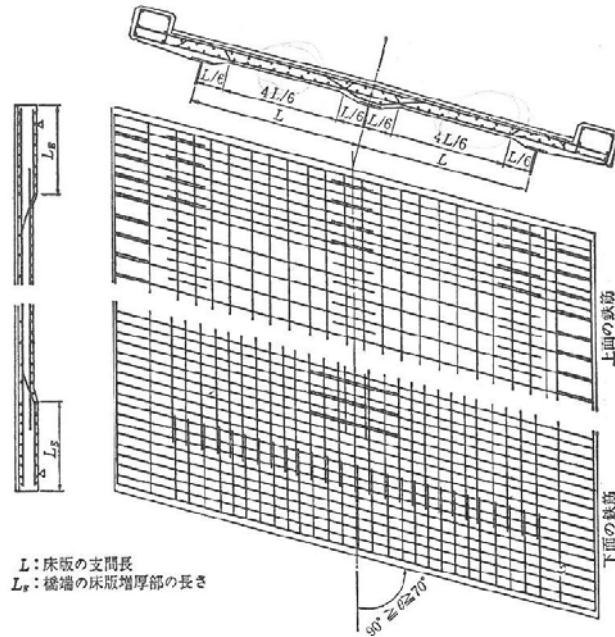
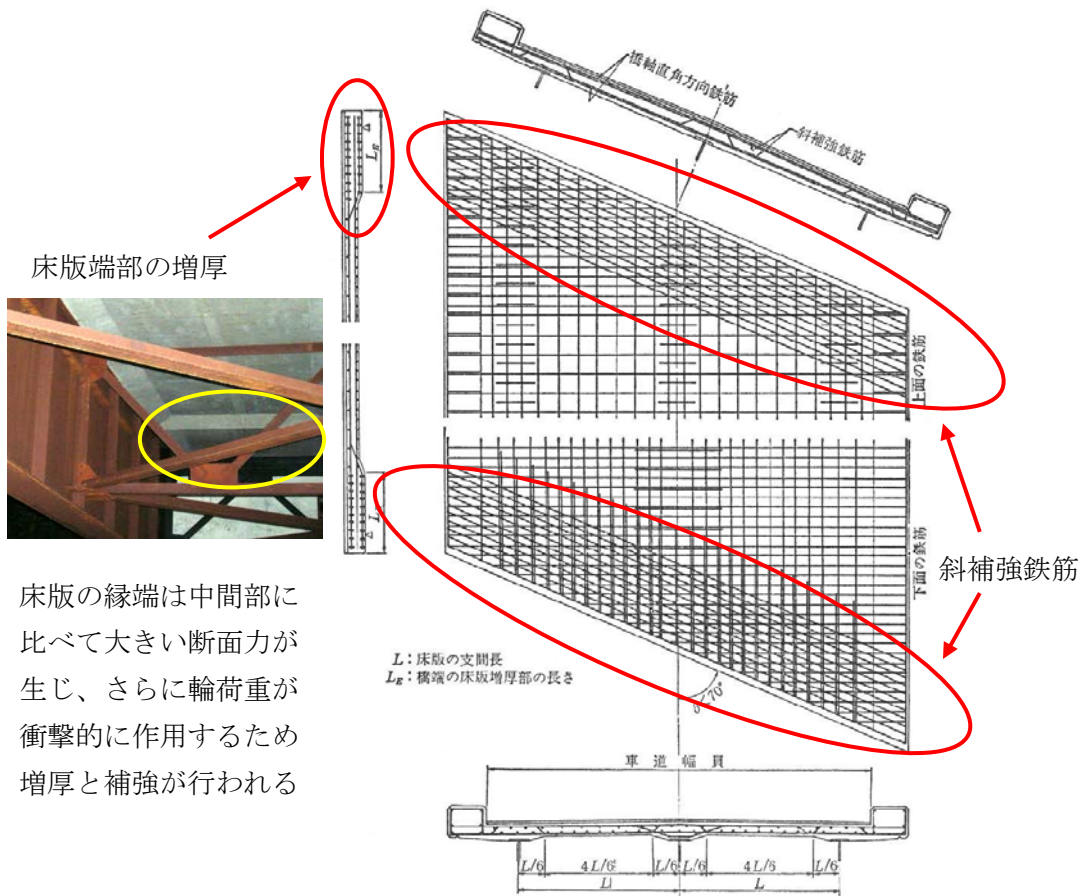


図-2.2.21 RC床版の配筋例（斜橋、斜角70度以上の場合）



床版端部の増厚



床版の縁端は中間部に比べて大きい断面力が生じ、さらに輪荷重が衝撃的に作用するため増厚と補強が行われる

図-2.2.22 RC床版の配筋例（斜橋、斜角70度未満の場合）^{2.4)}

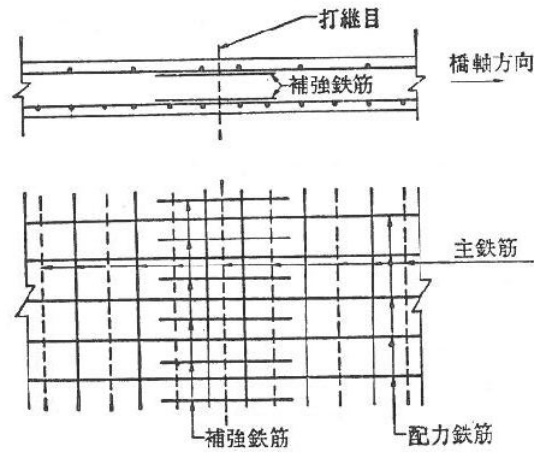


図-2.2.23 RC床版コンクリート打継目の配筋例^{2.4)}

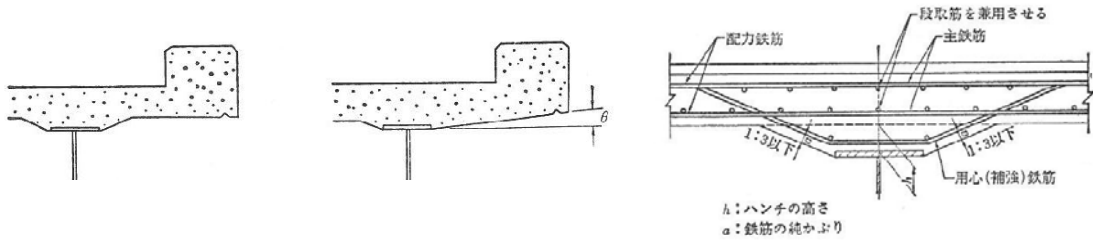


図-2.2.24 RC床版張出部のハンチ形状の例^{2.4)} 図-2.2.25 RC床版ハンチ部配筋の例^{2.4)}



(a)埋殺し型枠が残置する場合 (b)コンクリートを箱桁上全面に打ち下ろす場合

図-2.2.26 鋼箱桁橋上のRC床版ハンチ形状の例^{2.4)}

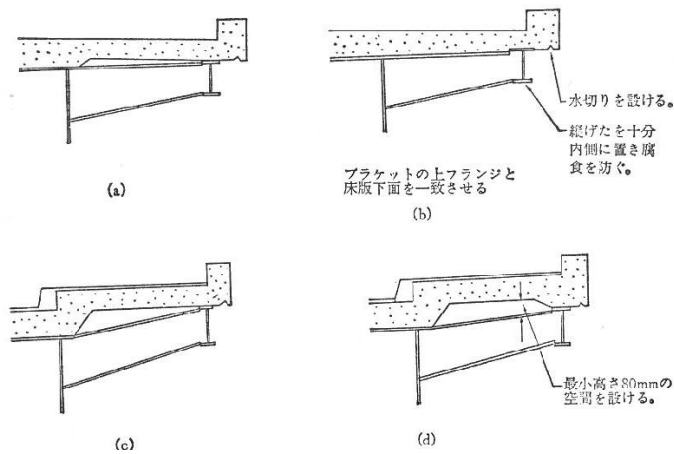


図-2.2.27 ブラケット張出部のRC床版ハンチ形状の例^{2.4)}

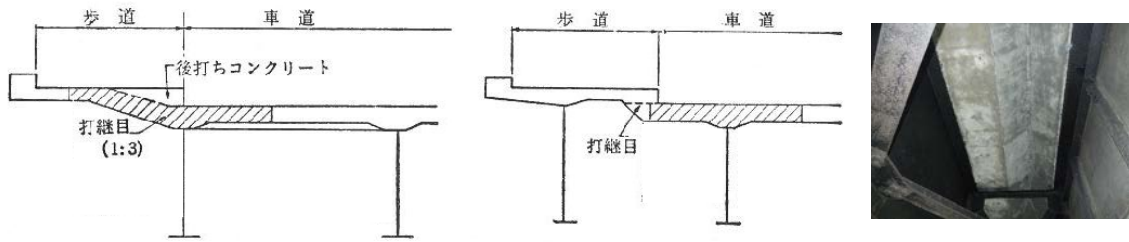


図-2.2.28 歩道部がある場合のRC床版コンクリートの打継目（橋軸方向）の例^{2.4)}

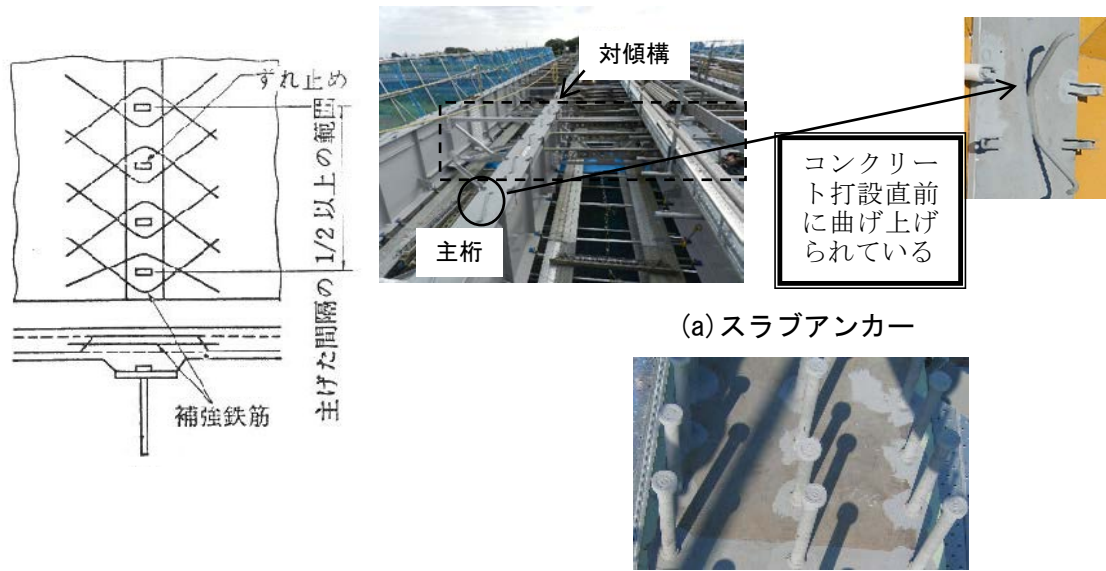


図-2.2.29 合成桁橋の桁端主桁上の補強鉄筋の例^{2.4)}

(a) スラブアンカー

(b) 頭付スタッド

図-2.2.30 ハンチ部ずれ止めの構造例

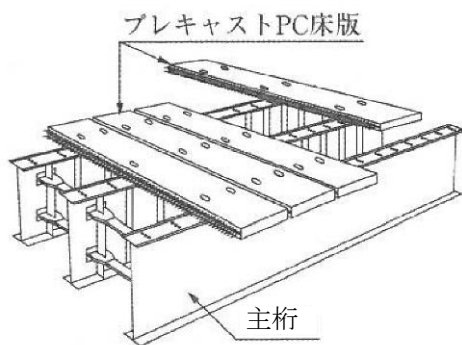


図-2.2.31 PC床版(プレキャストPC床版)^{2.6)}

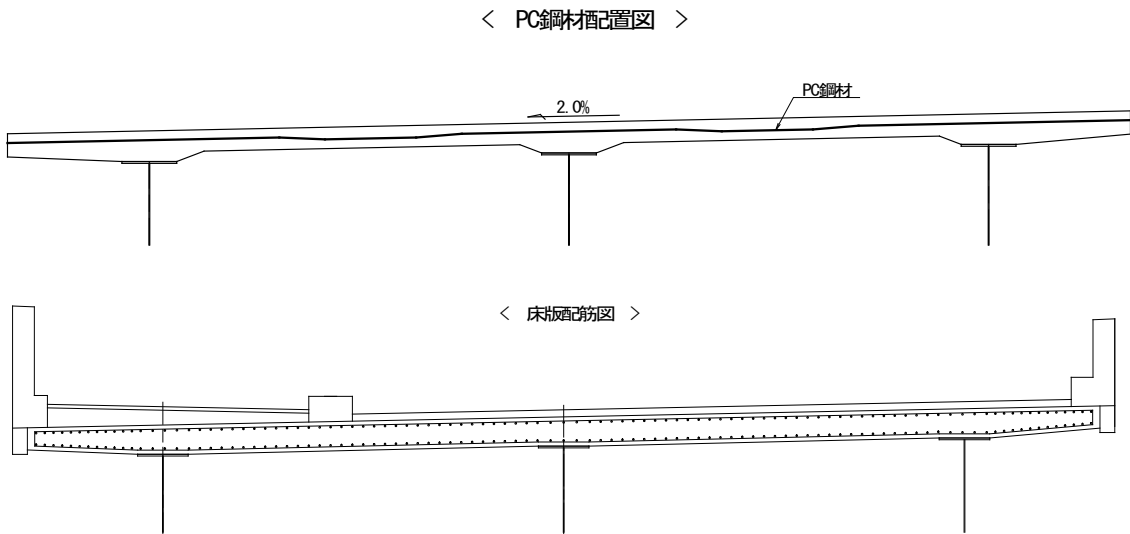


図-2. 2. 32 PC床版の配筋例

図-2. 2. 33 に示す鋼コンクリート合成床版について、既設 RC 床版などを鋼板接着補強している床版と間違わないように、建設時期、図面、設計図書等を事前に確認しておく必要がある。点検時には、鋼板端部と鋼桁上フランジの間にシール材がはさまれていることを確認することによって、鋼板接着補強であるかどうかの判断は可能である（図-2. 2. 36 参照）。

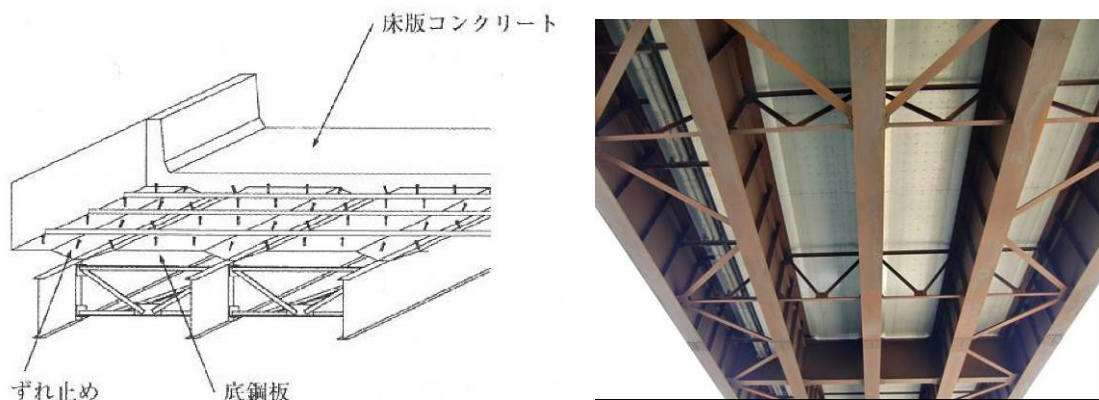


図-2. 2. 33 合成床版^{2. 6)}

鋼床版は図-2. 2. 34 に示すようにデッキプレート、縦リブ、横リブによって構成される。デッキプレートは縦リブ、横リブで支持された矩形板である。縦とは橋軸方向、横とは橋軸直角方向のことである。

鋼床版の構成要素で特に重要な縦リブの断面形状には、基本的には図-2. 2. 35 の (a) に示す開断面、(b) に示す閉断面がある。縦リブが横リブの腹板によってその連続性が断たれると、強度上問題があるため、連続させる構造を基本としている。

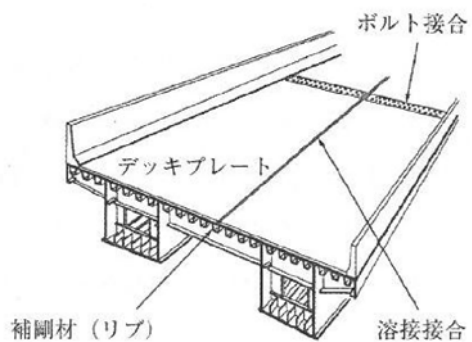
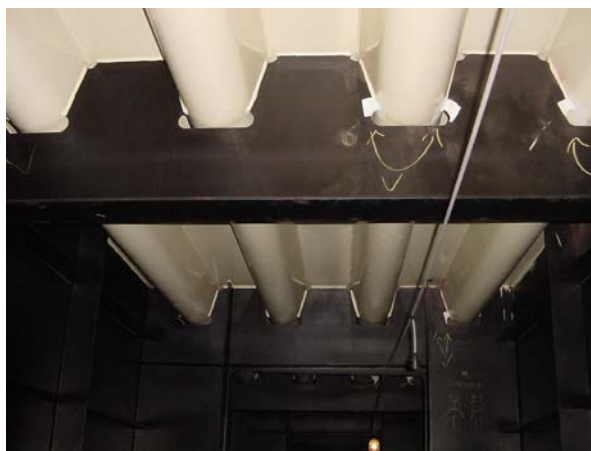
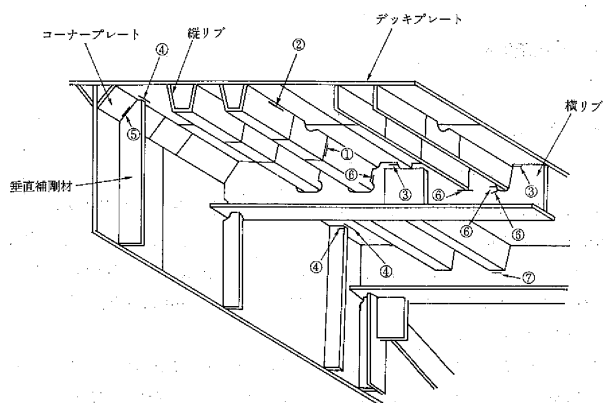
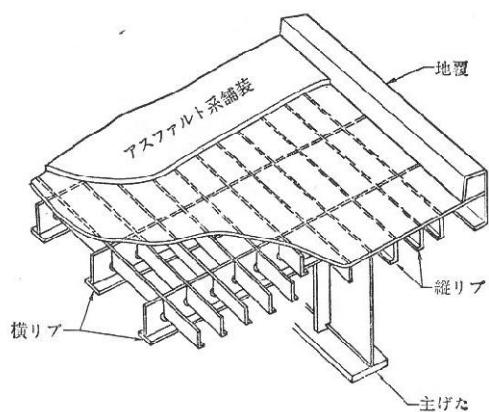


図-2.2.34 鋼床版^{2.6)}



(a) 縦リブにUリブを用いない場合

(b) 縦リブにUリブを用いる場合

図-2.2.35 鋼床版の構造例^{2.4)2.7)}



図-2.2.36 鋼板接着補強

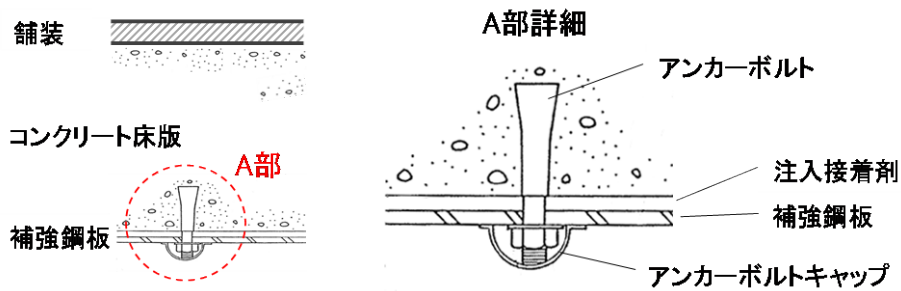


図-2.2.37 鋼板接着断面詳細図

図-2.2.38 から図-2.2.39 には、床版上面の舗装構成の例を示している。平成 14 年道路橋示方書以降に設計された橋梁では、防水層は設置されているのが標準であるが、それ以前に設計された橋には防水層が設置されていない場合もある。

また、コンクリート床版上面にレベリング用の調整コンクリートが施されている場合もある。

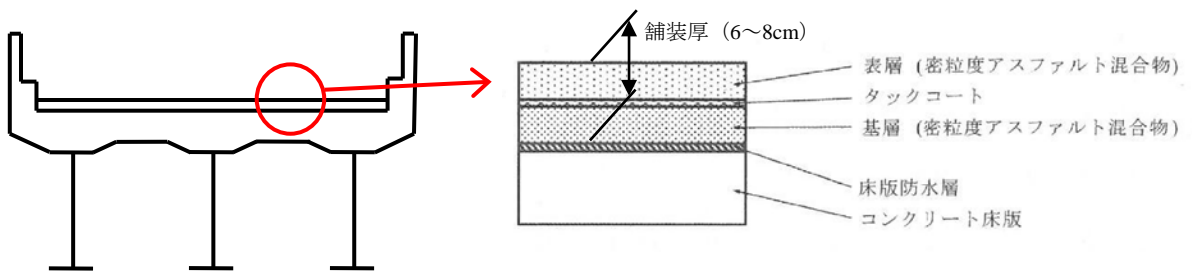


図-2.2.38 コンクリート床版上の舗装構成の例

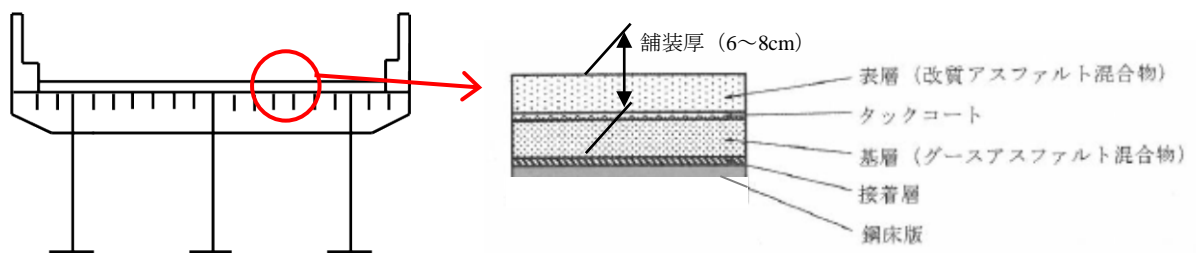


図-2.2.39 鋼床版上の舗装構成の例^{2.6)}

舗装構成における各層の役割を以下に示す。

表層：舗装の最上部にあり、交通の安全性、快適性、平坦性など舗装の性能指標の値を一定の水準に確保する役割。

基層：床版の不陸を整正し、表層に加わる交通荷重を床版に均一に伝達させる役割。

タックコート：表層と基層との接着や付着をよくする役割。

床版防水層：床版への雨水の浸透による床版内部の鉄筋や鋼材の腐食、及びコンクリートの劣化を防ぐために床版上に設ける防水層のこと。床版防水層は、工場でシート状に成形されたものを接着するシート系床版防水層、現場で溶融又は反応硬化させて塗膜を形成する塗膜系床版防水層などがある。



図-2.2.40 床版防水層の例（塗膜系）

既設床版に対して、鋼板や繊維シートによる補強を行っている場合もある(図-2.2.41 (a)、(b))。補強材のうき、剥離が生じていたり、鋼材の腐食、さびや漏水が著しい場合には、既設床版本体の劣化が進行している場合があるため特に注意が必要である。また縦桁を増設したり、床版上面のコンクリートを増厚して床版の補強を行っている場合もある(図-2.2.41 (c)、(d))。



(a) 鋼板接着補強



(b) 繊維シート補強



(c) 縦桁増設補強



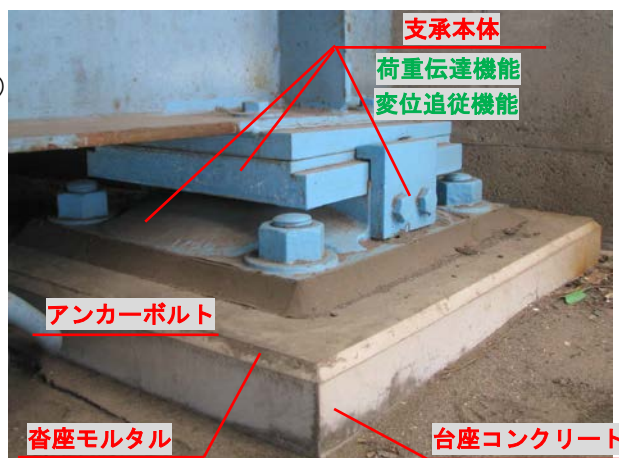
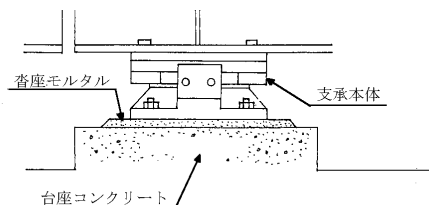
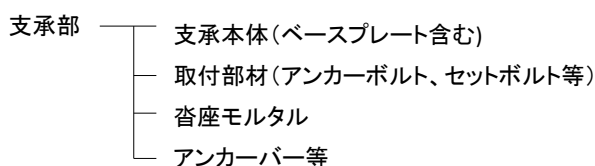
(d) 上面増厚補強

図-2.2.41 RC床版の補強事例

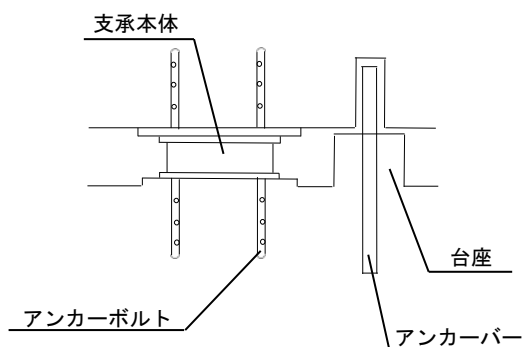
2.2.4 支承の形式や機能

支承部は、上部構造と下部構造の接点に設けられる構造部材である。上部構造から伝達される死荷重、活荷重などの鉛直荷重、地震や風荷重などの横荷重を確実に支持して下部構造へ伝達する。また、活荷重の載荷や温度変化などによる上部構造の水平移動、たわみによる支点部の回転変位に対しても円滑に追従できるものでなければならない。

支承部には上記のように荷重伝達機能、変位追従機能等複数の機能が求められる。支承部には、こうした複数の機能を同一の構造部に集約して確保する構造の支承部と複数の機能を複数の構造部分に分離させた機能分離型の支承部がある。



●複数の機能を同一の構造部に集約して確保する構造の支承部^{2.8)}



●複数の機能を複数の構造部分に分離させた機能分離型の支承部^{2.8)}

図-2.2.42 支承部の構成

(1) 語句の説明

① 支承部

支承本体、アンカーボルトやセットボルトなどの上下部構造との取り付け部材、沓座モルタルやアンカーバーなど、支承の性能を確保するための部分をいう。

② 固定支承

桁の伸縮・回転のうち、桁の水平方向の伸縮を下部構造上で固定し、回転は拘束しない機能をもった支承

③ 可動支承

桁の伸縮・回転のうち、桁の水平方向の伸縮を円滑に行わせ、回転は拘束しない機能をもった支承

(2) 支承に求められる機能

① 基本的な機能

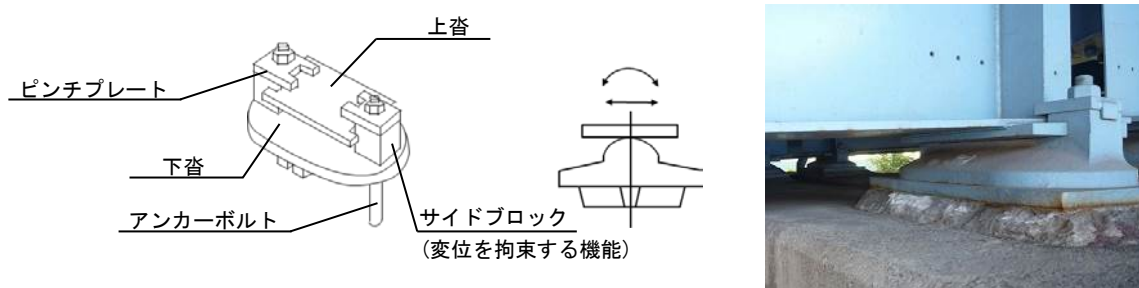
- ・鉛直力、水平力を支持する荷重伝達機能（上部構造に作用する荷重を確実に支持して下部構造に伝達する）
- ・水平移動、回転など変位追従機能（活荷重、温度変化等による上部構造の伸縮や回転に追従）

② 特別な機能

- ・履歴、粘性、摩擦等の減衰機能（地震時に生じる振動に対する減衰機能）

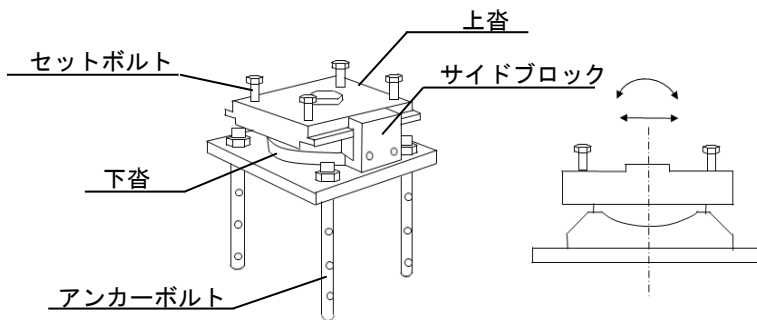
(3) 支承の種類

支承部の種類には、使用材料や機能的要求により多くの種類がある。よく見られる支承を以下に示す。



ピンチプレート：下沓突起部の上端に設置され、上向き力が作用した時に、主桁下フランジが接触し浮き上がりを防止する装置のこと。

図-2.2.43 線支承^{2.8)}



サイドブロック：下沓突起部の上端に設置され、上向き力が作用した時に、上沓が接触し浮き上がりを防止する装置のこと。

図-2.2.44 BP 支承^{2.8)}

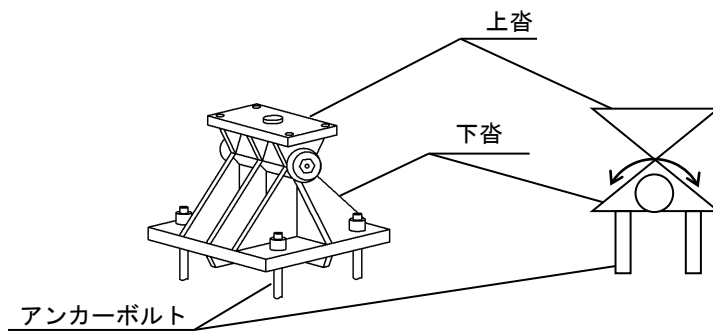


図-2.2.45 ピン支承^{2.8)}

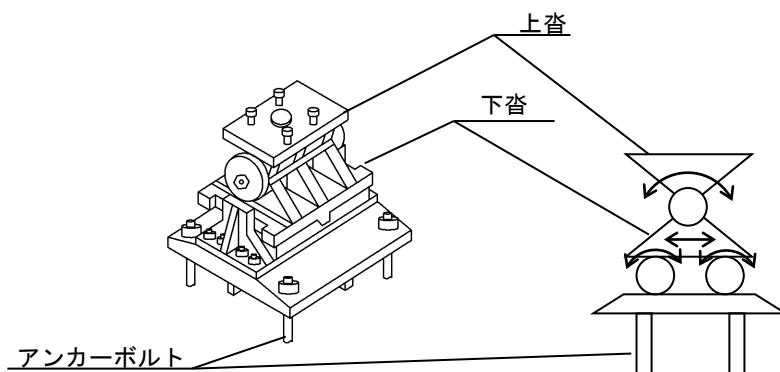
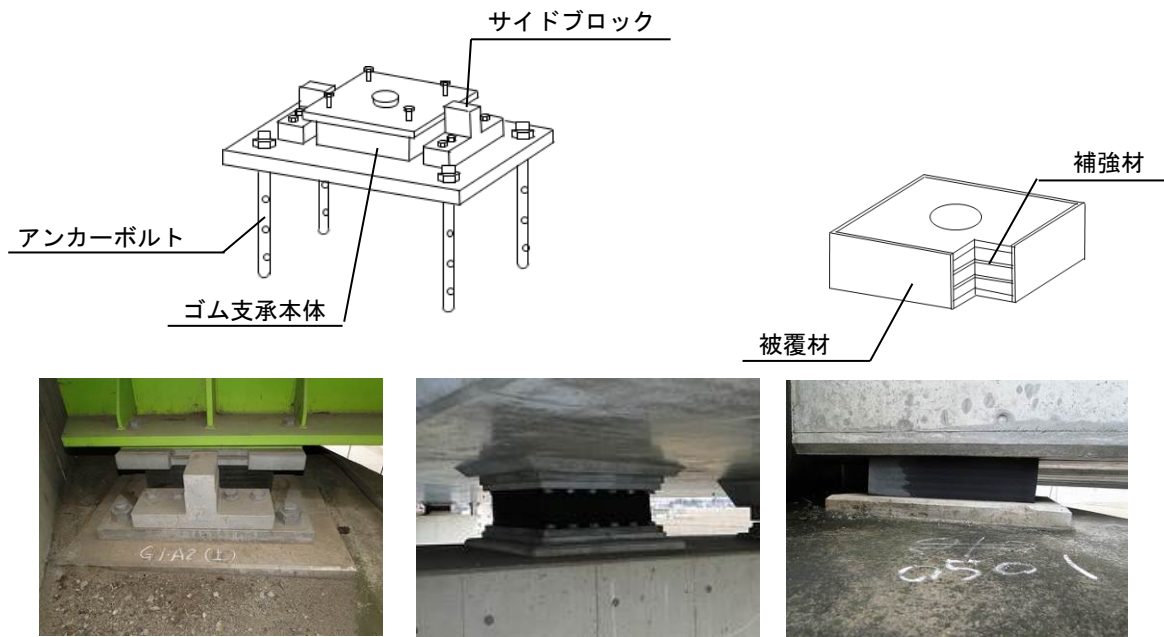


図-2.2.46 ピンローラー支承^{2.8)}



サイドブロック：地震時に橋軸直角方向の変位を固定するための装置。

図-2.2.47 ゴム支承^{2.8)}

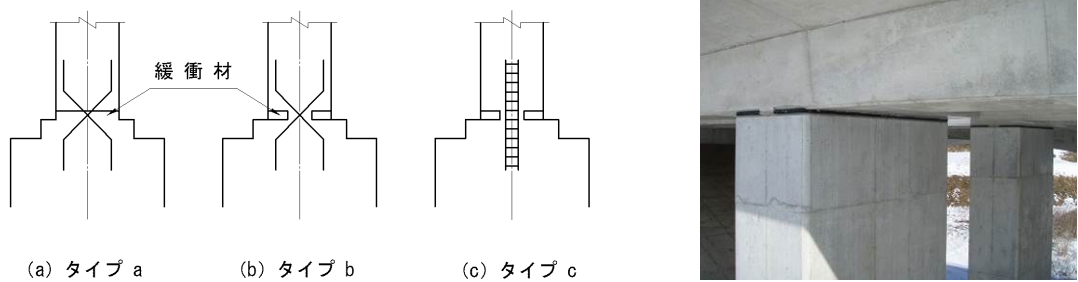


図-2.2.48 メナーゼヒンジ

(4) 支承部の配筋例

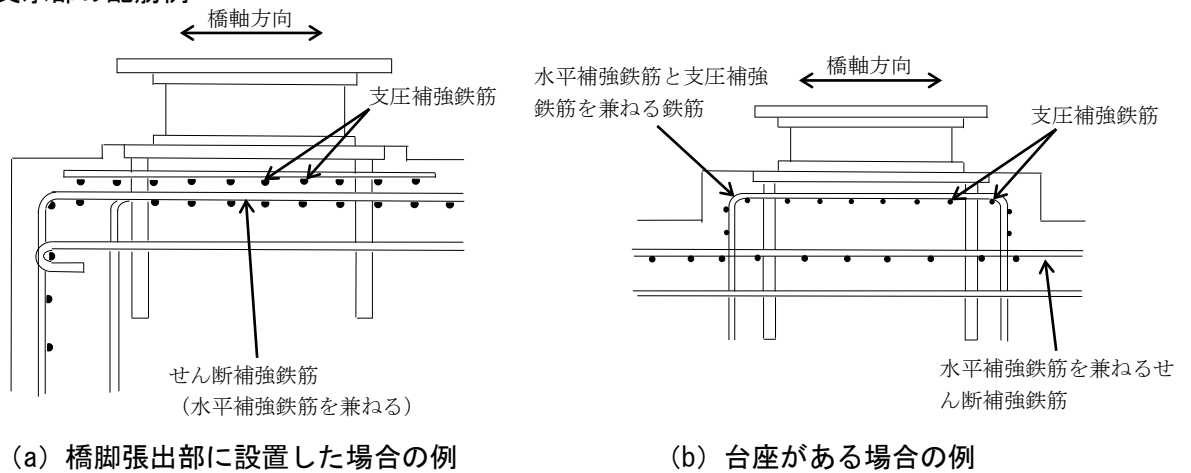


図-2.2.49 支承部の配筋例



(a) 橋座部から柱部へ伸びる斜めひび割れの例



(b) 台座モルタルの損傷の例

図-2.2.50 支承部の損傷例

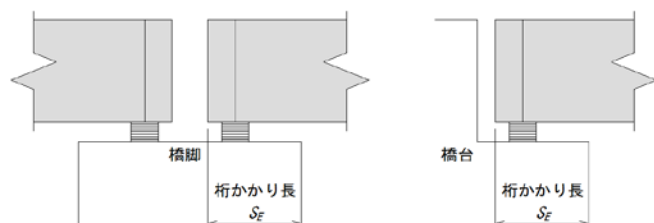
2.2.5 落橋防止システムの形式や機能

橋の複雑な地震応答や流動化に伴う地盤変位等が原因による支承部の破壊により、上部構造と下部構造との間に大きな相対変位が生じる状態に対して、上部構造の落下対策として落橋防止システムを設置する。落橋防止システムには以下のものがある。

- ・桁かかり長とは、支承部が破壊したときに、上部構造が下部構造の頂部から逸脱することを防止する機能である。
- ・落橋防止構造とは、下部構造が倒壊等の致命的な状態に至っていない段階において、橋の複雑な地震応答や流動化に伴う地盤変形等によって支承部が破壊したときに、橋軸方向の上下部構造間の相対変位が桁かかり長を越えないようにする機能である。
- ・横変位拘束構造とは、支承部が破壊したときに、橋の構造的要因等によって上部構造が橋軸直角方向に変位することを拘束する機能である。

(1) 桁かかり長

桁かかり長は、以下の通り桁端部から下部構造の頂部の縁端までの上部構造の長さとして定義される。



桁かかり長を確保するために、コンクリートで拡幅した事例(既設橋)

図-2.2.51 桁かかり長

(2) 落橋防止構造

落橋防止構造は、以下のような構造が一般的に採用されている。

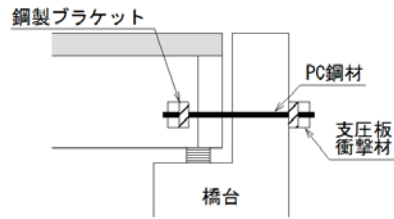
i) 下部構造に突起等を設ける構造



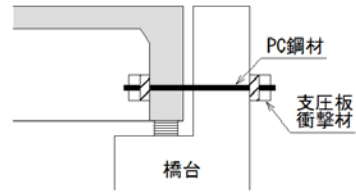
(a) コンクリートブロックを用いる落橋防止構造 (b) 鋼製ブラケットを用いる落橋防止構造 コンクリートブロックを用いた事例

図-2.2.52 下部構造に設ける落橋防止構造

ii) 下部構造と連結した構造



(a) 鋼上部構造の場合



(b) コンクリート上部構造の場合



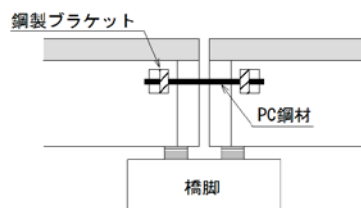
ケーブルを用いた事例



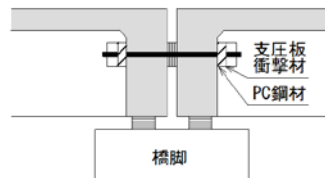
チェーンを用いた事例

図-2.2.53 下部構造と上部構造を連結した落橋防止構造

iii) 上部構造同士を連結する構造



(a) 鋼上部構造の場合



(b) コンクリート上部構造の場合



ケーブルで連結した事例（鋼上部構造）



ケーブルで連結した事例（コンクリート上部構造）

図-2.2.54 上部構造同士を連結した落橋防止構造（ケーブル）連結



ボルトで連結した事例（鋼上部構造）

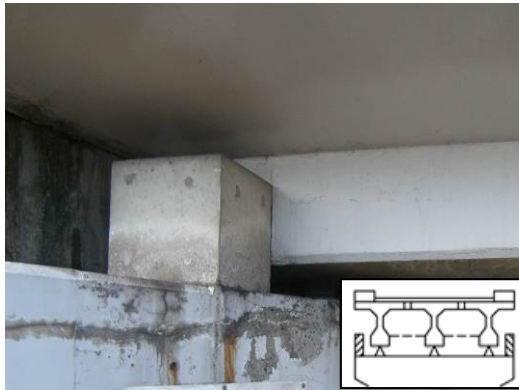


ピンで連結した事例（鋼上部構造）

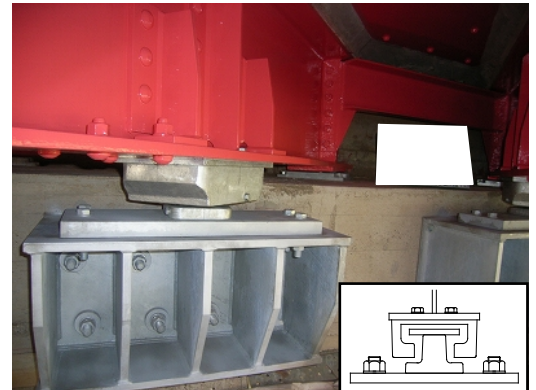
図-2.2.55 上部構造同士を連結した落橋防止構造（ボルト又はピン）連結

(3) 横変位拘束構造

横変位拘束構造は、以下のような構造が一般的に採用されている。



コンクリート製突起構造



鋼製突起構造



ピン型構造

図-2.2.56 横変位拘束構造

2.2.6 伸縮装置の形式や機能

(1) 伸縮装置とは

伸縮装置は、道路と橋梁との境界部や橋桁端相互の継目部に設けられ、余裕しろを与えるものであり、温度変化や荷重作用による桁の伸縮や変形に対応するとともに、橋面を通行する車両などを円滑に走行させるため、路面の連続性を確保させ、不連続となることに起因する段差、凹凸による影響を少なくするものである。

(2) 伸縮装置に要求される機能

伸縮装置に必要な機能としては以下のようなものが挙げられる。

- ① 温度変化、荷重、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮などによる変位に対して伸縮が容易であること
- ② 橋面が平坦で走行性のよい構造であること
- ③ 剛性と耐久性があること
- ④ 雨水等の浸入に対して水密性があること
- ⑤ 騒音・振動が極力発生しないよう配慮した構造であること

(3) 伸縮装置の種類

一般的な構造は以下のようなものが挙げられる。

表-2.2.1 伸縮装置の種類

分類		備考
構造による分類	荷重非支持型	埋設型 床版遊間部で荷重を支持しない。 アスファルトや特殊合材が舗装部に敷設されている。
		突合せ型 床版遊間部で荷重を支持しない。 突き合せによる目地構造部に止水材又はゴムが設置される。
	荷重支持型 床版遊間部で荷重を支持する 目地部の支持構造は、フィンガー型、モジュラー型、重ね合わせ型等がある。	
水処理による分類	排水構造 橋面からの水を伸縮装置の下部へ樋等により排水する構造。	
	非排水構造 遊間部には止水材が設置され、橋面の水は伸縮装置の間からは排水されない。	

i) 荷重非支持型

荷重非支持型とは、床版遊間部にシール材又はゴムだけの止水材を設けた構造で、床版遊間部で自動車荷重を支持しない構造のことである。伸縮量が比較的小さな場合は荷重非支持型の伸縮装置が一般的に使用されている。

i-1) 埋設型

- ・アスファルト舗装や特殊合材の変形性能によって伸縮部の変形を吸収する構造。遊間部はシール材などで止水処理されている。

- ・伸縮誘導型、伸縮分散型、伸縮吸収型に分類される。

伸縮吸収型：軟質な舗装材料(特殊合材)を使用し、舗装全体の変形性能によって吸収する構造

伸縮分散型：舗装体の変形性能を利用するが、舗装体と床版との間にシートを設置し、そのせん断変形性能によって変形を舗装体全体に分散させる構造

伸縮誘導型：舗装体に切削目地を設けることによって、変形を切削目地に誘導する構造

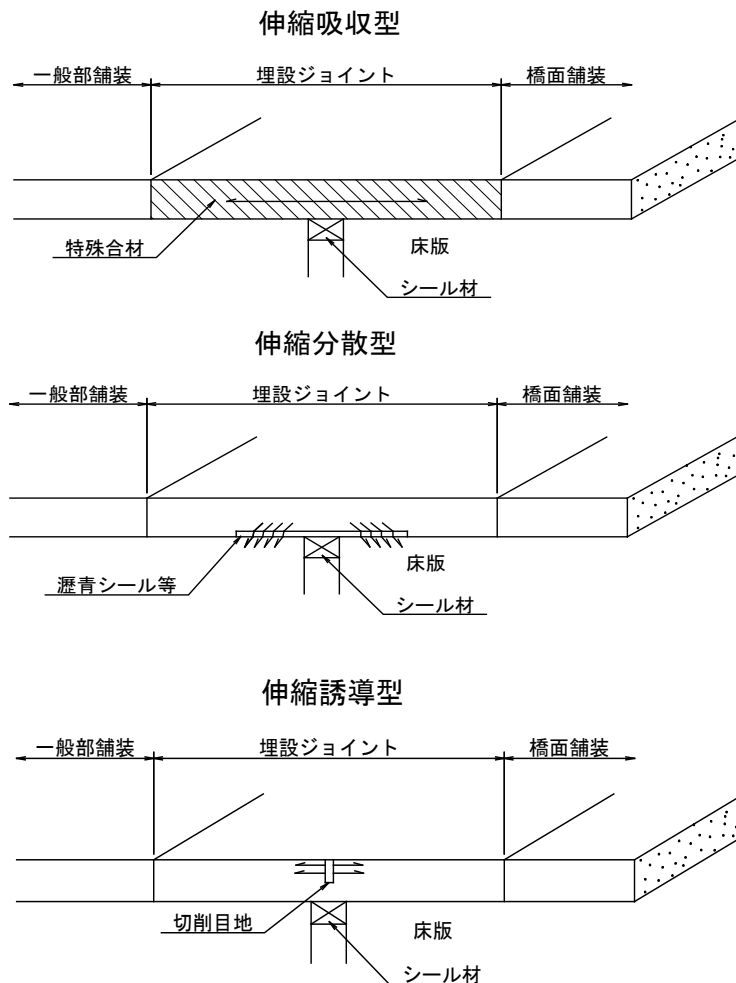


図-2.2.57 埋設ジョイントの形式

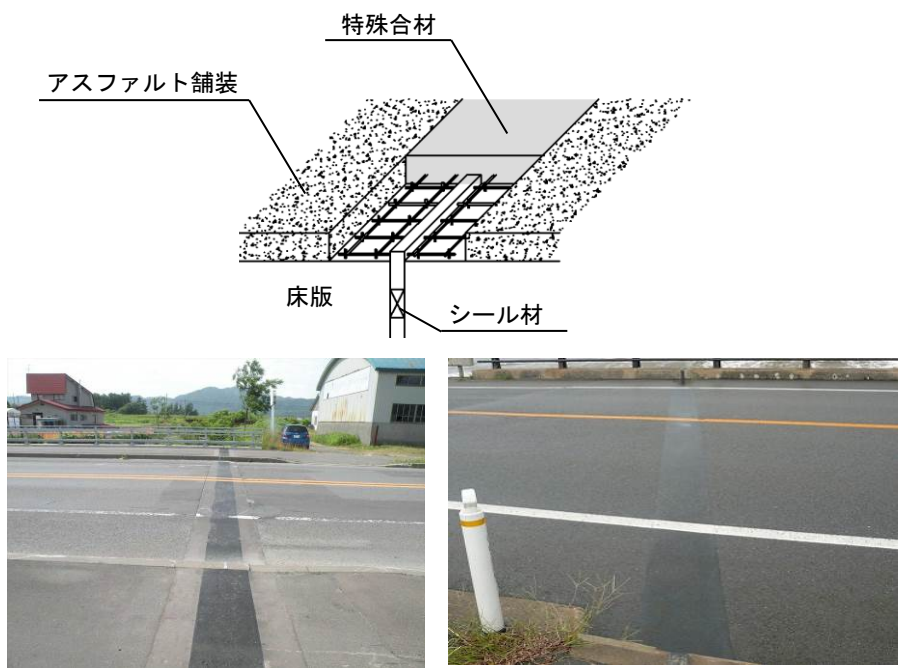


図-2.2.58 埋設ジョイント

i-2) 突き合わせ型（ゴムジョイント）

- ・荷重非支持突き合わせ型ゴムジョイントは、舗装施工後、伸縮装置部の舗装を切り取り、遊間にシールゴムを挿入し、接着して取り付ける構造（後付け形式）
- ・シールゴムは荷重を支持できないため、シールゴム部に想定外の荷重が作用すると、ゴムのズレや脱落が生じることがある。

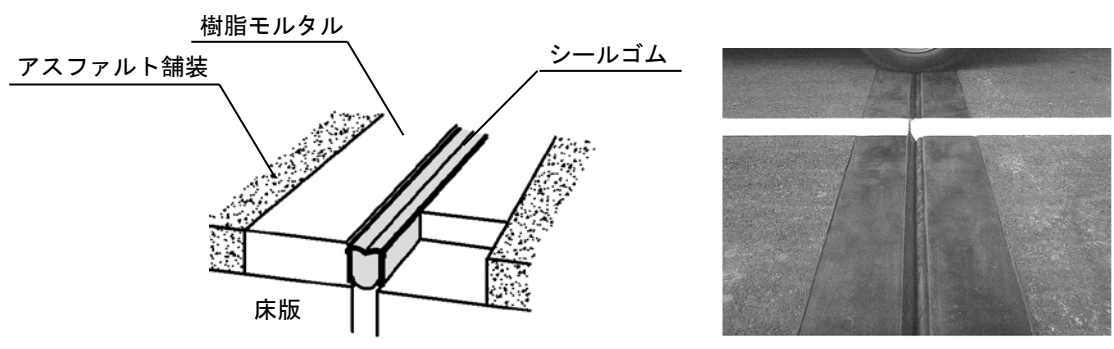


図-2.2.59 突き合わせ形式（ゴムジョイント）

ii) 荷重支持型

荷重支持型とは、床版遊間部で自動車荷重を支持できる構造のことである。伸縮量の大きな場合は荷重支持型の伸縮装置が一般的に使用されている。

ii-1) ゴムジョイント

- ・各種形状のゴム材と鋼材を組み合わせることで自動車荷重を支持できるようにした構造であり、伸縮装置の表面がゴムで構成されている。

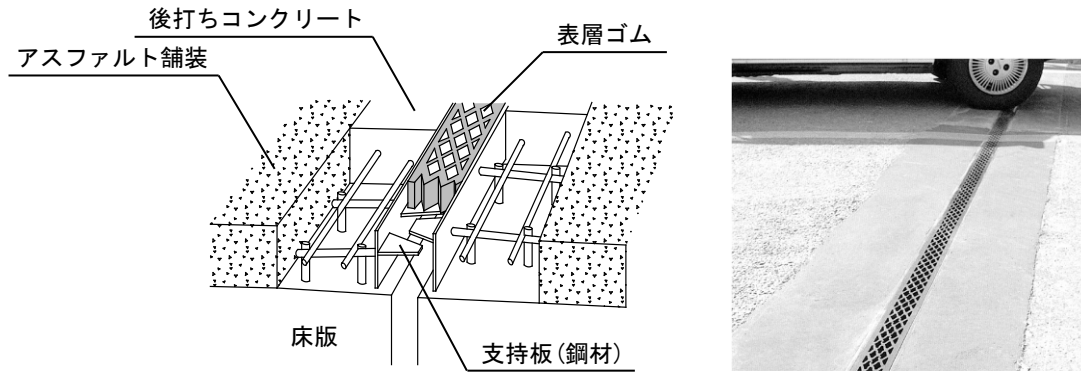


図-2.2.60 荷重支持式（ゴムジョイント）

ii-2) 鋼製ジョイント

- ・自動車荷重を支持できるようにした構造で、伸縮装置の表面が鋼材で構成されている。
- ・重ね合わせ式、片持ち式、支持式に分類される。通常は片持ち式が用いられ、重ね合わせ式は歩道部分のみに採用されている。

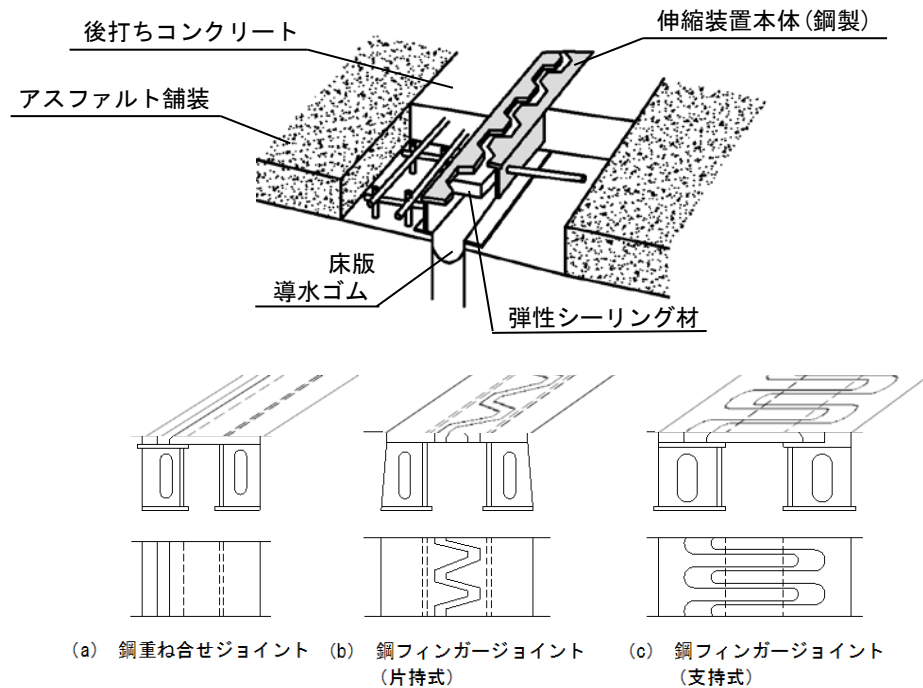


図-2.2.61 鋼製ジョイントの例

ii-3) ローリングリーフジョイント

このジョイントは、渡り板と滑り板から構成される路面板が、橋軸方向及び橋軸直角方向の変位に対して支持架台上面を滑らかに滑ることによって相対変位を吸収するものである。

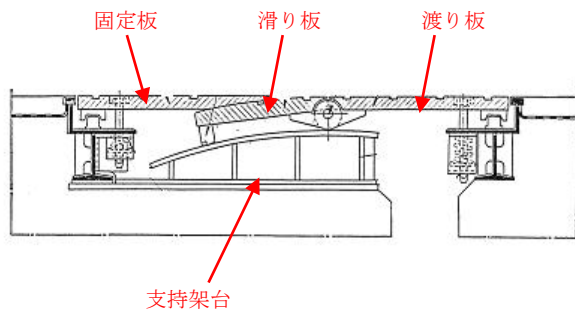
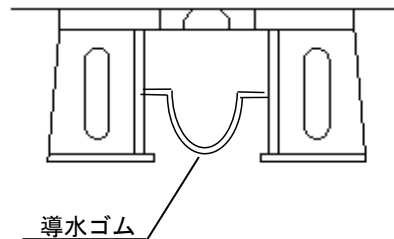
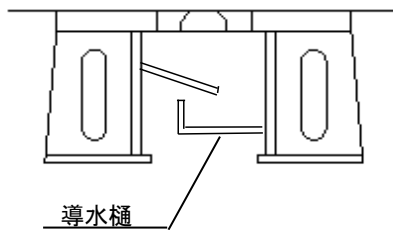


図-2.2.62 ローリングリーフジョイントの例

iii) 排水構造・非排水構造

iii-1) 排水構造

橋面からの水を樋等により下部へ排水する構造。



断面図



橋面から見たところ

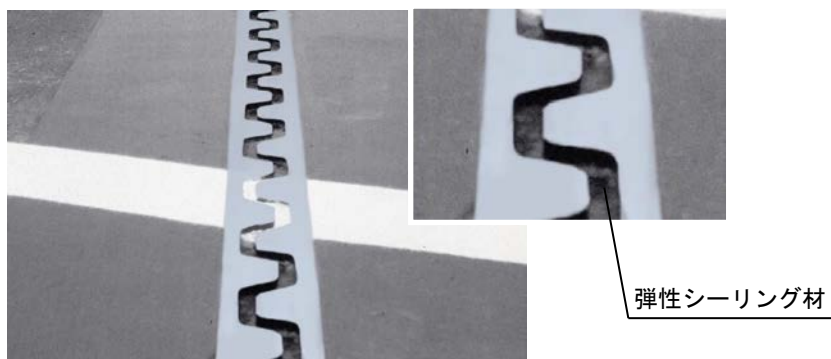
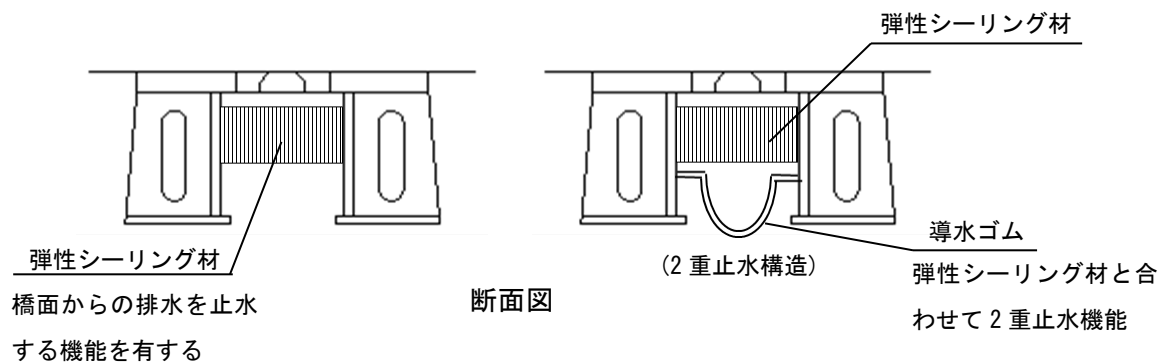


伸縮装置の下から見上げたところ

図-2.2.63 排水構造の例

iii-2) 非排水構造

遊間部には止水材が設置され、橋面の水は伸縮装置から下部へ排水されない構造であり、路肩部へ排水する。近年は、水対策を2構造保有する2重止水構造のものもある。排水構造から非排水構造化する際に注意する点としては、止水材の打継目からの漏水による支持金具の腐食、支持金具の輪荷重に対する強度不足による止水材の脱落などがあげられる。



橋面から見たところ

図-2.2.64 非排水構造の例

2.2.7 下部構造の部材の名称と役割

(1) 橋台

i) 橋台の主な構成

上部構造からの荷重の基礎への伝達及び背面土の土留めの役割を担う。

- パラペット : 背面土の土留め機能を有する。主桁と橋台を連結する落橋防止構造の取付け部材として用いられる場合もある。
- 躯体(壁) : 上部構造からの荷重を基礎に伝えること及び背面土の土留め。
- フーチング : 基礎の一部で、躯体を支え、地盤又は杭へ荷重を伝える。
- ウイング : 背面土の土留め。
- 橋座部 : 躯体の一部で、支承部等からの鉛直力及び水平力を躯体部分に伝える。支承の交換や桁端部の補修等を行う場合にも利用される。
- 基礎 : 下部構造の一部で、躯体からの荷重を地盤へ伝える。

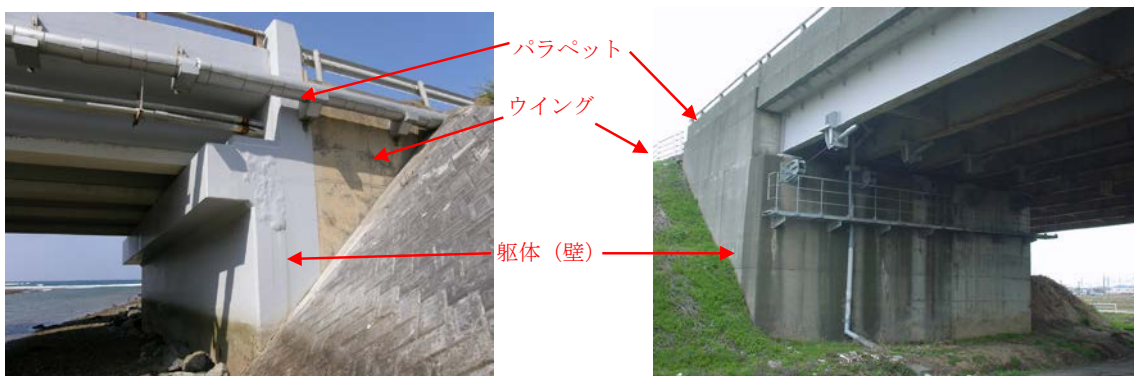
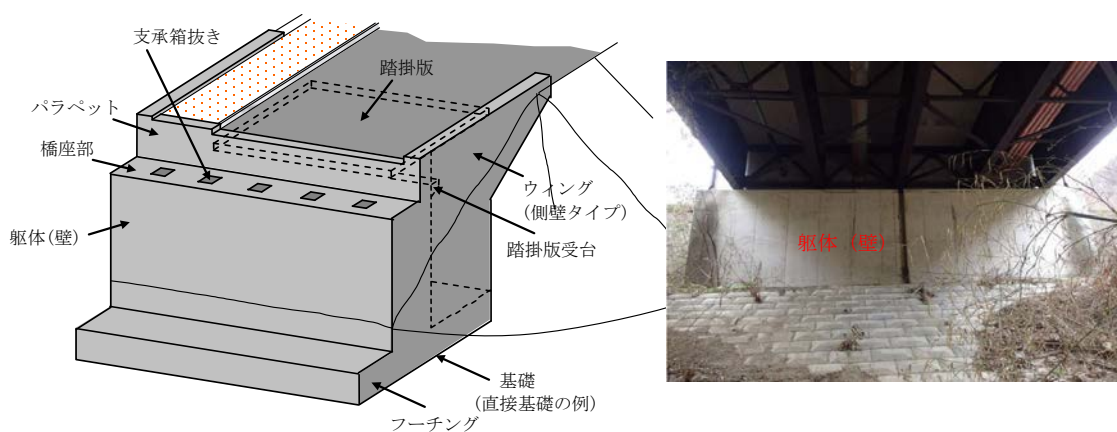


図-2.2.65 橋台の主な部材又は部位の名称

ii) 橋台の形式

主な橋台の形式を表-2.2.2に示す。

表-2.2.2 主な橋台の形式

形式	特 徴
重力式橋台	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本体自重を大きくし、躯体断面には圧縮応力のみ働くように設計される。 ・ 構造が簡単で施工も容易であるが、躯体重量が大きいためそれだけ基礎地盤に与える影響も大きい。 ・ 橋台高さ 3～6m 程度の場合に採用される場合が多い。
逆T式橋台	<ul style="list-style-type: none"> ・ 躯体（壁）は軸方向力と曲げモーメントを受けるRC断面として設計される。 ・ 自重が少ない分、背面土砂の自重で安定を保つ。 ・ 橋台高さ 5～15m 程度の場合に採用される場合が多い。
箱式橋台	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中空とすることにより躯体自重の減少を図る。 ・ 直接基礎の場合は、滑動に対する照査において不利となるので、中空部に土を入れることが多い。 ・ 橋台高さ 13～20m 程度の場合に採用される場合が多い。
ラーメン式橋台	<ul style="list-style-type: none"> ・ ラーメン形式として背面に通路を設ける場合に用いられる。 ・ 橋台高さは 15m 程度までに採用される場合が多い。



図-2.2.66 重力式橋台



図-2.2.67 逆T式橋台

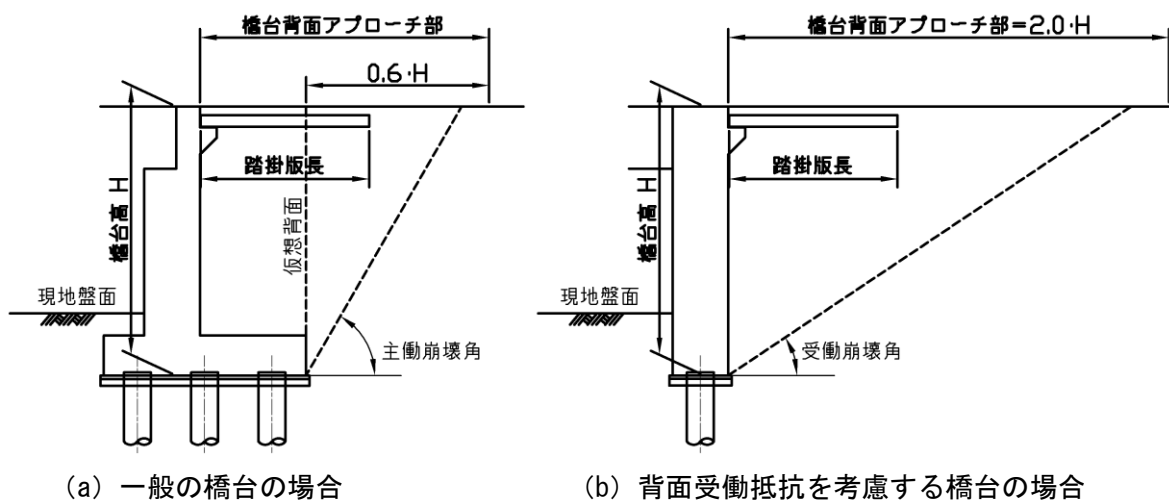


図-2.2.68 ラーメン式橋台

iii) 橋台背面アプローチ部

橋台と背面側の盛土等との間に位置し、両構造間の路面の連続性を確保するために設ける構造部分のことである。路面の連続性の確保とは、日常又は地震後の通行に支障のない状況を保つことである。踏み掛け版の設置により構造的に対処するほか、すりつけなどによる簡易な段差解消対策を前提とする場合もある。

橋台アプローチ部の範囲は、橋への影響や路面の連続性を確保するという橋台背面アプローチ部の役割を考慮して、橋台高さや地盤、地形条件などを踏まえて設定する。一般には図-2.2.69に示す範囲を目安として設定する。主動崩壊角は橋台が前に動くときの土のすべり面の角度、受働崩壊角は橋台が背面に動くときの土のすべり面の角度である。



(a) 一般の橋台の場合

(b) 背面受働抵抗を考慮する橋台の場合

図-2.2.69 橋台背面アプローチ部^{2.9)}

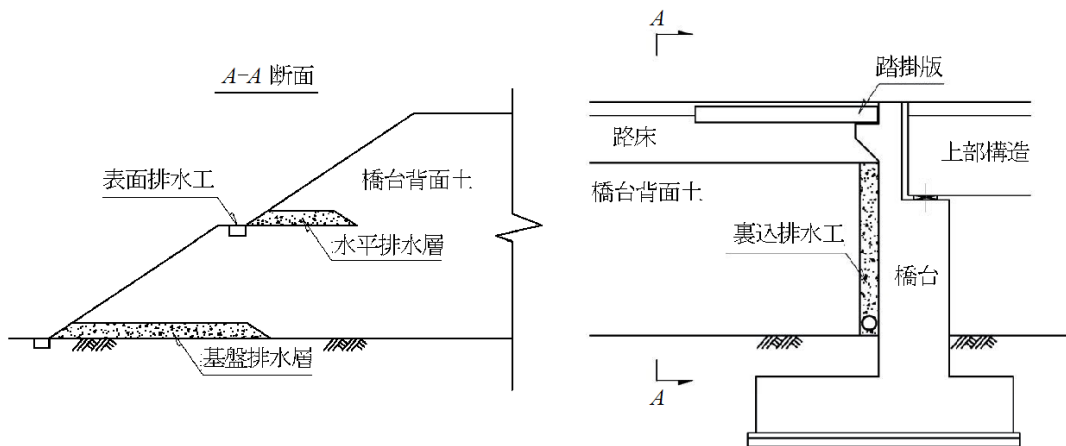


図-2.2.70 橋台背面アプローチ部の排水工の例



図-2.2.71 橋台背面の踏掛版（被災状況の写真）



図-2.2.72 橋台背面の踏掛版

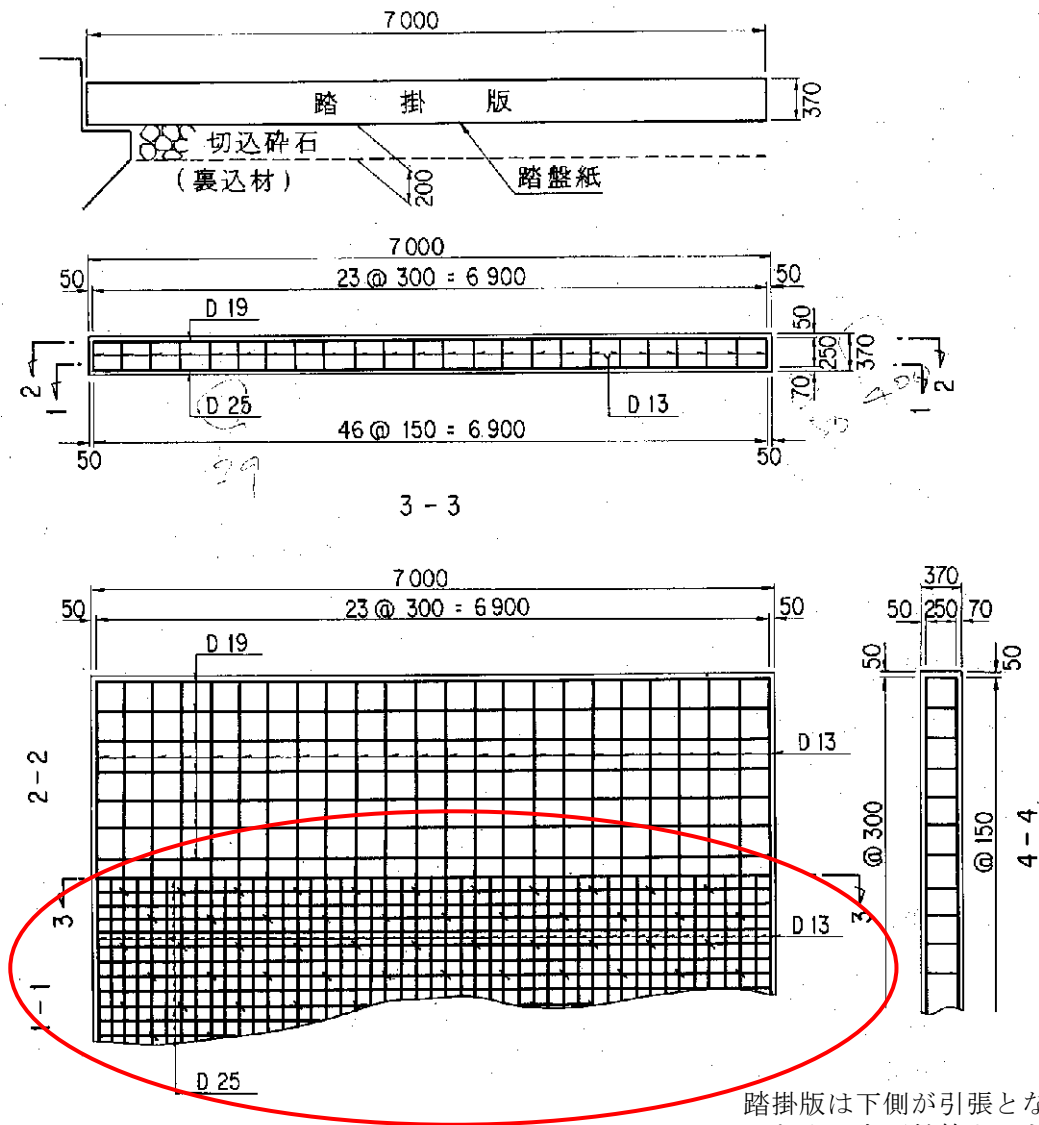


図-2.2.73 踏掛版の配筋の例

踏掛版は下側が引張となるため、上面鉄筋よりも下面鉄筋の方が密に配筋される。

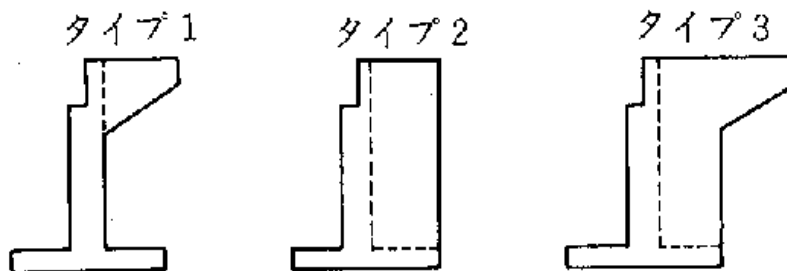


図-2.2.74 ウイングのタイプ^{2.10)}

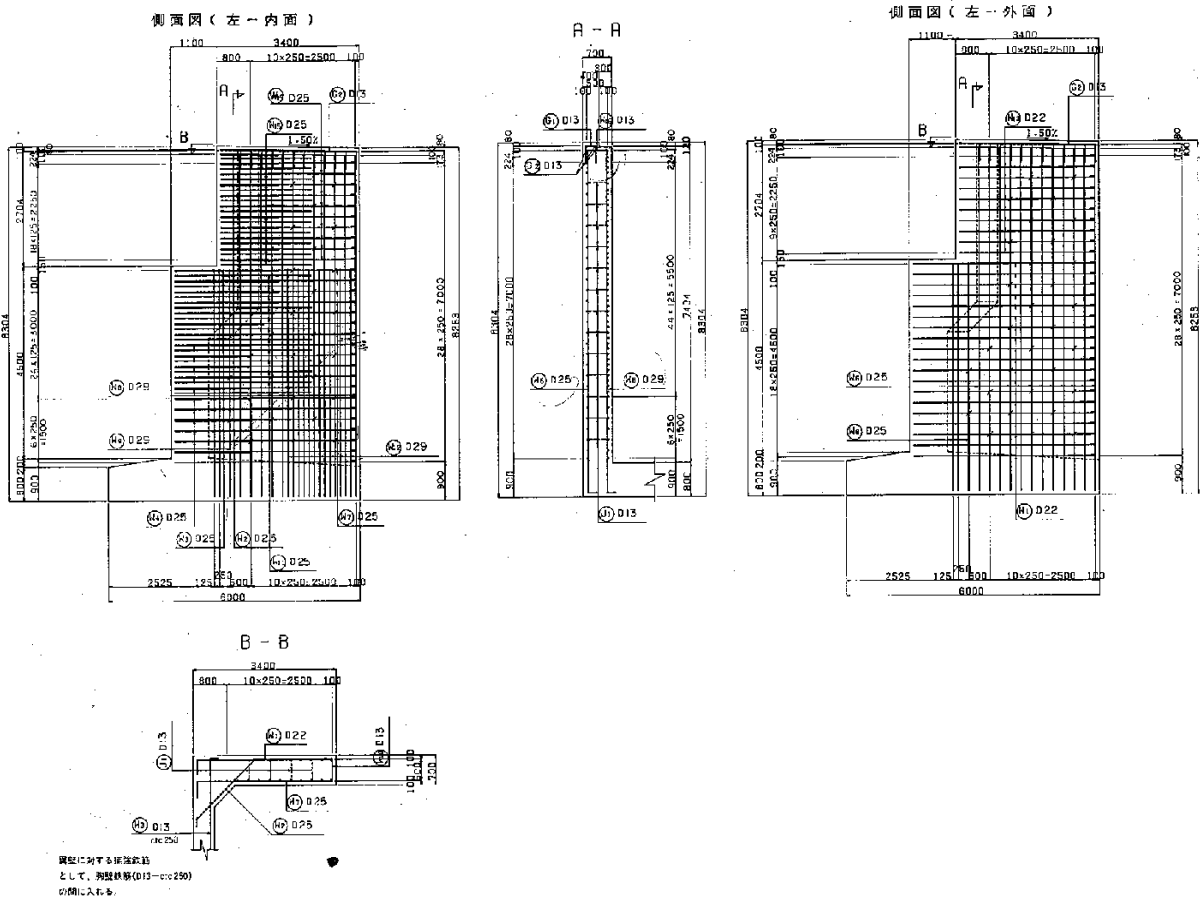


図-2.2.75 ウイングの配筋の例^{2.10)}

iv) 盛りこぼし橋台

盛りこぼし橋台とは、良質な地盤上の高盛土部の縁端に設けられる橋台のことをいう。高い盛土上に橋台を設置する場合、地震時等に盛土に変状が生じることがあるため、基礎を含めた橋台の設計にはあらかじめ盛土の変状を考慮する。

土量配分の関係から 20m を超える高盛土を比較的良好な原地盤に計画する事例が増えてきたが、箱式橋台は盛土高の増加に伴い、土圧が非常に大きくなり不経済となることから盛りこぼし橋台が選定されることがある。

比較的良好な現地盤上に造成された盛土地盤構造に適用するものであり、現地盤が軟弱地盤上の盛土、または崩壊や流出の可能性のある斜面上の貼り付け盛土との組み合わせは通常は行われていない。

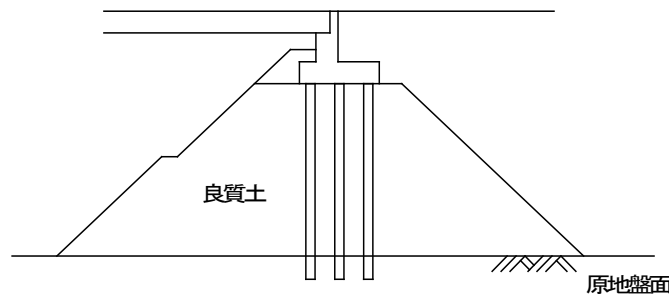


図-2.2.76 盛りこぼし橋台

(2) 橋脚

i) 橋脚の主な構成

上部構造からの荷重を基礎に伝える。

はり : 上部構造からの荷重を支え躯体等に伝える部材である。通常はRC構造であるが、張出し長が大きい場合、はり付根部の高さ制限がある場合などにはPC構造とする場合もある。

躯体(柱又は壁) : 上部構造からの荷重を基礎に伝える。

フーチング : 基礎の一部で、躯体を支え、地盤又は基礎へ荷重を伝える。

橋座部 : 躯体又ははりの一部で、支承部等からの鉛直力及び水平力を躯体部分に伝える。

基礎 : 下部構造の一部で、躯体からの荷重を地盤へ伝える。

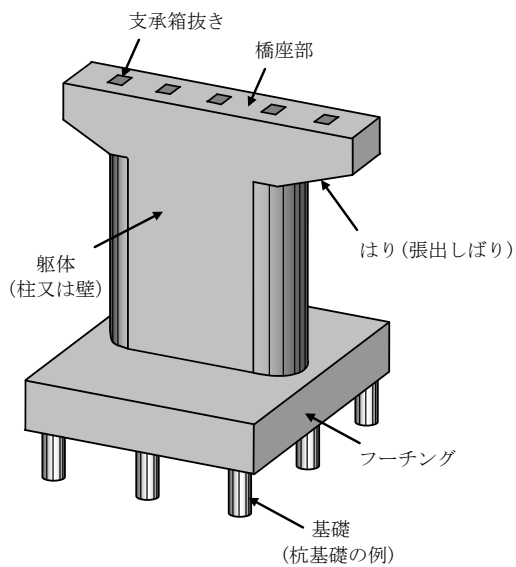


図-2.2.77 橋脚の主な部材又は部位の名称

ii) 橋脚の形式

主な橋脚の形式を表-2.2.3に示す。表-2.2.3はコンクリート製橋脚の例を示したものであるが、材種の違いによる鋼製橋脚もあり主に単柱式やラーメン式橋脚などが用いられる。

表-2.2.3 主な橋脚の形式

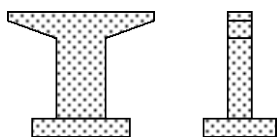
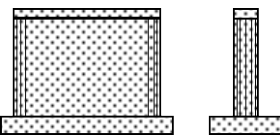
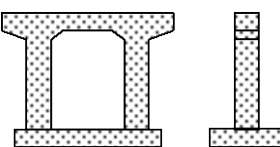
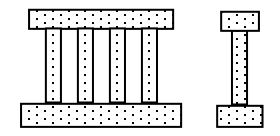
形式	特 徴
張出し式橋脚 (T形橋脚) 	<ul style="list-style-type: none"> 最も一般的な橋脚形式で、はり（張出しばり）の下の空間利用が可能。 はり及び柱は片持ちばりとして設計される。 河川部に設ける場合の柱形状は、断面形状を小判形とする。流心方向が定まらない河川部では、断面形状を円形とする場合がある。 T形橋脚ともいう。
壁式橋脚 	<ul style="list-style-type: none"> 幅員が広い橋梁や、高橋脚などに多く用いられる形式で、柱が橋軸直角方向に幅広な断面である。 柱の設計方法は張出し式橋脚と同様である。 高橋脚の場合には柱断面に中空断面を用いられる場合もある。 河川部に設ける場合は、断面形状を小判形とする。
ラーメン式橋脚 	<ul style="list-style-type: none"> はりと2本以上の柱のラーメン構造で構成される。 比較的幅員の広い高架橋で用いられる場合が多い。 高橋脚の場合には中間にも横ばりを設け、二層とする場合もある。 ラーメン部材の節点部にはハンチを設ける。
パイルベント橋脚 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎杭を橋脚上はり位置まで立ち上げ、杭頭部を鉄筋コンクリートはりで結合した構造。 橋軸方向の剛性及び耐荷力が小さく、現在、基本的に新設橋で採用されることはない。



図-2.2.78 張出し式橋脚



図-2.2.79 壁式橋脚



図-2.2.80 ラーメン式橋脚



図-2.2.81 パイルベント橋脚

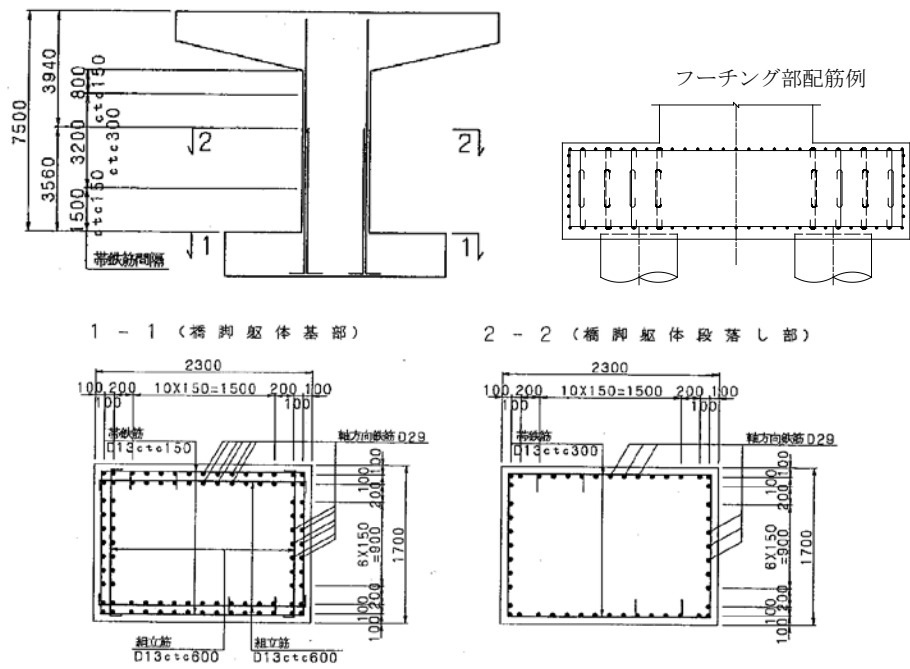


図-2.2.82 張出し式橋脚の柱部配筋の例 2.10)

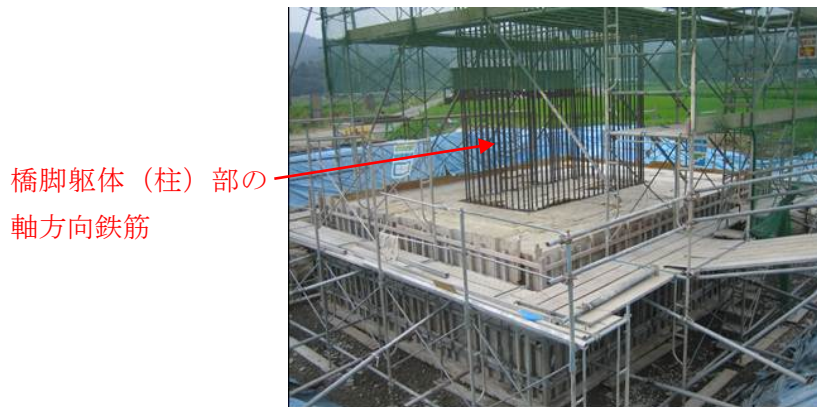


図-2.2.83 張出し式橋脚の橋脚フーチングまでコンクリートを打設している例

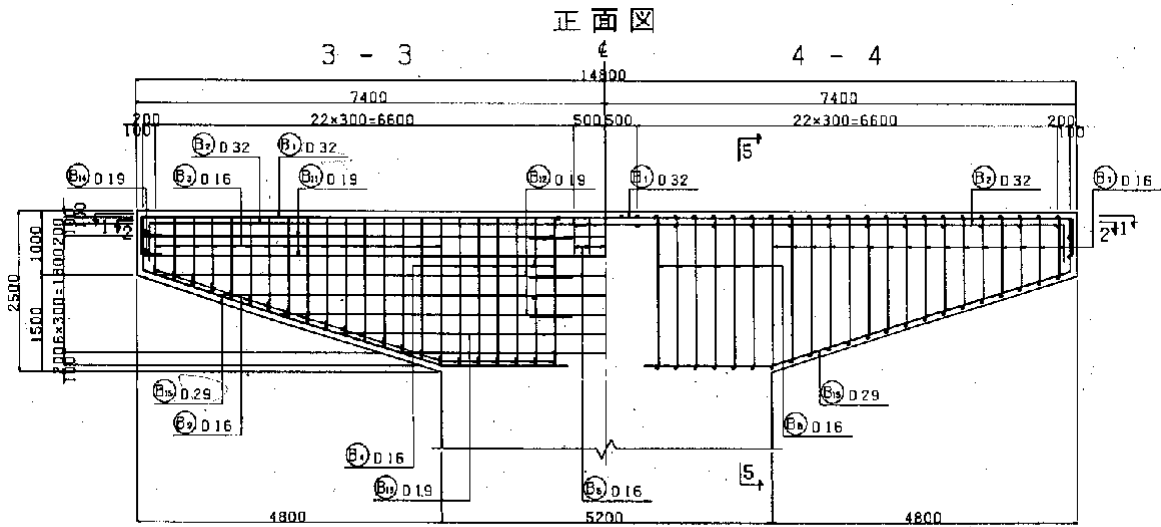


図-2.2.84 張出し式橋脚のはり部配筋の例^{2.10)}

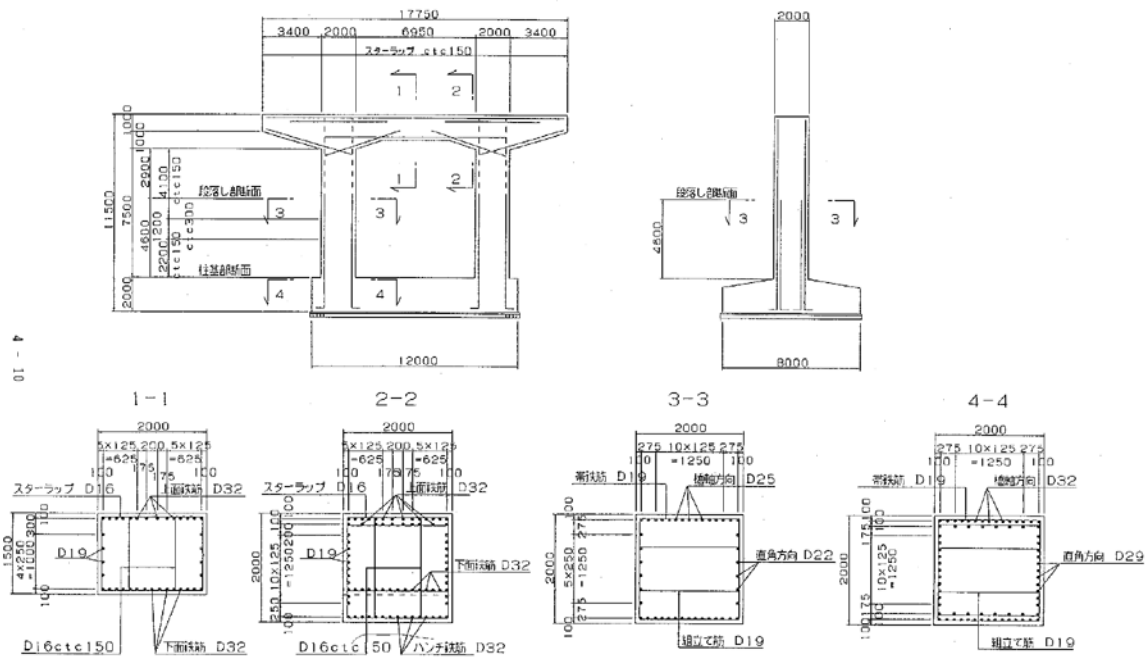


図-2.2.85 ラーメン式橋脚の配筋の例^{2.10)}

橋脚の曲げやせん断に対する強度、または曲げ変形性能の向上を目的として実施する補強法の例として、鋼板巻立補強、鉄筋コンクリート巻立補強、及び、炭素繊維巻立補強の例を図-2.2.86 から図-2.2.88 に示す。



既設橋脚を取り巻くように鋼板を配置し、既設部材と鋼板との間に無収縮モルタルやエポキシ樹脂等を充填するもの。

図-2.2.86 鋼板巻立補強の例



既設橋脚のまわりに鉄筋コンクリートを増打ちするもの。

図-2.2.87 コンクリート巻立補強の例



既設橋脚を取り巻くように炭素繊維シートをエポキシ樹脂等を用いて接着するもの。
塗装されている場合もある。

図-2.2.88 炭素繊維巻立補強の例

iii) その他

・ピアアバット

高架橋の場合は堤体内に橋脚を入れる必然性はない。堤防と橋脚とで平常時の交通振動や地震時の振動特性が異なること等により、堤防と橋脚の接触面にすき間ができやすく、漏水の原因となりやすい。また、河川構造物としての堤防の機能の確保や、堤体に損傷が生じた場合の橋への影響の低減の観点から、堤体内に橋脚を設置することは極力避けることがよいとされている。ただし、鞘管構造等で堤防に悪影響を及ぼさない工夫を行うとともに、川裏側の堤防補強としてピアアバットを設けた例もある。

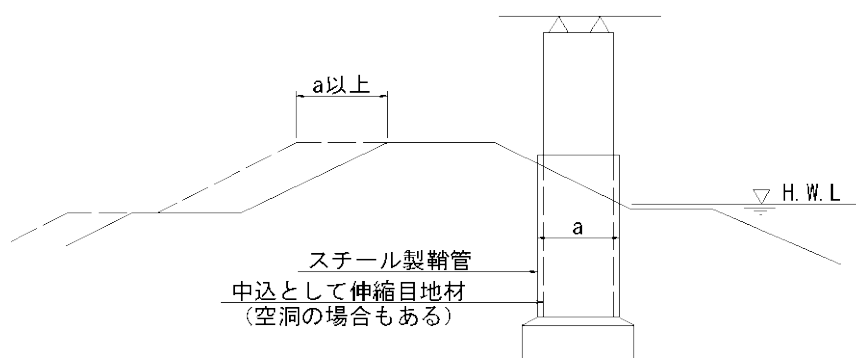


図-2.2.89 ピアアバット（鞘管構造）の橋脚例^{2.11)}

・橋台部ジョイントレス構造

橋台ジョイントレス構造は、支承や伸縮装置を省略した構造。

橋台躯体及び基礎の剛性により上部構造に生じる変形を拘束する構造形式を門型ラーメン構造、橋台基礎の変形により追随する構造形式はインテグラルアバット構造と呼ばれる。

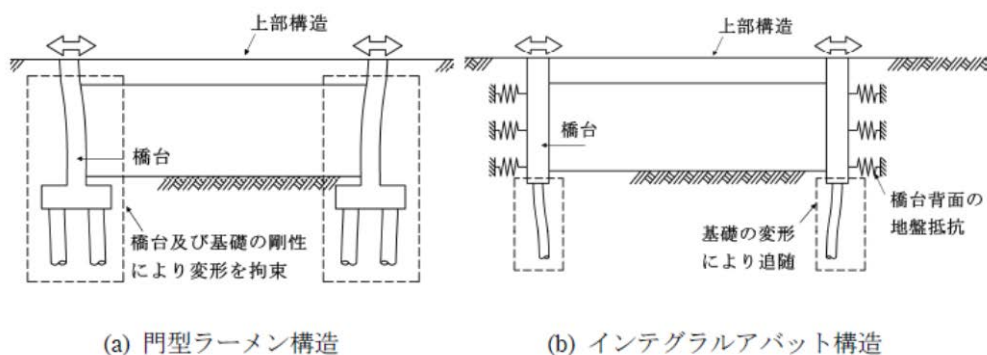
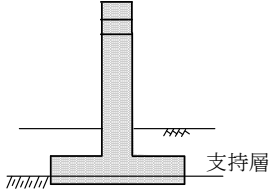
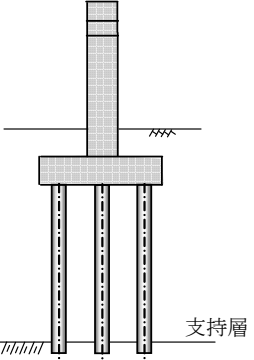
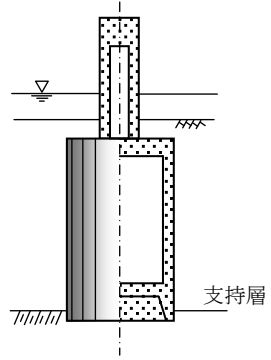
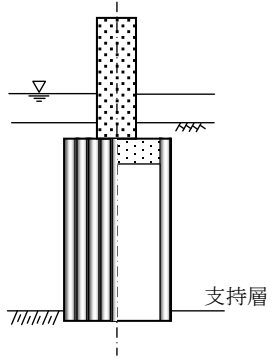
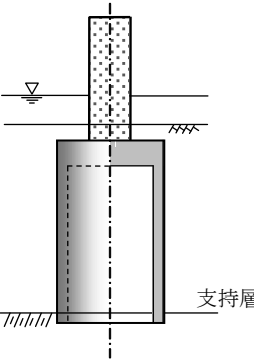
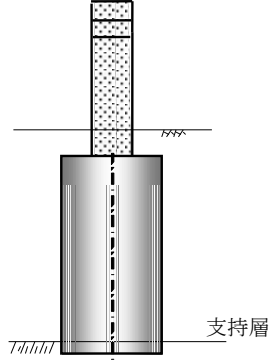


図-2.2.90 橋台部ジョイントレス構造の概要^{2.9)}

2.2.8 基礎の形式や機能

主な基礎の形式と特徴を以下に示す。

表-2.2.4 主な基礎の形式と特徴

	直接基礎	杭基礎	ケーソン基礎
形式			
特徴	<p>地盤を比較的浅く広く掘削し、フーチングを設置して、荷重を直接、良質な支持地盤に伝える形式の浅い基礎。</p> <p>鉛直荷重を基礎底面地盤の鉛直地盤反力のみで抵抗する。水平荷重は基礎底面地盤のせん断地盤反力のみで抵抗する。</p>	<p>打込み杭工法、埋込み杭工法、回転杭工法及び場所打ち杭工法によって打設された杭の頭部を連結することより一体とする深い基礎。</p> <p>鉛直荷重及び水平荷重を杭のみで支持する。</p>	<p>箱状（函状）構造物を良質な支持層まで沈下させる深い基礎。比較的浅い場合もある。</p> <p>鉛直荷重を基礎底板地盤の鉛直地盤反力のみで抵抗する。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力及び周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗する。</p>
	鋼管矢板基礎	地中連続壁基礎	深礎基礎
形式			
特徴	<p>鋼管矢板を現場で良質な支持層に円形、小判形、長方形等の閉鎖形状に組み合わせて設置し、継手管内をモルタルで充てんしてその頭部を頂版により剛結合した深い基礎。</p> <p>鉛直荷重を基礎底面地盤の鉛直地盤反力、基礎外周面及び内周面の地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗する。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力、外周面及び周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗する。</p>	<p>隣接する地中連続壁間を継手を用いて連結し、平面形状が閉合断面になるように築造し、その頭部に頂版を設けた深い基礎。</p> <p>鉛直荷重を基礎底面地盤の鉛直地盤反力、外周面及び内周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗する。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、全面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力、外周面及び内周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗する。</p>	<p>土留めを用いて掘削したのち、コンクリートを打設し構築する基礎。深礎基礎には単体の柱状体深礎基礎と、複数の深礎杭をフーチングで剛結した組杭深礎基礎がある。</p> <p>鉛直荷重を基礎底面地盤の鉛直地盤反力で抵抗する。水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力で抵抗する。</p>

杭基礎は、支持機構により支持杭・摩擦杭に分類される。

支持杭：杭先端を良質な支持層に根入れさせ、杭本体と杭の周面摩擦力及び先端支持力で鉛直荷重を支持する杭基礎

摩擦杭：杭先端が良質な支持層に根入れさせず、杭本体と杭の周面摩擦力で鉛直荷重を支持する杭基礎（支持層が相当に深い場合に用いられる）

主な基礎形式と工法の分類を以下に示す。

支持層までの深度が
比較的浅い場合 — 直接基礎

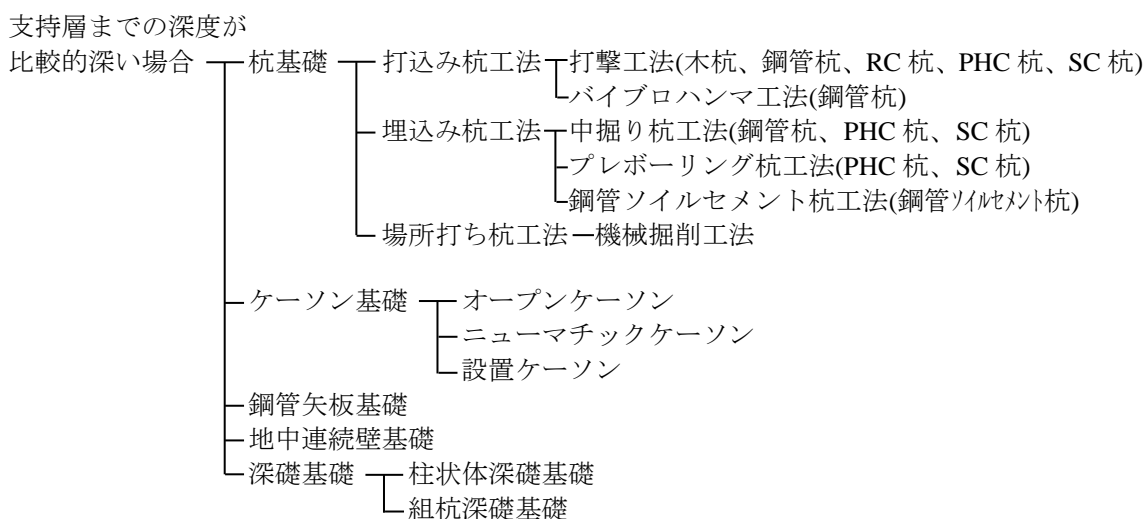


図-2.2.91 主な基礎の形式とその分類

(1) 打撃工法

既製杭の杭頭部を打撃し埋込む工法は、他の工法に比べて施工速度が速く、支持層への貫入がある程度確認でき支持力が推定できることから、鉛直支持力を確保するのに適した工法である。一方で、施工に騒音、振動を伴うため、市街地での適用には注意しなければならない。

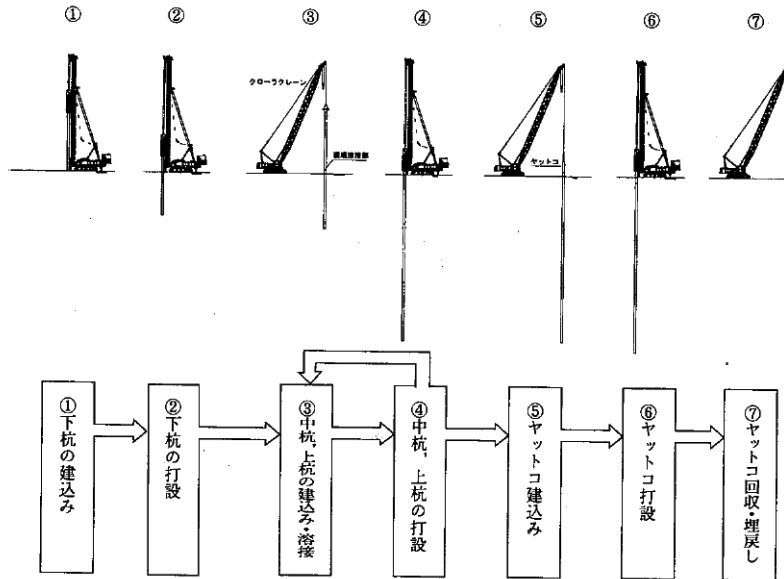


図-2.2.92 打撃工法の施工手順例^{2.12)}

(2) バイブロハンマ工法

打撃工法に比べて、ある程度距離が離れば騒音が緩和されること、小規模な施工設備であるため効率的で利便性に優れる。

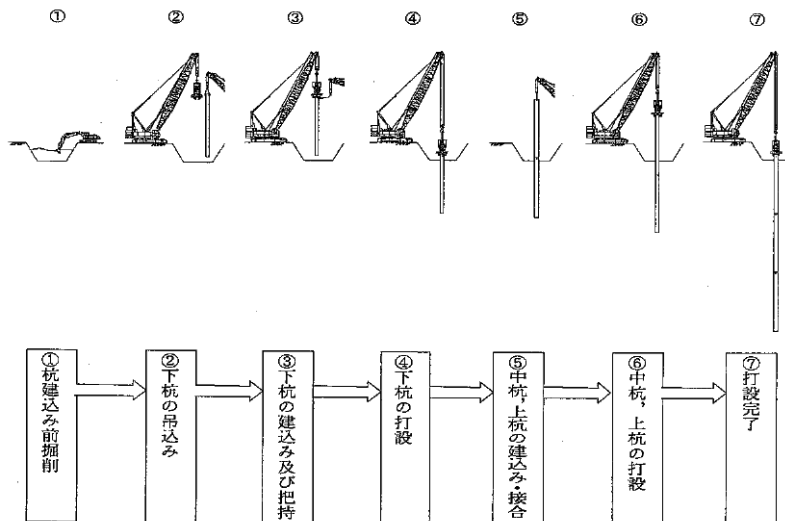


図-2.2.93 バイブロハンマ工法の施工手順例^{2.12)}

(3) 中掘り杭工法

杭の内部を通して先端部をオーガ、バケット等で掘削しながら所定の深さまで圧入あるいは軽打により貫入させた後、所定の支持力が得られるようにハンマで打ち込むか、杭先端部および中空部をセメントミルクあるいはコンクリートで処理する工法である。

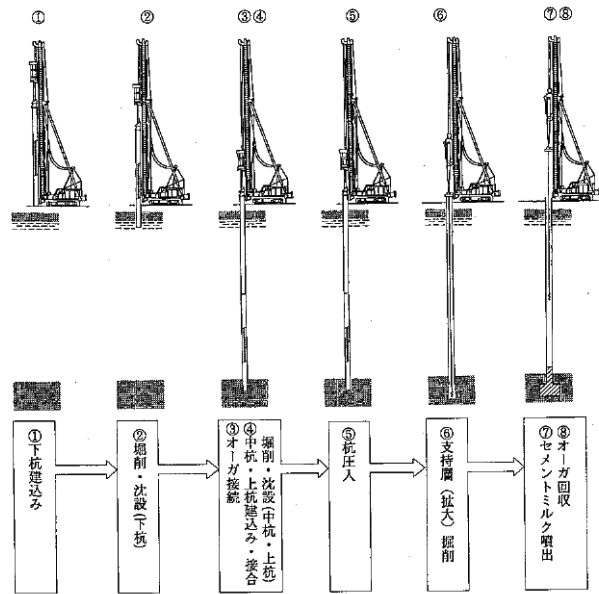


図-2.2.94 中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）の施工手順例 ^{2.12)}

(4) プレボーリング杭工法

掘削ビットおよびロッドを用いて掘削・泥土化した掘削孔内の地盤に根固め液、杭周固定液を注入、攪拌混合してソイルセメント状にした後、既製杭を沈設する工法で、杭体周面と地盤との空隙がソイルセメントで充たされている。

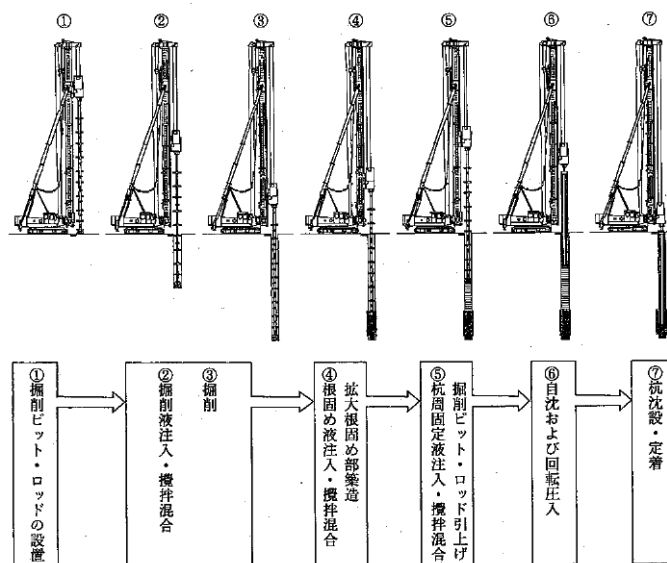


図-2.2.95 プレボーリング杭工法の施工手順例 ^{2.12)}

(5) 鋼管ソイルセメント杭工法

原地盤中に造成したソイルセメント柱と外面に突起（リブ）を有する鋼管が一体となるように築造する工法。ソイルセメント柱の造成は、地盤を掘削しながらセメントミルクを注入攪拌してソイルセメント柱を造成し、所定の深度に達したら先端部配合のセメントミルクを注入しながら掘削攪拌を行い、杭先端部ソイルセメント柱を造成する。

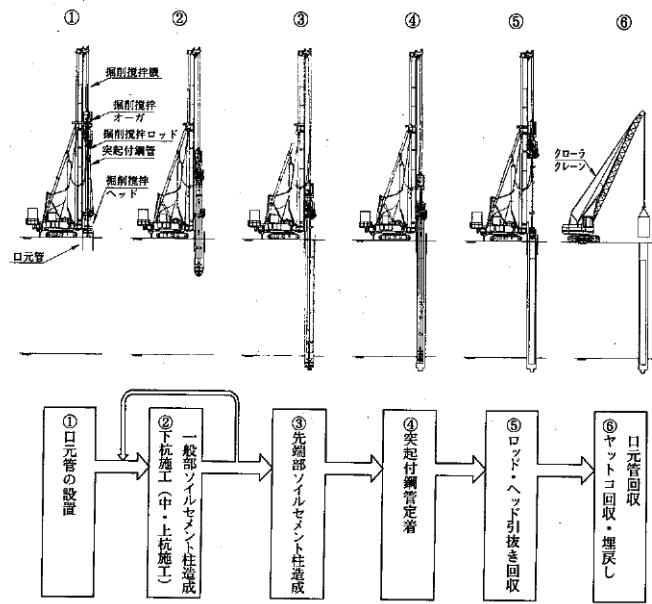


図-2.2.96 鋼管ソイルセメント杭工法（同時沈設方式）の施工手順例^{2.12)}

(6) 場所打ち杭工法

機械によって掘削した孔の中に、現場において鉄筋コンクリート杭体を築造する工法であり、オールケーシング工法、リバース工法、アースドリル工法の3工法がある。

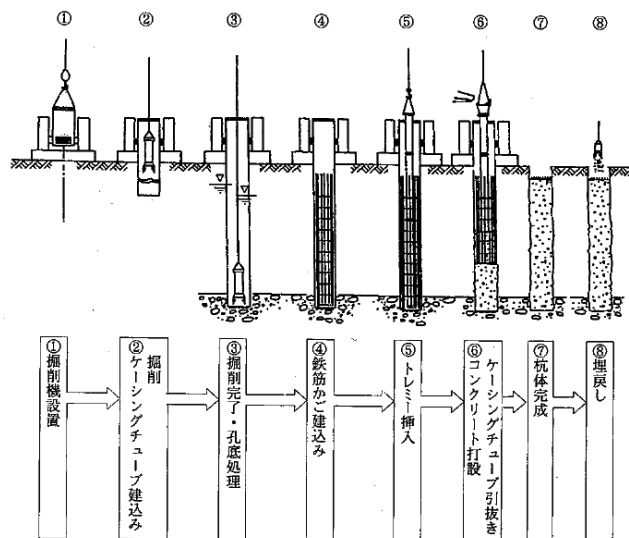


図-2.2.97 オールケーシング工法の施工手順例^{2.12)}

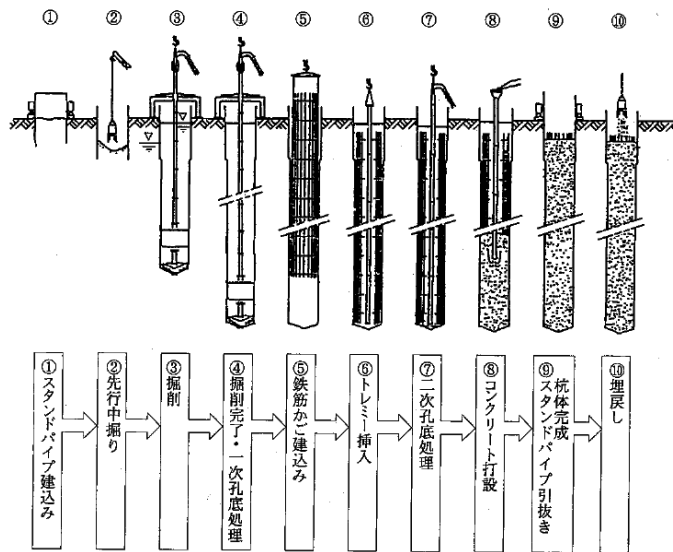


図-2.2.98 リバース工法の施工手順例 2.12)

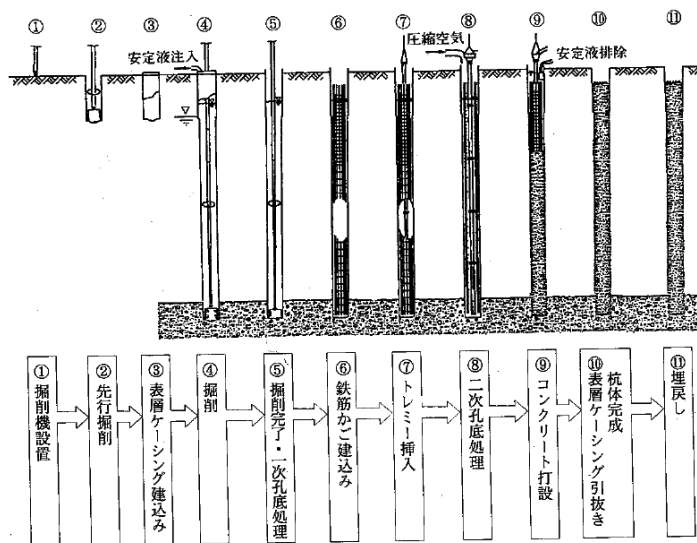


図-2.2.99 アースドリル工法の施工手順例 2.12)

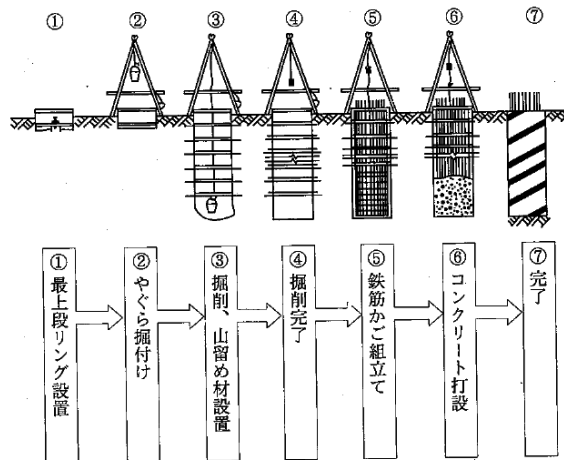


図-2.2.100 深礎工法の施工手順例（人力掘削の例） 2.12)

図-2.2.101 から図-2.2.105 に杭頭接合部の例を示す。ここで示す鋼管杭、鋼管ソイルセメント杭、PHC 杭、SC 杭、場所打ち杭の杭頭接合部の例は、フーチング内の杭の埋め込み長を最小限に留め、主として鉄筋で補強することにより杭頭曲げモーメントに抵抗する方法である。

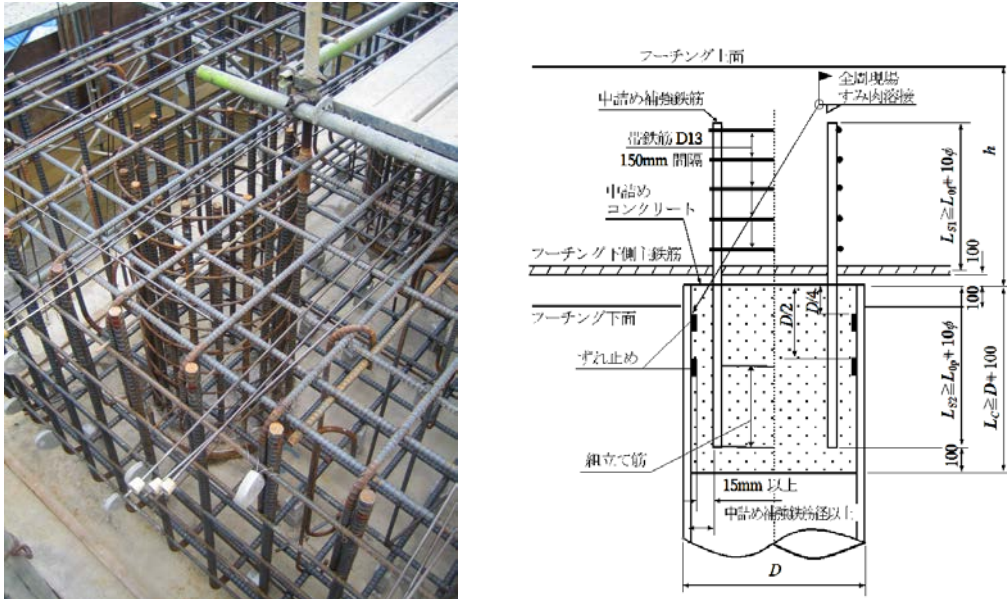


図-2.2.101 杭頭接合部の例（鋼管杭） 2.12)

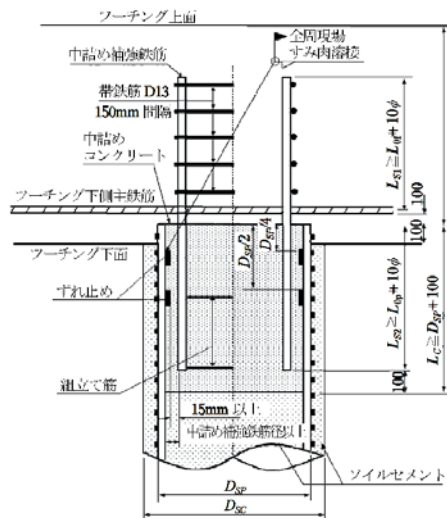
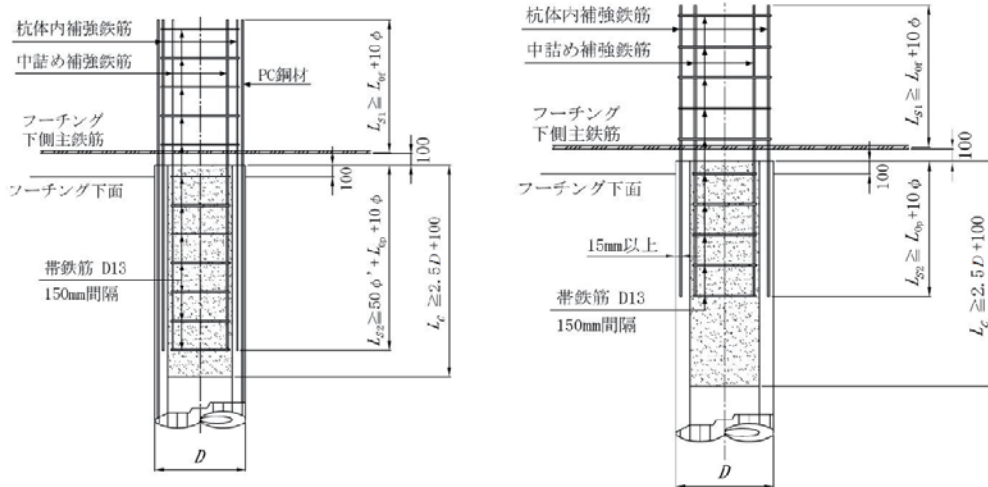


図-2.2.102 杭頭接合部の例（鋼管ソイルセメント杭） 2.12)



PHC 杭の例

SC 杭の例

図-2.2.103 杭頭接合部の例 (PHC 杭、SC 杭) ^{2.9)}

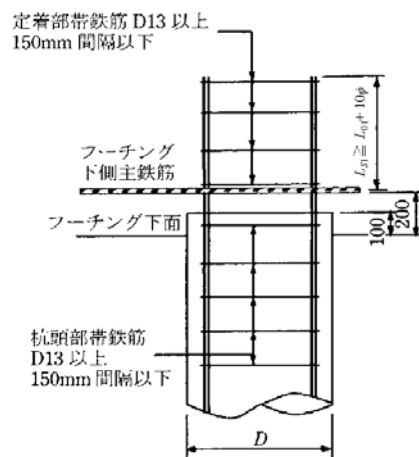


図-2.2.104 杭頭接合部の例 (場所打ち杭) ^{2.9)}

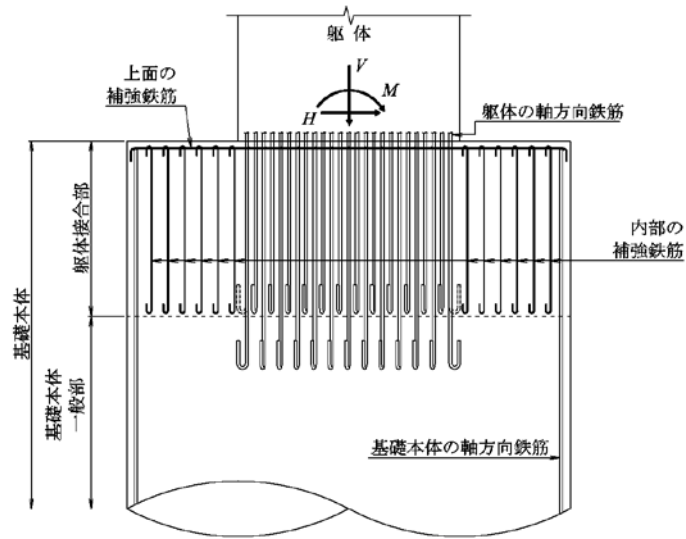


図-2.2.105 杭頭接合部の例（柱状体深礎基礎）^{2.9)}

過去には、図-2.2.106 から図-2.2.108 に示すようにフーチングの中に杭を一定長さだけ埋め込む方法も多く用いられていた。この方法で接合する場合には、杭によってフーチング下面側主鉄筋が切断されるので図-2.2.109 に示すように配筋されている。

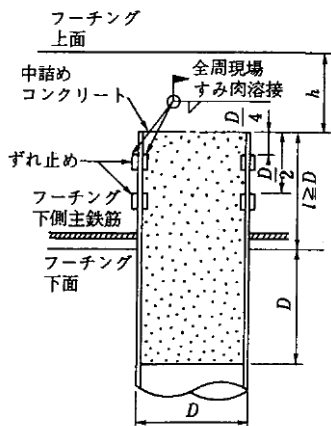


図-2.2.106 鋼管杭方法（H14 以前）^{2.12)}

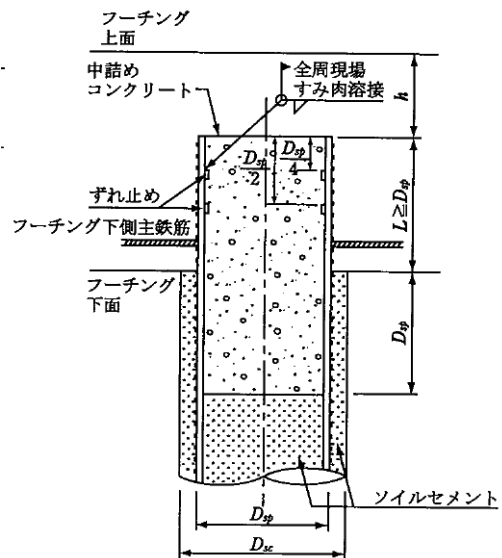


図-2.2.107 鋼管ソイルセメント杭方法
(H24 以前)^{2.12)}

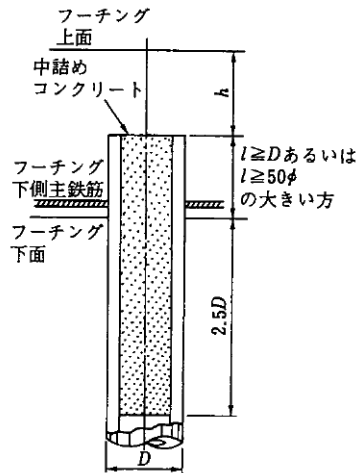


図-2.2.108 PHC 杭、RC 杭方法 (H24 以前) ^{2.12)}

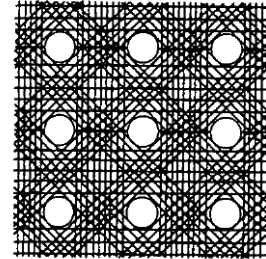


図-2.2.109 フーチングの配筋 ^{2.12)}

基礎は、支持、滑動、転倒について、過大な沈下や転倒、移動・傾斜が生じないように設計する。また、設計地盤面は洗掘の影響を受けないようにするとともに、基礎周辺の河床が洗掘された場合には根固め工などで洗掘対策することもある。

根固め工は、洗掘された橋脚などの周囲の河床面にコンクリートブロックなどを設置し、周辺の土砂の流出を防ぐことを目的とした工法である。図-2.2.110 に根固め工一覧を示す。

判定		不安定なもの		
工法		洗掘が進行する恐れのあるもの 短スパンの橋脚で、根固め工の頭部が河床より高い	沈下・傾斜の恐れがあるもの	傾壊の恐れがあるもの
直接根固め工	捨石ブロック			
	張りコンクリート			
	詰杭工 シート パイル 補強			
間接根固め工	その他			

判定		安定しているもの	
工法		根固め工の頭部が河床より低い ブロックが大きくないこと	
直接根固め工	捨石ブロック		
	張りコンクリート		プレバックド 又は薬液注入
	詰杭工 シート パイル 補強		河床が砂利、土であること 根固め工の頭部が河床より高くないこと

直接根固め工とは、河床を直接被覆する工法であり、捨石、張りコンクリート、薬液注入などがある。間接根固め工とは、付帯構造物により抑制するもので堰堤、制水工などがある。根固め工の頭部が河床より高いと、その周辺が洗掘を受けたり、それにより沈下・傾斜の恐れがあり不安定となる。

ただし、洗掘後の傾斜、移動、沈下などがすでに生じている場合、基礎の安定の対策にはならないことに注意しなければならない。

図-2.2.110 根固め工の一覧

2.3 橋の付帯設備や付属物の名称や役割

2.3.1 排水

排水装置は、路面における雨水などの滞水が道路機能を阻害するとともに、ひいては橋梁の耐久性を損なう腐食の原因になるため、これをすみやかに排水するために取り付けられるものである。橋梁排水システムの全体像を図-2.3.1に示す。橋面の排水は道路に縦横断勾配を設け、路側部分に集水した水を排水柵に集水し、排出するのが一般的である。

排水施設の規模を決めるためには、降雨強度から流出量を算出し、その流出量に対して排出可能な排水施設の設計を行う。降雨強度は、路面排水施設の場合には標準降雨強度図を用い算出する。この降雨強度は3年確率10分間雨量強度から、全国の代表的な降雨強度を設定したものである。排水設計については、例えば「道路土工要綱（社）日本道路協会」に詳しい。

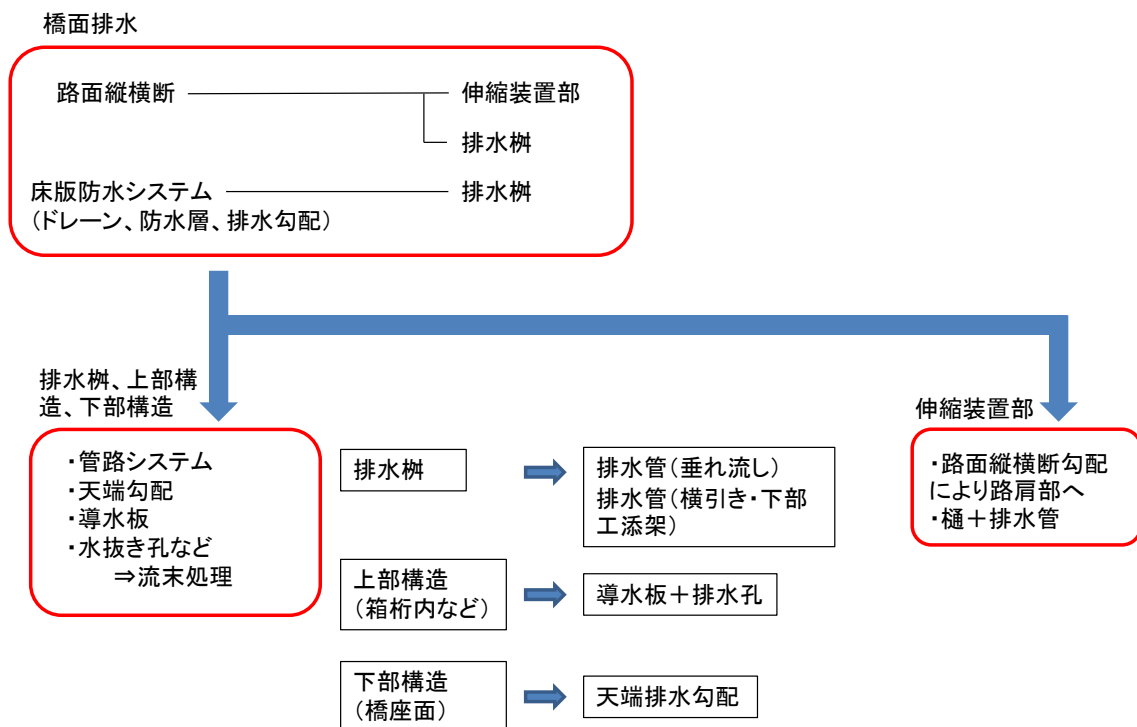


図-2.3.1 排水システム図

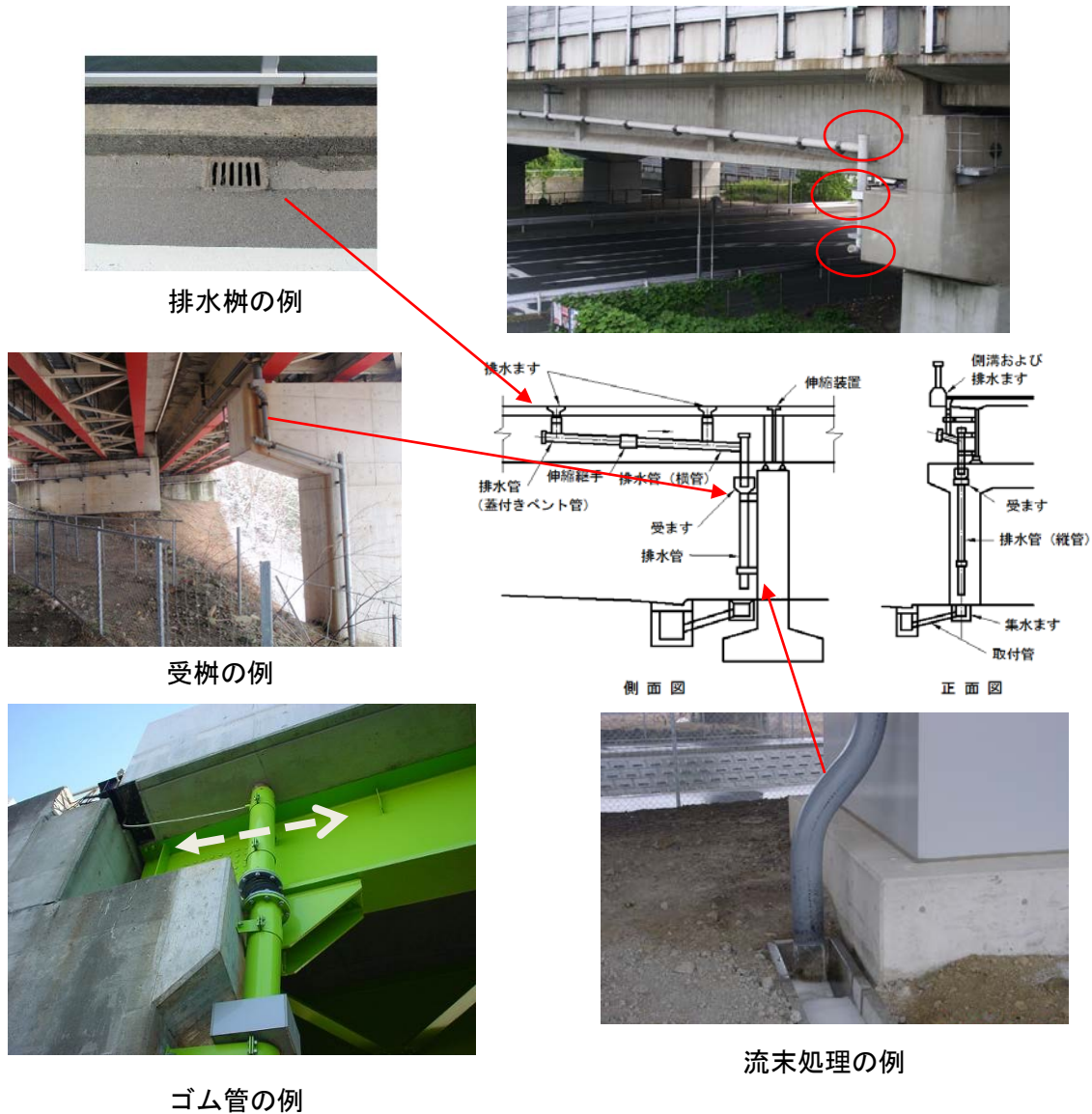


図-2.3.2 排水装置の名称

受柵：上部工桁の伸縮量を考慮して、上下部の縁を切るために設ける構造。受柵は土砂詰りが生じることがあるため、最近では蛇腹管やゴム管により接続する場合が多い。

ベント管：排水管の屈曲部に設ける角度のついた管であり、清掃用の蓋付きのタイプもある。屈曲部に土砂詰りが生じやすいため、点検時には特に注意する必要がある。

排水管伸縮継手：温度変化に伴う鋼桁の伸縮や、交通荷重による振動などを吸収する役割をもつ。

流末処理は、河川上などでは図-2.3.3 に示すように直接川に流すことが多く、また、都市内の橋梁などでは図-2.3.2 に示すように水平方向の排水管で橋台・橋脚部まで横引きし、それから最終的な排水処理を行う方法が用いられる。

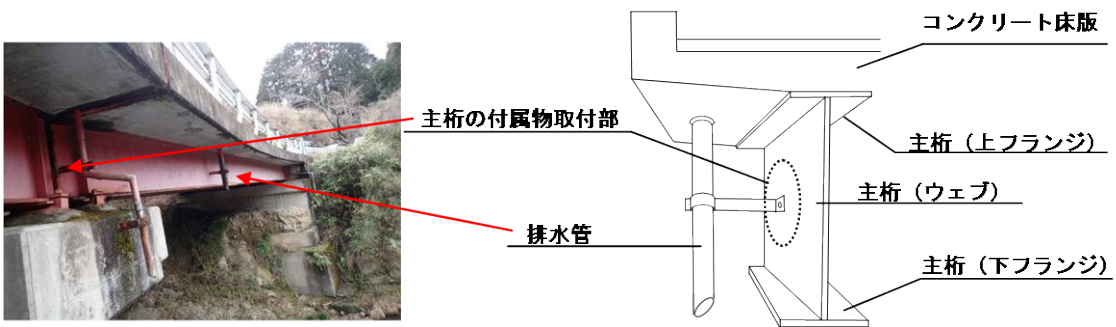
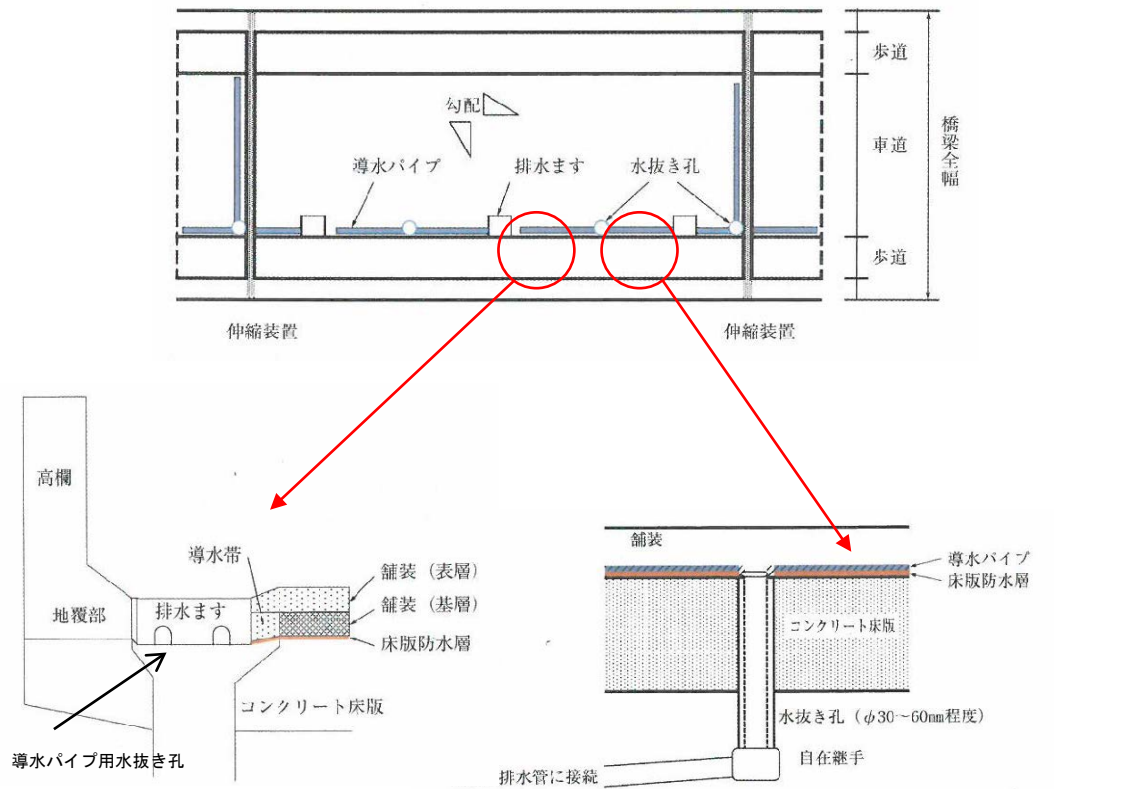
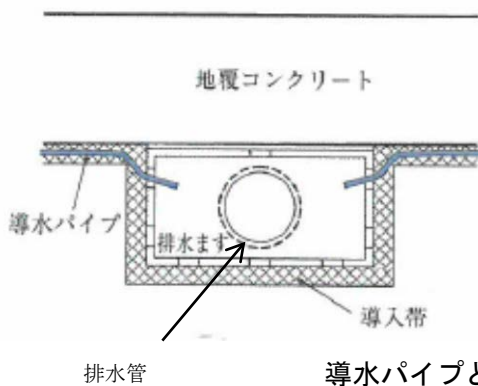


図-2.3.3 排水装置の名称 (拡大図)



導水パイプと排水柵の接続例 (側面図)

床版の水抜き孔の設置例 (側面図)



導水パイプと排水柵の接続例
図-2.3.4 床版防水システムの例^{2.6)}

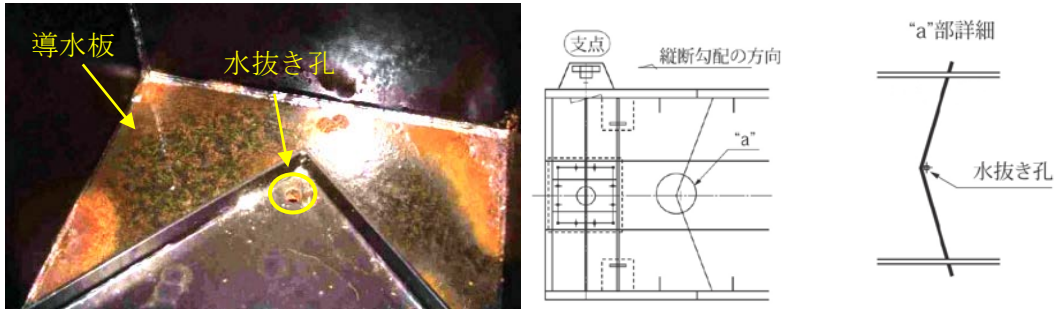


図-2.3.5 箱桁内の水抜き孔と導水板の例^{2.13)}

2.3.2 防護柵

防護柵は、進行方向を誤った車両の路外逸脱の防止、乗員傷害の最小限化、車両の進行方向復元などにより交通事故の防止を図るための重要な施設である。橋梁への取付け部は、埋め込み式とアンカー方式とある。防護柵に対しては衝突荷重による影響が大きく、床版張出部はその影響を考慮して設計しなければならない。

車両用防護柵には図 2.3.6 の (a) (b) に示すとおりたわみ性防護柵と剛性防護柵とがある。

たわみ性防護柵とは、設計時に防護柵を構成する主たる部材の弾性及び塑性変形を見込む防護柵である。車両衝突時の衝撃を車両及び防護柵の双方の変形によって和らげるため、緩衝性に優れている。

剛性防護柵とは、設計時に防護柵を構成する主たる部材の弾性限界内での変形しか見込まない防護柵である。このため、車両衝突時の防護柵の変形がほとんど生じず、車両衝突時の衝撃を車両の変形と防護柵形状の工夫で緩和するものであり、強度が高く車両の路外逸脱防止機能に優れている。

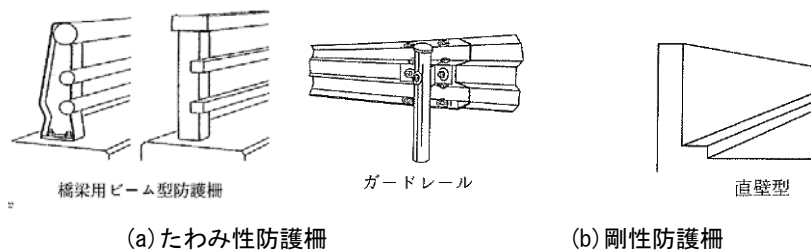


図-2.3.6 車両用防護柵^{2.14)}

車両用防護柵は、原則として緩衝性に優れたたわみ性防護柵を選定するものとしている。この際、防護柵の設置する区間の状況を十分に考慮したうえで適切な変形量のたわみ性防護柵を選定することが重要である。

ただし、橋梁、高架等の構造物上、又は幅員の狭い分離帯などに防護柵を設置する場合は、道路の建築限界による制限とともに、車両衝突時に防護柵の路外への変形量が特に制限されることから必要に応じて剛性防護柵を用いることができる。交通量の多い区間で防護柵の修繕を頻繁に行わなければならないような場合は、その都度交通規制を伴い通行に支障を生じる恐れがあることから、このような場合にも変形のない剛性防護柵を選定することができる。



(a) 横断防止柵と歩行者兼用車両用防護柵の例



(b) 車両用防護柵(歩車道境)と歩行者自転車用柵の例



(c) 橋梁用ビーム型防護柵の例



(d) 直壁型剛性防護柵の例

図-2.3.7 橋梁用防護柵の例

たわみ性防護柵を設置する場合の代表的な設置工法には、埋込み方式とアンカーボルトなどで固定するベースプレート方式が用いられており、剛性防護柵は構造物中の鉄筋やアンカーなどを利用して定着・結合する方式が用いられることが多い(図-2.3.8)。地覆幅は600mm、歩車道境界に設置する場合の歩車道境界の地覆幅は500mmが標準とされている。

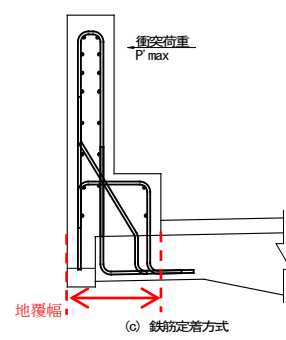
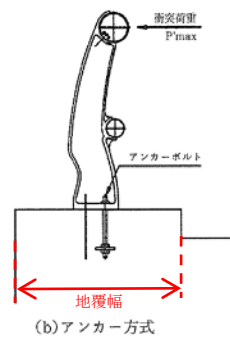
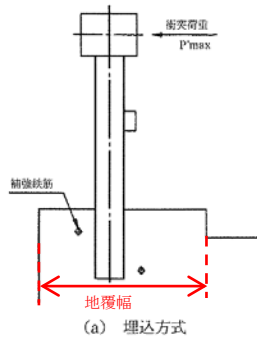


図-2.3.8 防護柵定着方法^{2.14)}

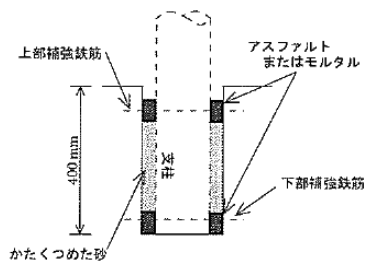


図-2.3.9 埋込み深さ 400mm の場合の設置例^{2.14)}

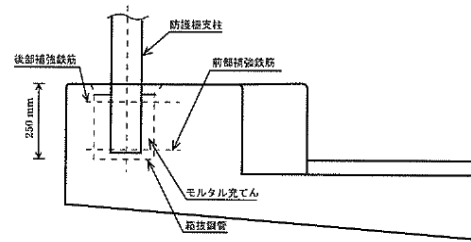


図-2.3.10 埋込み深さ 400mm 未満の場合の設置例^{2.14)}

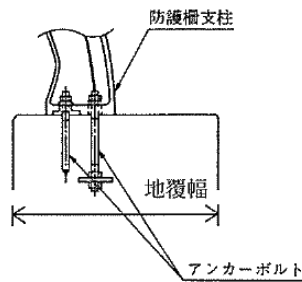


図-2.3.11 ベースプレート方式による定着例^{2.14)}

2.3.3 遮音壁

道路上で発生する音を遮断し、音の回折によって減音を図り沿道の環境を保全することを目的に設置される壁。橋梁の壁高欄天端もしくは壁高欄背面にアンカーで取付けられるものが多い。遮音壁に対しては風荷重による影響が大きく、壁高欄・床版への影響も大きくなる。



図-2.3.12 遮音壁の例

2.3.4 落下物防止柵

落下物防止柵は、高架橋と交差する鉄道・道路・民家等への車両積載物の落下や投物等を防止する柵。橋梁部への取付けは、壁高欄天端もしくは壁高欄背面にアンカーで固定するタイプが多い。遮音壁と同様に風荷重の影響を考慮しなければならない。



図-2.3.13 落下物防止柵の例

2.3.5 照明

道路照明は、交通事故防止の目的で使用されている。橋梁では、カーブ等の見通しが悪い所、高速道路の ON、OFF ランプ、インターチェンジ部や約 50m 以上の橋の両端もしくは、長大橋の上やその周辺にも設置されている例が多い。橋梁上の照明設備は、走行車両や風等による振動等が生じる可能性があり、疲労による附属物本体や取付け部の損傷、取付ボルトのゆるみなどに注意が必要である。

照明の点検については、「附属物の定期点検」のテキストを参照すること。



図-2.3.14 照明の例

2.3.6 標識

一般道路の案内標識には、目的地・通過地の方向、距離や道路上の位置を示し目的地までの経路を案内する案内標識、道路上で警戒すべきことや危険を知らせる警戒標識があり、橋梁上でも取り付けられている例は多い。主なタイプとしては、路側式、片持式、F型標識柱、T型標識柱、門型式などがある。橋梁への取付けは、新設橋梁の場合にはアンカーを埋め込む方法が多く、既設橋梁に取付ける場合には、あと施工アンカーによる取付けが多い。また、橋梁上や風の強い地区に設置された柱の基部や開口部、横ばりの基部で損傷している事例もあることから、点検時にはそのような部位には特に注意する必要がある。

標識の点検については、「附属物の定期点検」のテキストを参照すること。



図-2.3.15 標識の例

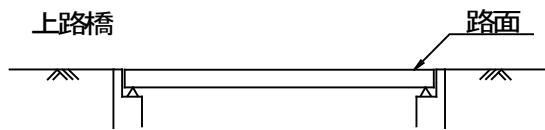
2.4 橋の形式

橋の形式は、路面位置並びに主桁・主構の材種、及び構造形式を組み合わせることで記載することが多い。

2.4.1 路面位置による分類

(1) 上路橋

主桁や主構など上部構造の上部に路面を設けた橋である。



(a) 単純桁



(b) アーチ橋



(c) トラス橋

図-2.4.1 上路橋の概略図(例)

(2) 中路橋

主桁や主構など上部構造の間の高さ位置に路面を設けた橋である。

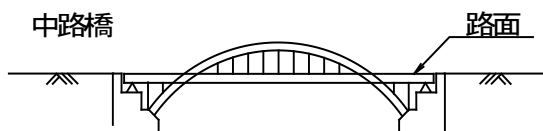
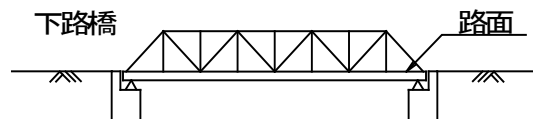


図-2.4.2 中路橋の概略図(例)

(3) 下路橋

主桁や主構など上部構造の下部に路面を設けた橋である。



(a) トラス橋(図)



(b) トラス橋(写真)



(c) アーチ橋

図-2.4.3 下路橋の概略図(例)

2.4.2 材種による分類

(1) 鋼橋

上部構造を構成する床版以外の主要材料の多くが鋼部材からなる橋である（詳細は 2.2.1 を参照のこと。鉄橋については、(6)を参照）。

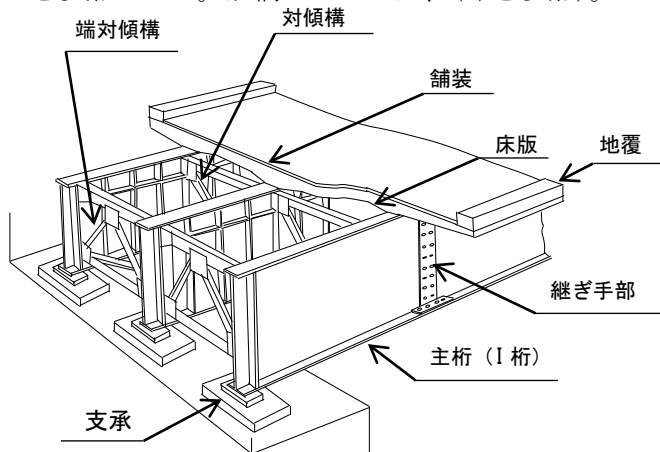


図-2.4.4 鋼橋の例（鋼桁橋）

(2) コンクリート橋

上部構造を構成する主要材料の多くがコンクリート部材からなる橋である（詳細は 2.2.2 を参照のこと）。

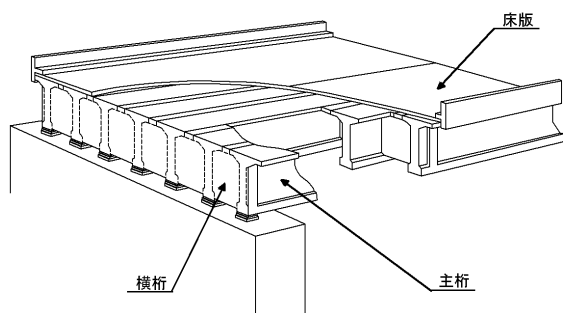


図-2.4.5 コンクリート橋の例（プレテンション方式 PCT 桁橋）

(3) 複合構造の橋

i) 鋼コンクリート混合構造の橋

混合構造とは、コンクリート部材と鋼部材を組み合わせ一つの構造体としたもので、複合斜張橋などがその代表例である。

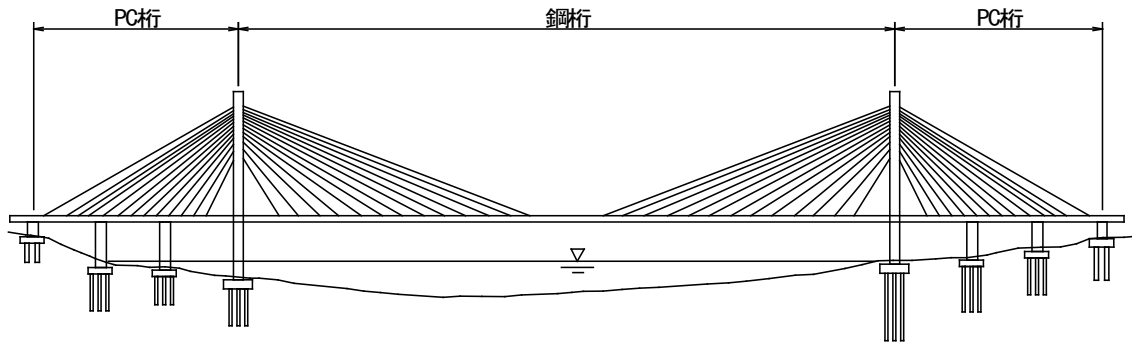


図-2.4.6 複合斜張橋の例

ii) 鋼コンクリート合成構造の橋

合成構造とは、ひとつの部材断面がコンクリート部材と鋼部材の組合せによって構成されたもので、波形鋼板ウェブ箱桁橋や複合トラス橋などがある。

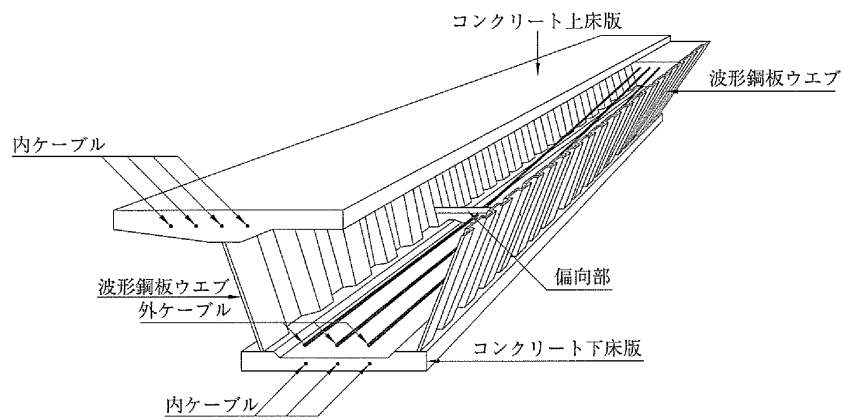


図-2.4.7 波形鋼板ウェブ箱桁橋

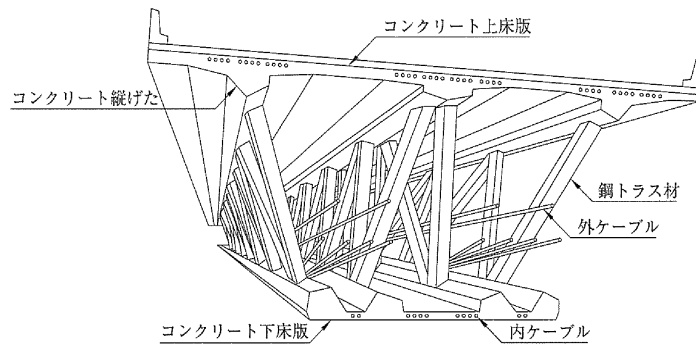


図-2.4.8 複合トラス橋

(4) 木橋

上部構造を構成する主要材料が木材からなる橋である。

(5) 石橋

石材、レンガを主要部材とする橋である。



図-2.4.9 石橋

(6) 鉄橋

鉄（鑄鉄、鍛鉄）材を主要材料とする橋である。

2.4.3 主桁・主構の構造形式による分類

(1) 桁形式

i) 主桁形式

鈹桁橋、箱桁橋（鋼箱桁、コンクリート箱桁）、T桁橋



図-2.4.10 鈹桁橋



図-2.4.11 箱桁橋

ii) 版形式

床版橋（充実、中空）



図-2.4.12 床版橋

iii) 主構形式

トラス橋、アーチ橋



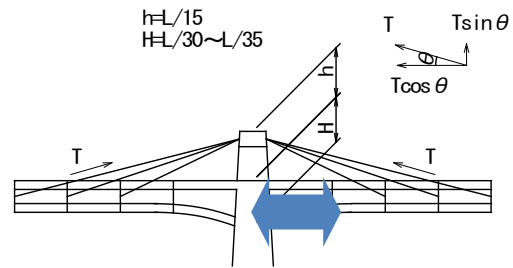
図-2.4.13 トラス橋



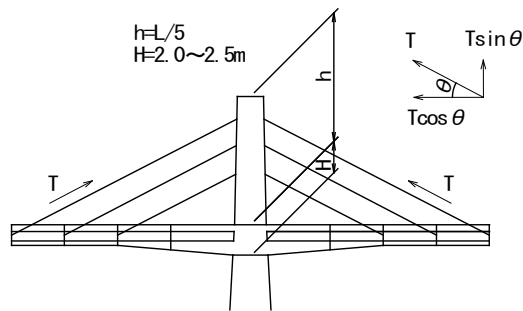
図-2.4.14 アーチ橋

(2) 大偏心外ケーブル形式

PC 桁は内ケーブルと外ケーブル、両方の併用（内外ケーブル）に分類できる。外ケーブル形式は主桁コンクリートの外部に PC 鋼材を配置して、主桁にプレストレスを与えた構造であり、外ケーブルの形式のうち、特に桁高以上に大偏心させた場合をエクストラドーズド橋という。桁に対して大偏心してケーブルを用いる形式とした斜張橋があるが、(3)1) で述べた主桁を吊材ケーブルで支持する斜張橋とは原理が異なる。外ケーブルを桁高の範囲外に偏心配置することでプレストレスを与えた構造の例として、大偏心外ケーブルのエクストラドーズド橋を以下に示す。吊形式の橋と見極める方法はケーブルの角度であり、吊形式では支間長の 1/5 程度の塔がないと鉛直方向に引張り上げることができない。一方でエクストラドーズド橋では、塔の高さが高いと水平方向の力を効率的に導入することができない。



エクストラドーズドPC橋



余り長橋

図-2.4.15 エクストラドーズド橋の概要図



図-2.4.16 エクストラドーズド橋

(3) 吊形式

i) 斜張橋

主桁や主構など上部構造を塔から延びる吊材ケーブルで直接支持する形式。

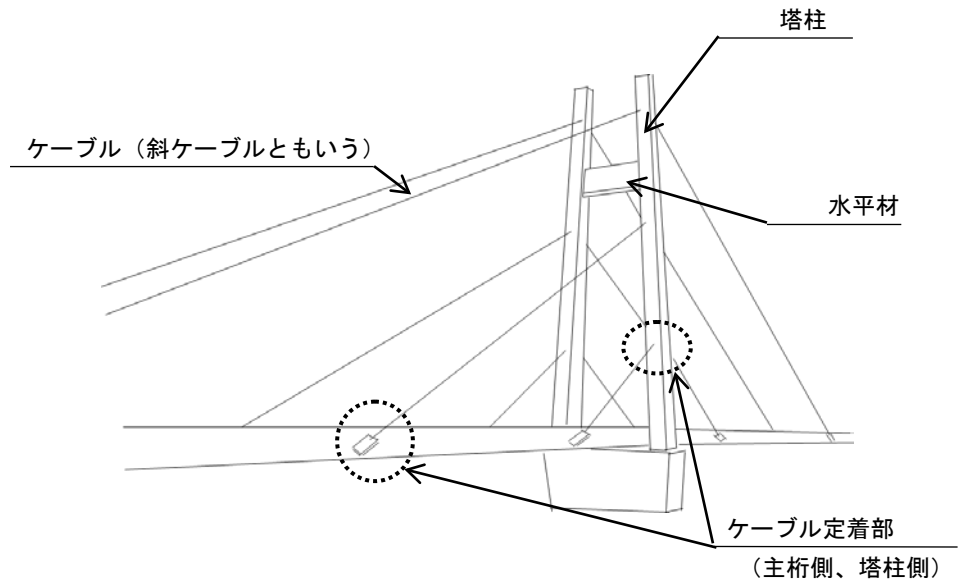


図-2.4.17 斜張橋の概要図



図-2.4.18 斜張橋

ii) 吊橋

塔間に渡したケーブルから桁を懸垂する形式で、懸垂点を支点とする桁の連続構造である。

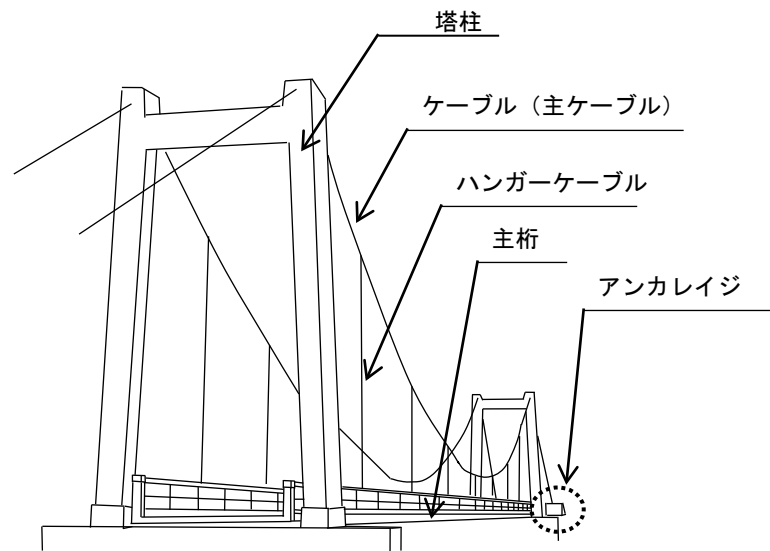


図-2.4.19 吊橋の概要図



図-2.4.20 吊橋

(4) トラス形式

本来は、ヒンジ格点で閉じた骨組構造である。格点をヒンジとして解析モデルを仮定する代わりに、格点自体もヒンジとみなせるような剛性の構造となるように工夫されている。格点が剛（固定）の場合は、厳密にはラーメン構造とすべきであるが、耐荷力設計上格点ヒンジとみなす場合にはトラスに分類する。格点が剛の場合、実際の挙動がラーメンに近くなり設計との乖離が多くなる可能性があることに注意が必要である。トラス橋は、斜材と垂直材の結合形式によって、ワーレントラス、プラットトラス、K トラスなどに分類される（図-2.4.27）。

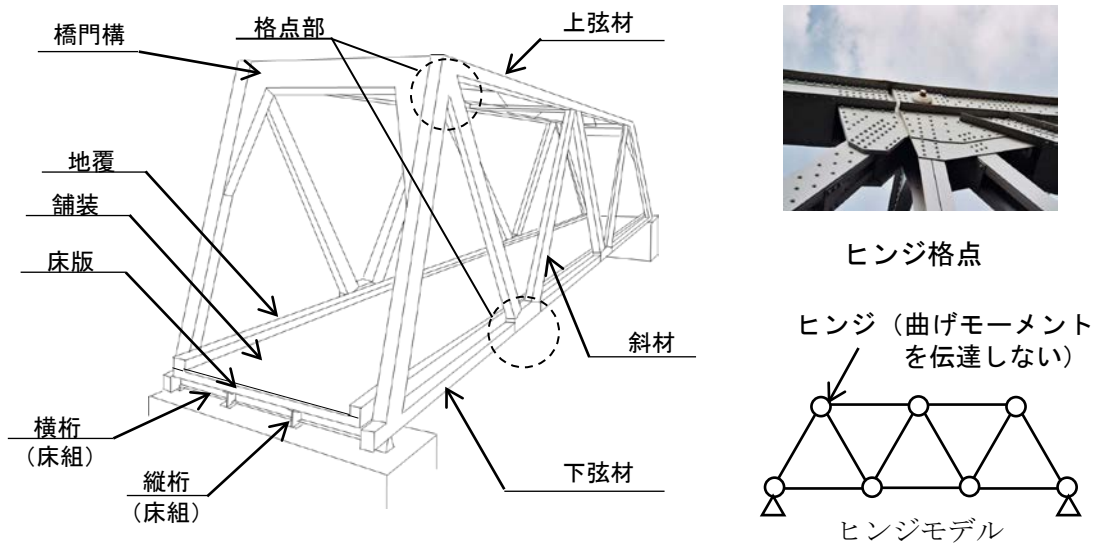


図-2.4.21 トラス橋の概要図

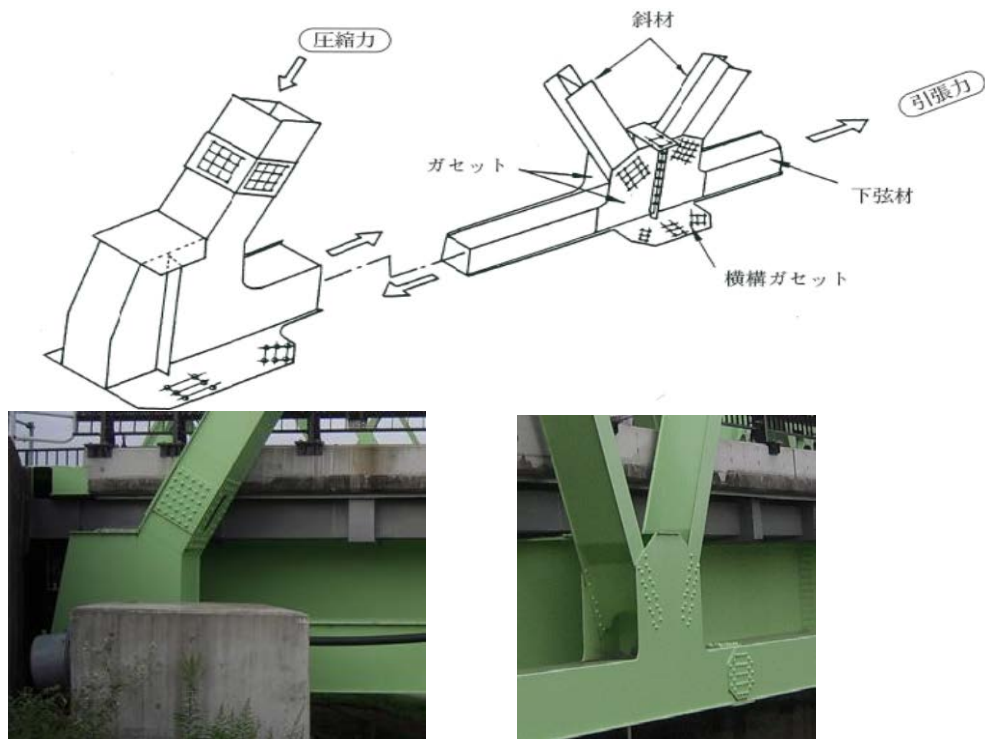


図-2.4.22 格点部の構造概要

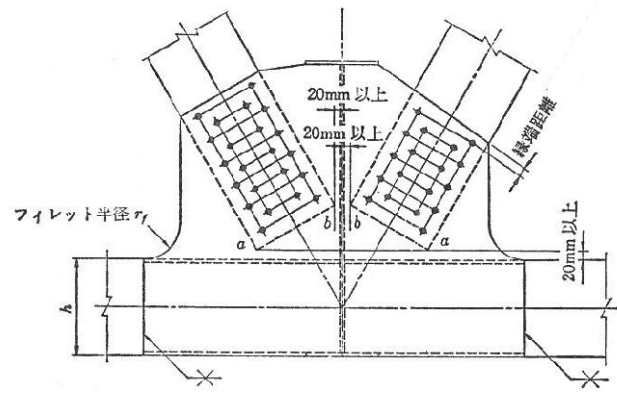


図-2.4.23 格点部の構造詳細の例^{2.4)}

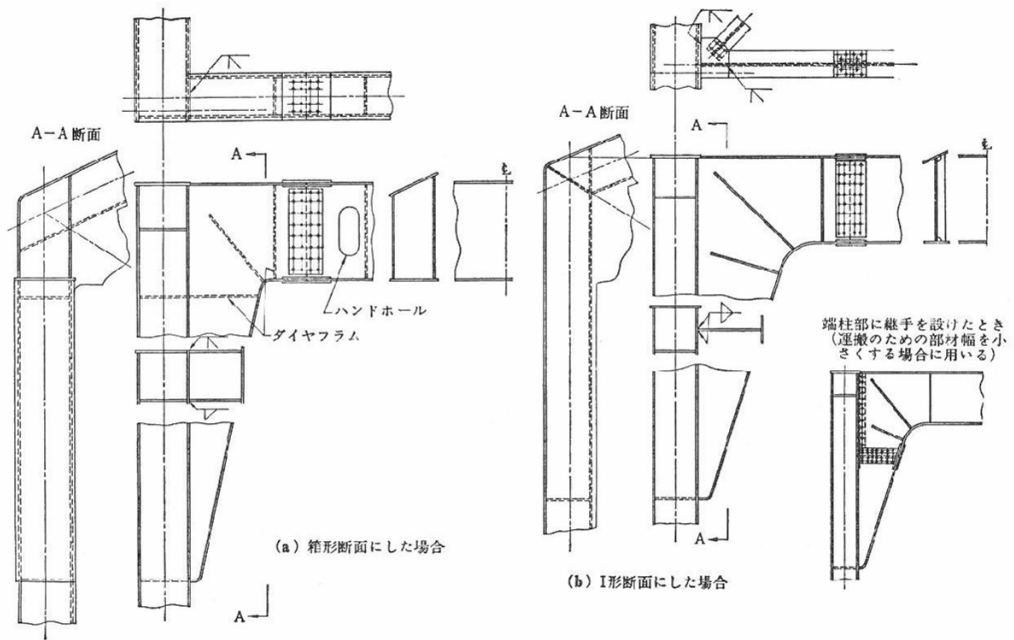


図-2.4.24 橋門構の構造詳細の例^{2.4)}

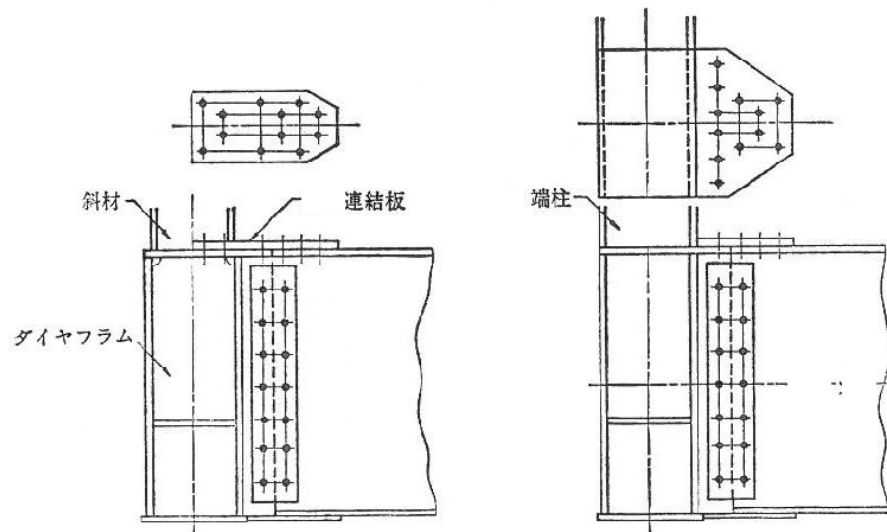


図-2.4.25 横桁（床組）と主構トラス格点部との連結構造の例^{2.4)}



図-2.4.26 トラス橋

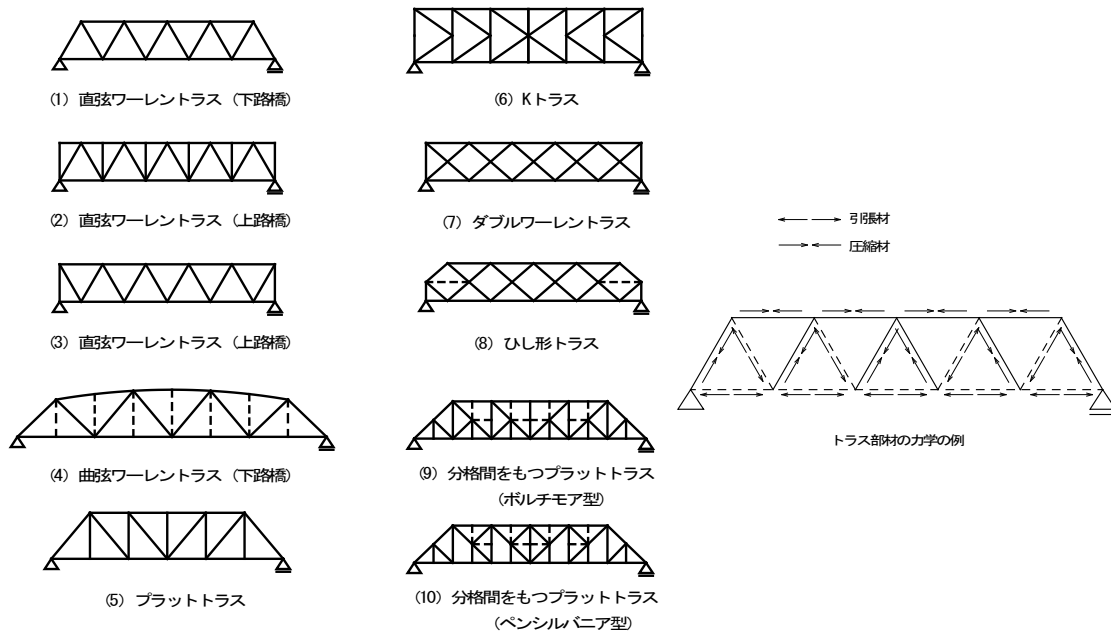


図-2.4.27 鋼橋によく用いられるトラスの結構形式^{2.4)}

・直弦ワーレントラス

簡潔な構造形態をもつことと、製作も容易で鋼重も軽いことから実績も多い。

・曲弦ワーレントラス

直弦ワーレントラスに比べて鋼重を減少させることはできるが、製作、架設が若干複雑になるためあまり用いられなくなっている。

・プラットトラス

支間中央部を除き、部材長の長い斜材が引張部材となり、垂直材が圧縮部材となるため効率がよい結構形式ではあるが、垂直材のないワーレントラスに比べると一般的に鋼重は多くなる。

・Kトラス

支間長が長くなると、トラス高さを大きくしなければならない。それに伴い格間長が長くなり、圧縮弦材断面が大きくなる。

・ダブルワーレントラス

ワーレントラスを二重にして重ね合わせた形式であり、支間が長い場合に有利である。

・ひし形トラス

基本的にはダブルワーレントラスと同じ形式である。支間長が長い場合に有利である。

・分格点をもつトラス

格間長を短くし、さらに弦材や腹材の座屈長を短くする形式として用いられる。

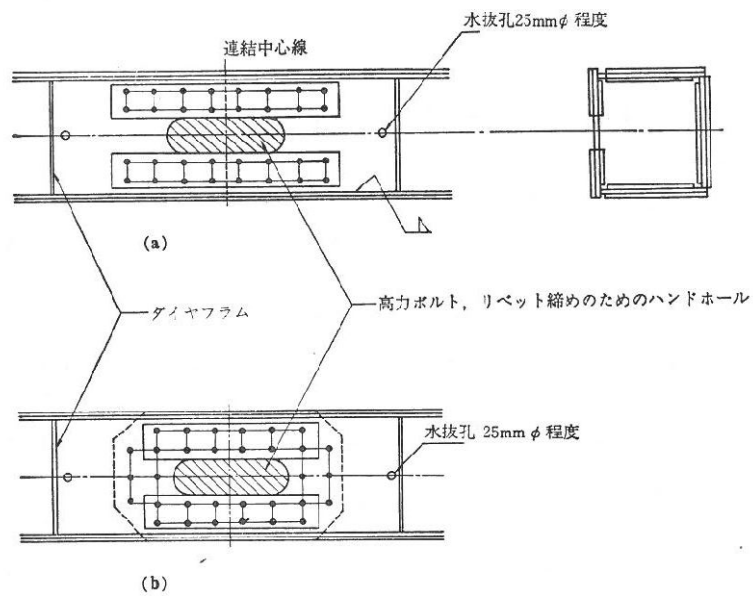
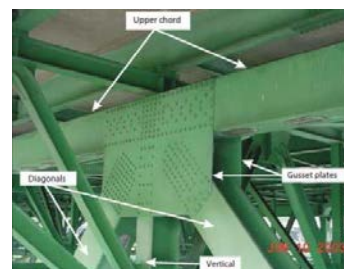
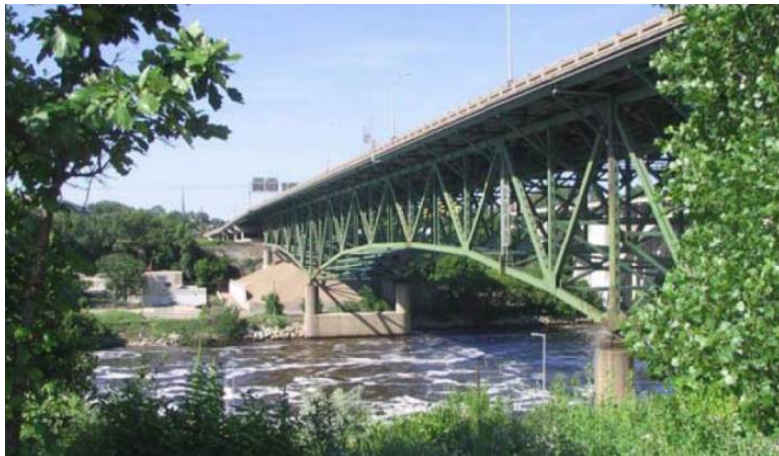


図-2.4.28 鋼トラス橋弦材の連結部に設置するハンドホールの例^{2.4)}

《メモ》

① トラス格点部の破壊から落橋に至った事例^{2,3)}

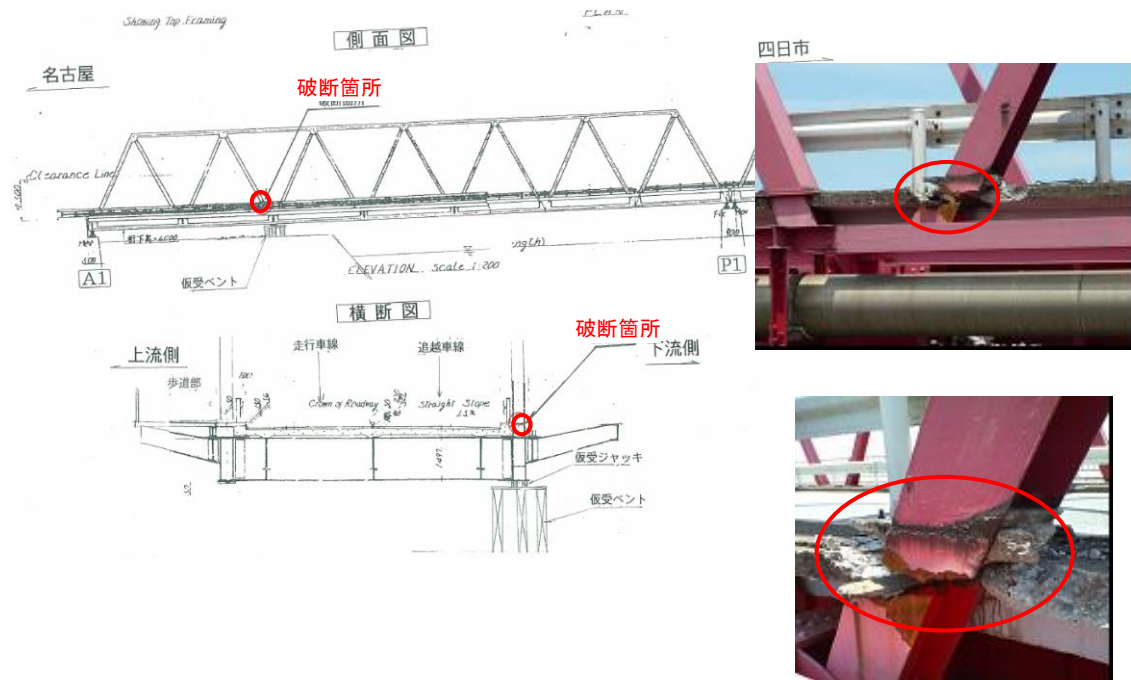
2007年に生じたミネソタ州のI-35W橋の落橋は、格点のガセットプレートに原因があると言われていた。



出典：米国国家運輸安全委員会 道路に関する事故報告書 I-35W 橋の崩落

② トラス斜材のコンクリート埋め込み部の破断から交通規制に至った例

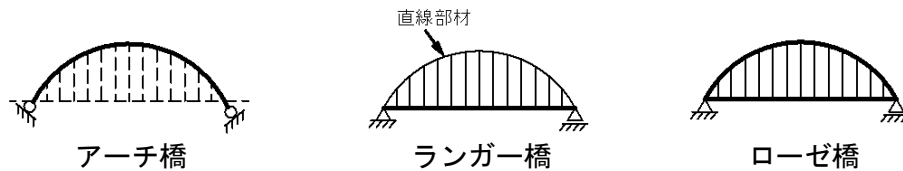
2006年に生じた木曾川大橋のトラス斜材の破断は、コンクリート埋め込み部であったため、外観目視で発見することが困難であった。



(5) アーチ形式

アーチとは、上向きに曲がった弓形状のはり部材で、両支点は固定又はヒンジで形成され、主として軸方向圧縮力で荷重に抵抗する構造をいう。これを主構として用いる橋をアーチ橋という。

アーチ橋は、アーチリブ、支柱、補剛桁から構成される主構造が、トラス橋と同様に、縦桁又は横桁から構成される床組を介して床版を支持する。アーチ形式は、その部材の特性によりアーチ橋、ランガー桁橋、ローゼ桁橋などに大別される。アーチ橋はアーチリブを曲げ、せん断、軸力部材として設計されるもの、ランガー桁橋はアーチリブを軸力、補剛桁を曲げ、せん断、軸力部材として設計されるもの、ローゼ桁橋はアーチリブ・補剛桁を曲げ、せん断、軸力部材として設計されるものである。ランガー橋のアーチ部材は、吊り材間で曲線ではなく直線部材となっているものが多い。



※骨組線の太い実線は曲げとせん断と軸力に抵抗、細い実線は軸力に抵抗、破線は床組からの荷重だけを支持

図-2.4.29 アーチ橋の分類

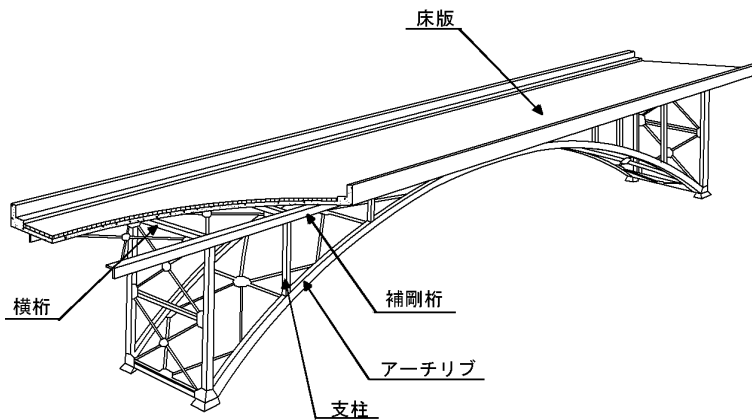


図-2.4.30 アーチ橋の概要図



(固定)



(ヒンジ)

図-2.4.31 固定・ヒンジの例



図-2.4.32 上路式アーチ橋

《メモ》
 ①ヒンジ：水平方向と鉛直方向の変位を拘束し、回転は可能である。
 ②固定：水平方向、鉛直方向、回転のすべての変位を拘束。



図-2.4.33 中路式アーチ橋



図-2.4.34 下路式アーチ橋



図-2.4.35 鋼アーチ橋格点部

(6) ラーメン形式

格点を剛結として組み合わせた骨組構造である。ラーメン橋には図-2.4.36に示す複数の種類がある。

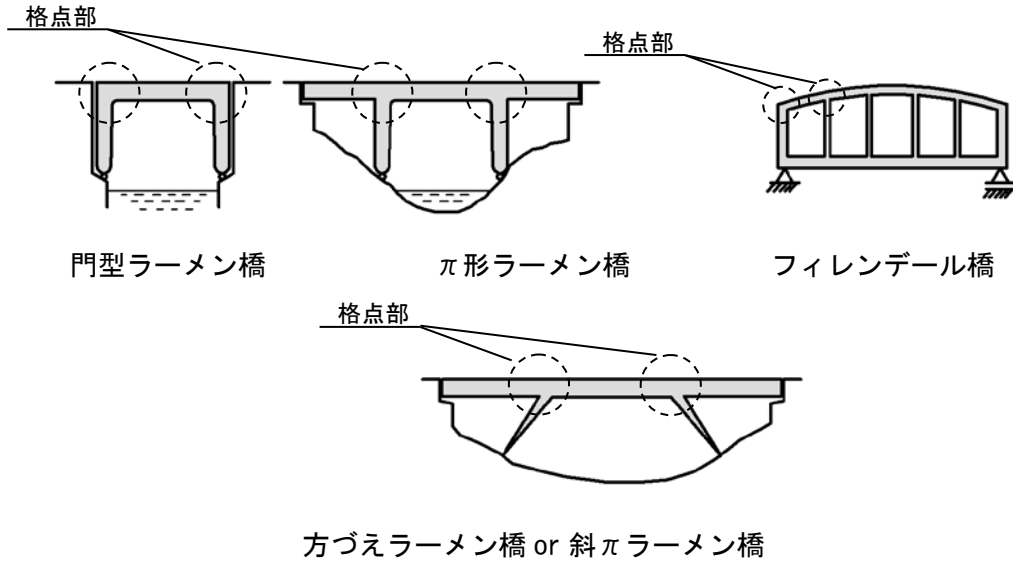


図-2.4.36 ラーメン橋の種類

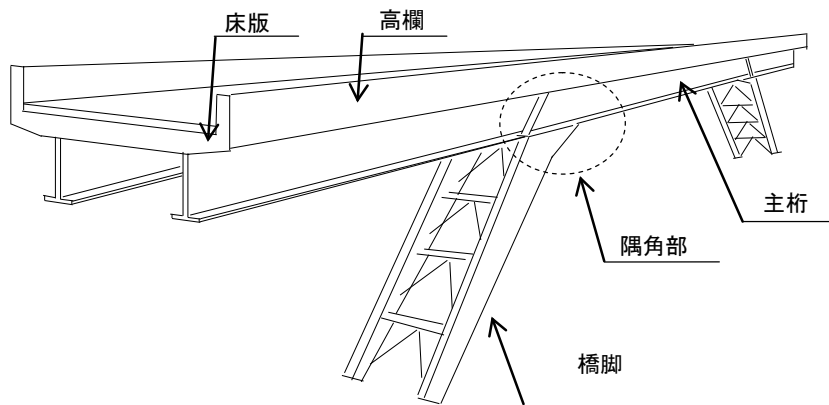


図-2.4.37 ラーメン橋の概要図 (方づえラーメン橋)



図-2.4.38 ラーメン橋 (方づえラーメン橋)



図-2.4.39 ラーメン橋隅角部

2.4.4 桁形式の橋に対する主桁の断面形状による分類

(1) 鈹桁（開断面）

I形断面の桁を並列し、その上に床版をのせる構造の橋梁で、鈹桁の中では最も採用事例が多い形式である。鈹桁、桁橋又はプレートガーダー等、様々な呼び名がある。床版には鋼床版以外にコンクリート床版、鋼コンクリート合成床版などが使われる。

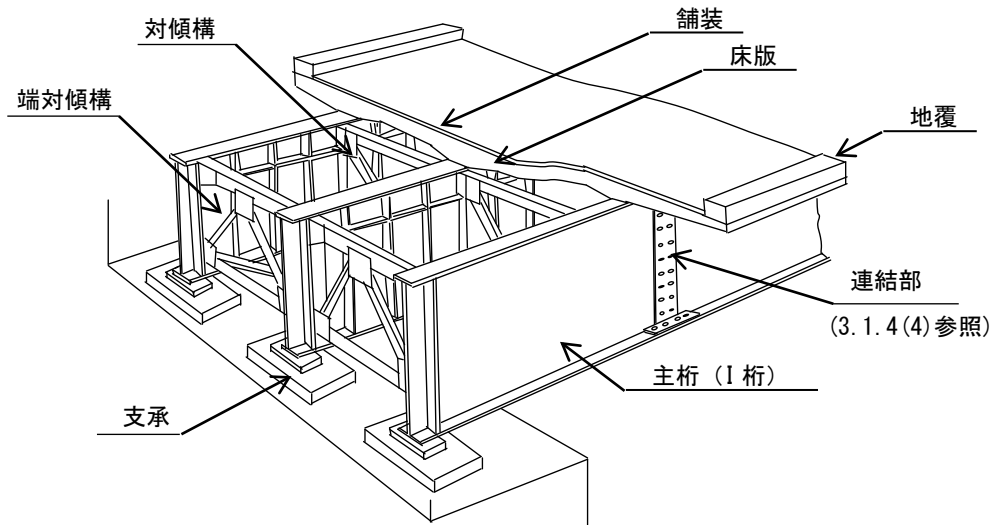


図-2.4.40 鈹桁橋の概要図



図-2.4.41 鈹桁橋

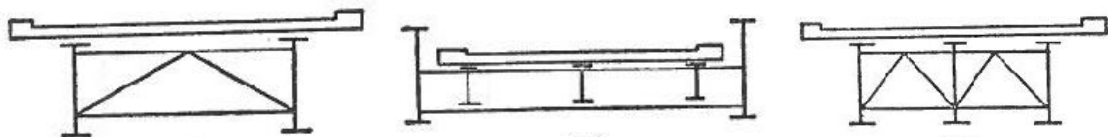


図-2.4.42 鈹桁橋の桁配置の例^{2.4)}

(2) 箱桁（閉断面）

i) 鋼箱桁

箱形に併合した断面の桁の上に床版をのせる構造。特に幅の小さな箱を用いた多主箱桁を細幅箱桁ということがある。2室以上となると横桁等で一体化する。箱内には適当なピッチでダイアフラムを入れ、ねじれ剛性を確保する。床版には鋼床版以外にコンクリート床版、鋼コンクリート合成床版などが使われる。

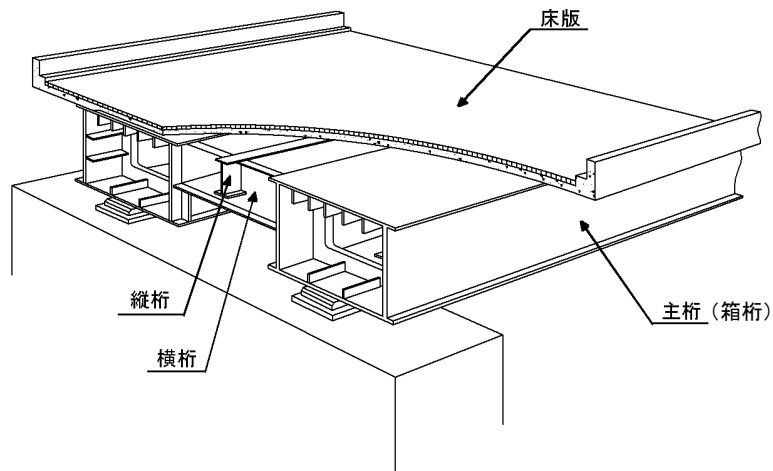


図-2.4.43 鋼箱桁橋の概要図



鋼箱桁内部断面

図-2.4.44 鋼箱桁橋

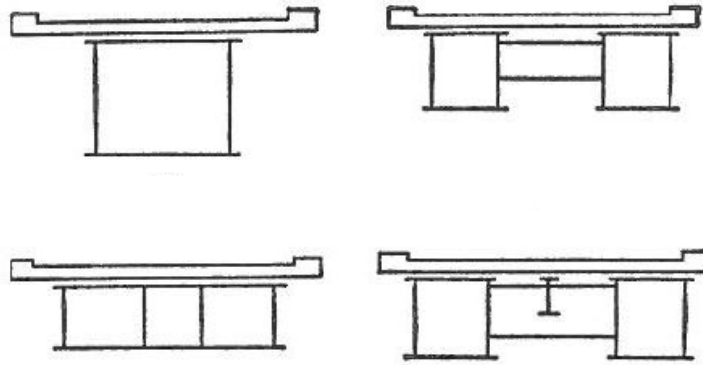


図-2.4.45 鋼箱桁橋の桁配置の例^{2.4)}

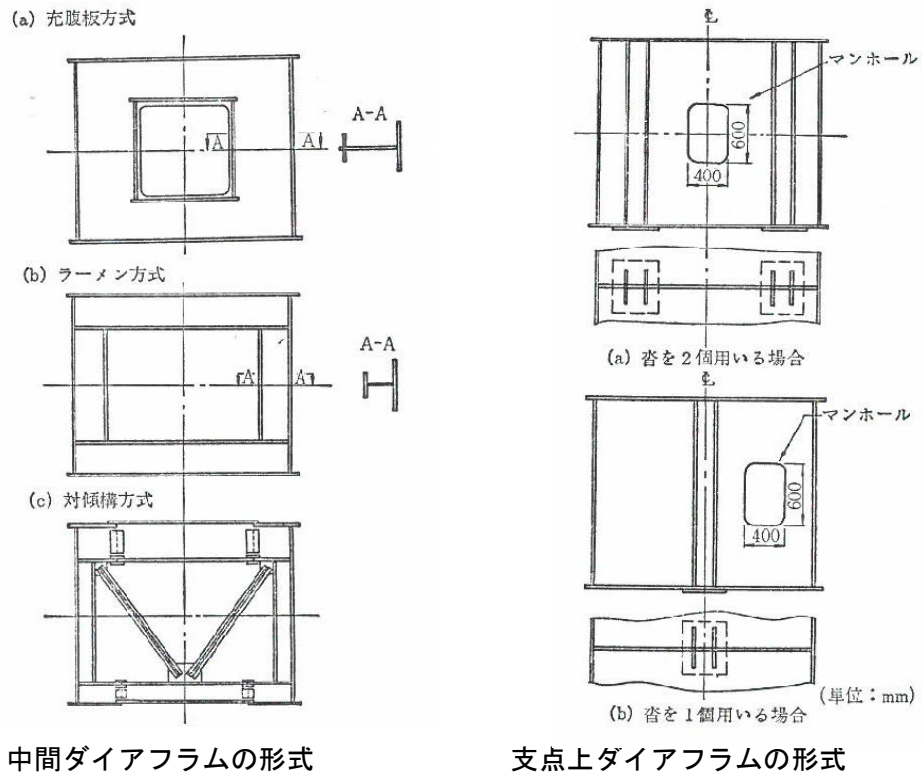


図-2.4.46 鋼箱桁橋内部に配置するダイアフラムの形式の例^{2.4)}

ii) コンクリート箱桁

上フランジ、下フランジ及び2本以上のウェブから構成された箱形断面の桁と張出し床板からなる構造。コンクリートの場合床版と桁で一体的に施工されることが多い。

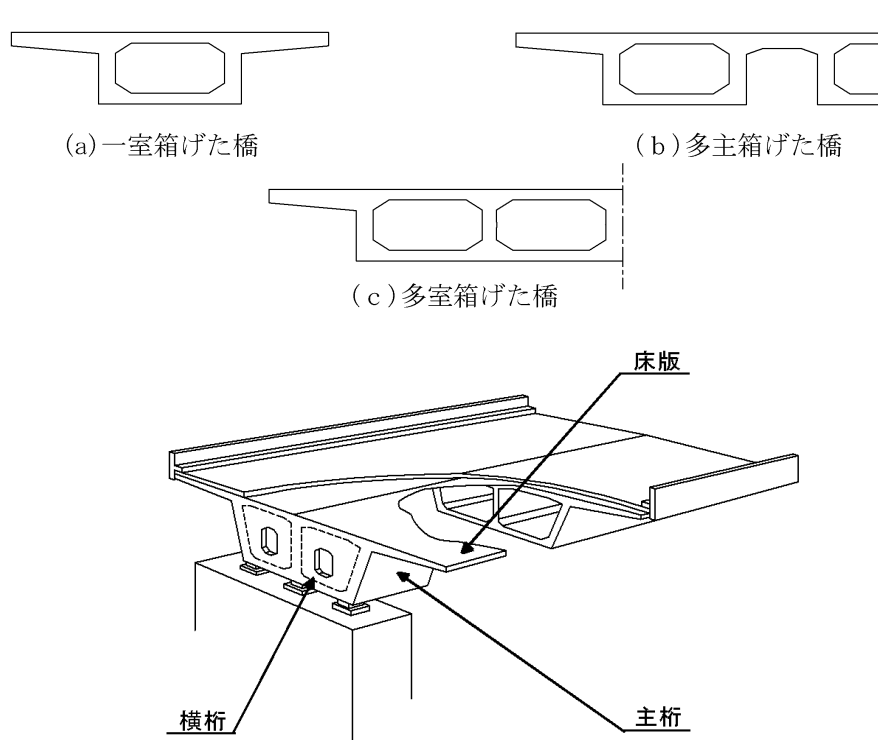


図-2.4.47 コンクリート箱桁橋の概要図



図-2.4.48 PC箱桁橋

コンクリート断面で高さや厚さの急変する部分には応力緩和のためハンチが設けられ、ハンチに沿った補強筋が配筋される

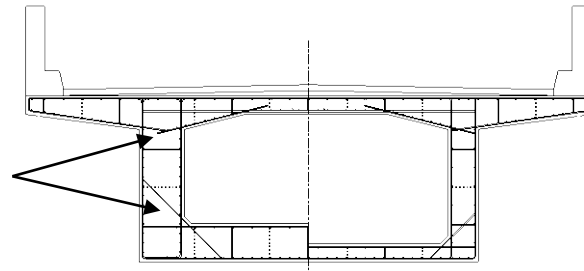


図-2.4.49 コンクリート箱桁の配筋の例

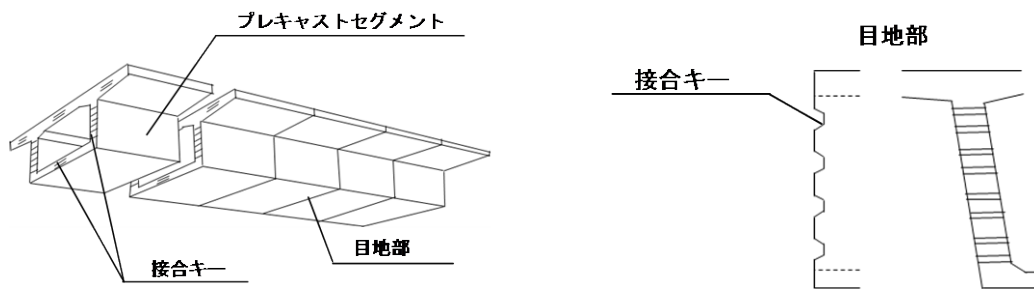


図-2.4.50 プレキャストセグメント構造 (PC 箱桁橋) の概要図



図-2.4.51 プレキャストセグメント構造 (PC 箱桁橋)

プレキャストセグメントの接合部には図-2.4.52 に示すような接合キーが設けられる。接合キーはせん断力が集中する箇所であり、応力集中が大きいので、その他の一般部に対して補強鉄筋を配置するなど、鉄筋が密に配筋される。

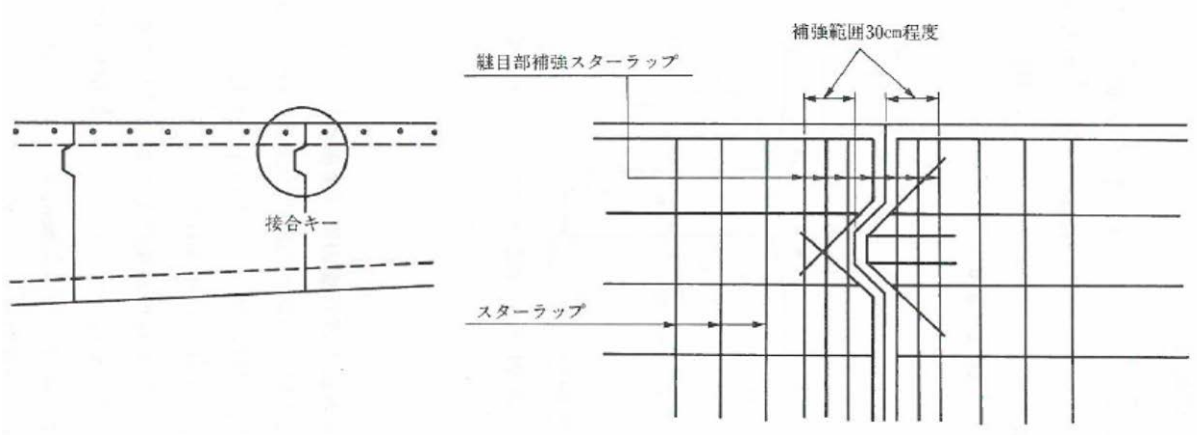


図-2.4.52 接合部の補強鉄筋の例（箱桁橋）^{2.5)}

(3) T 桁

i) プレテンション方式 PCT 桁橋

プレテンション方式 PCT 桁橋は、工場製作の T 形の断面を有する複数のプレキャスト主桁を並べた構造である。プレテンション方式 PCT 桁橋は、昭和 35 年に JIS で制定されて平成 3 年に JIS が改定の前後で断面形状や適用支間長が異なっている。橋梁点検の際には、架設年度や断面構成等に留意する必要がある。

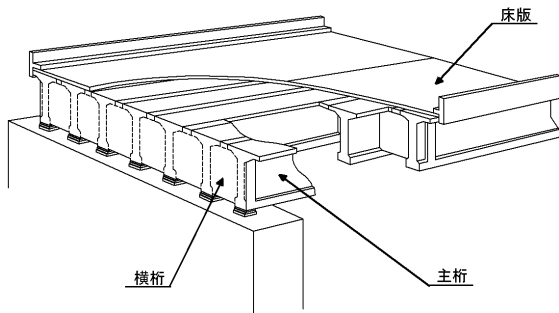


図-2.4.53 プレテンション方式 PCT 桁橋



図-2.4.54 PCT 桁橋 (外ケーブル補強)

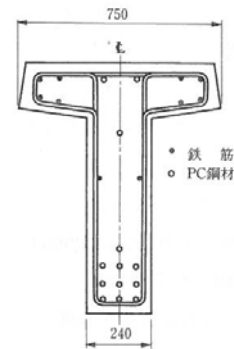


図-2.4.55 プレテンション T 桁の配筋例^{2.5)}

ii) ポストテンション方式 PCT 桁橋

ポストテンション方式の PCT 桁橋は、現場製作の T 桁を並べた構造である。ポストテンションの T 桁は建設省 (現国土交通省) が標準設計 (土木構造物標準設計 13~16 巻 (平成 6 年 3 月)) を制定していた。

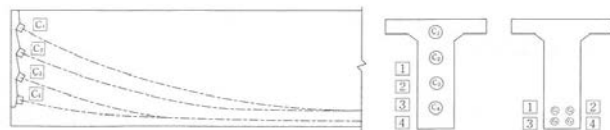
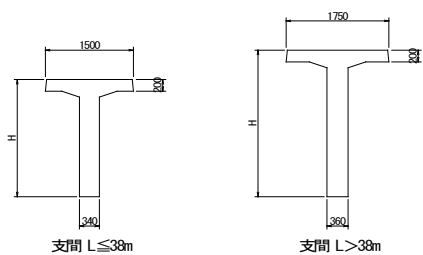


図-2.4.56 ポストテンション方式 PCT 桁橋

2.4.5 版形式の橋に対する版の断面形状による分類

(1) 充腹（充実）

i) RC 床版橋

RC 床版橋は、主方向、横方向ともに鉄筋コンクリート構造から構成された形式であり、現場で型枠を組みコンクリートを打設して製作する。実績では支間長 10m 程度以下が充実断面で、10m を超えると中空断面が用いられている。

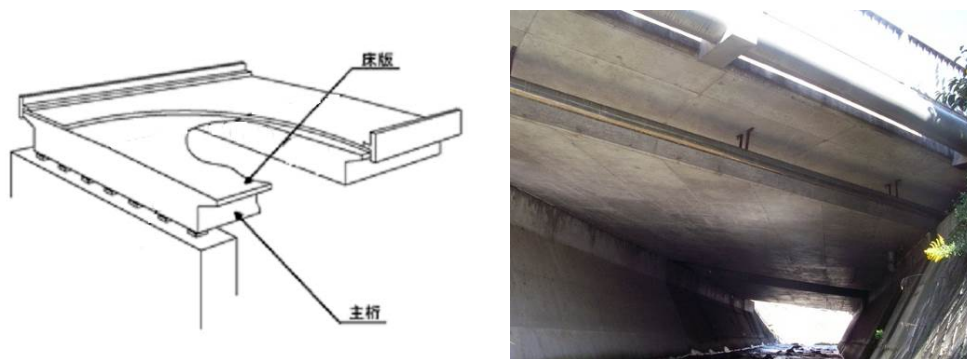


図-2.4.57 床版橋

ii) プレテンション方式床版橋

プレテンション方式床版橋は、工場製作のプレキャスト主桁を並べ、これを横締め PC 鋼材で一体化した構造である。横締めとは、主方向（橋軸方向）と直角方向に PC 鋼材で一体化することである。実績では支間長 11m 程度以下が充実断面で、11m を超えると中空断面が用いられている。

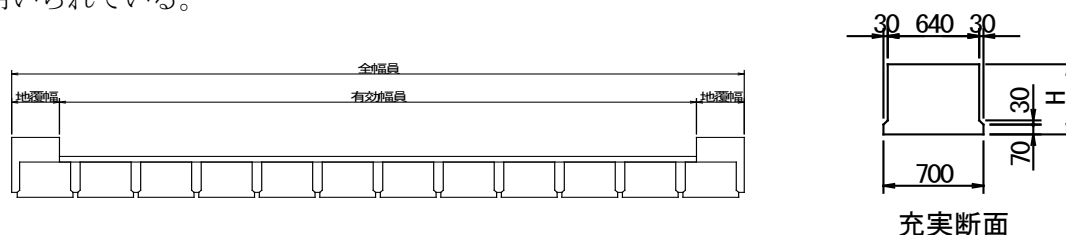


図-2.4.58 プレテンション方式床版橋

(2) 中空

i) ポストテンション方式中空床版橋

ポストテンション方式中空床版橋は自重低減のために床版橋の断面構成を中空断面とした形式であり、現場で型枠を組みコンクリートを打設して製作する。

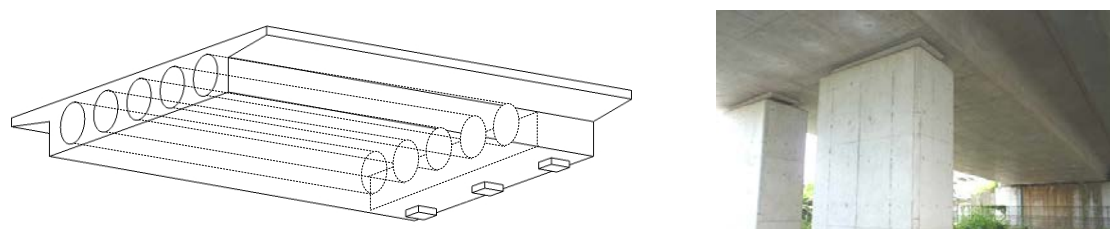


図-2.4.59 ポストテンション方式中空床版橋

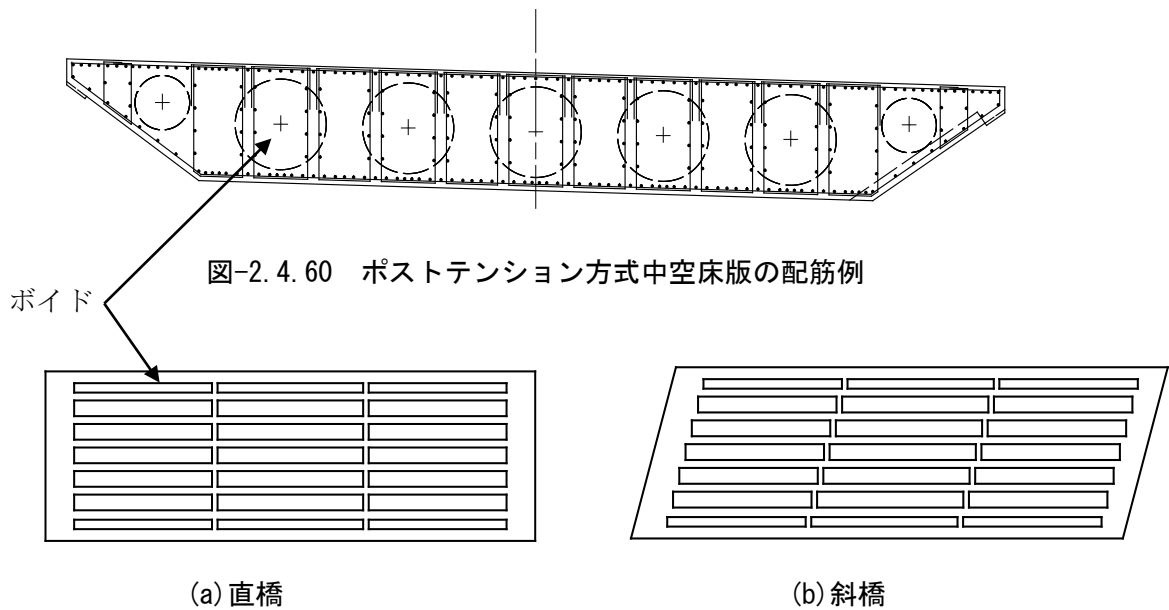


図-2.4.60 ポストテンション方式中空床版の配筋例

ボイド

(a) 直橋 (b) 斜橋
図-2.4.61 ポストテンション方式中空床版のボイド配置例

ii) プレテンション方式中空床版橋

プレテンション方式床版橋は、工場製作の中空断面を有する複数のプレキャスト主桁を並べ、これを横締めPC鋼材で一体化した構造である。

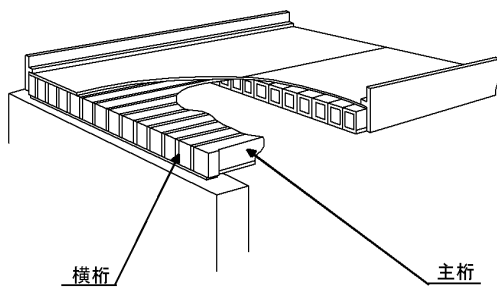
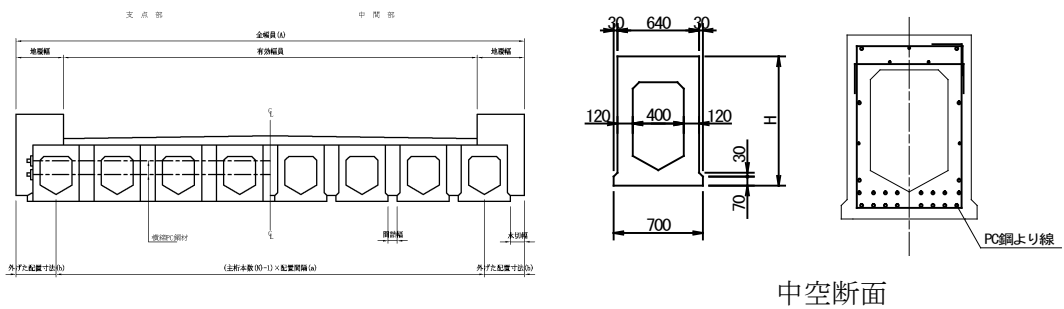


図-2.4.62 プレテンション方式中空床版橋

2.4.6 床版の扱いによる橋の分類

(1) 合成桁

コンクリート床版が鋼桁と一体となって桁フランジとしても働くように、桁の全長にわたって合成された桁。床版と鋼桁のずれ止めも床版が桁の一部となるように設計されている。

(2) 非合成桁

コンクリート床版と鋼桁は、密着するように結合されるが、床版が桁の一部として合成されて働くようには設計・施工されていない桁を非合成桁という。

2.4.7 床版の種類による分類

(1) コンクリート床版

コンクリート床版には、鉄筋コンクリート床版、プレストレストコンクリート床版があり、それぞれ現場でコンクリート打設する場所打ち床版、工場で製作されるプレキャスト床版がある。

(2) 合成床版（鋼コンクリート合成床版）

鋼コンクリート合成床版は、鋼板や形鋼等の鋼部材とコンクリートが一体となって荷重に抵抗するよう合成構造として設計・施工される床版である。

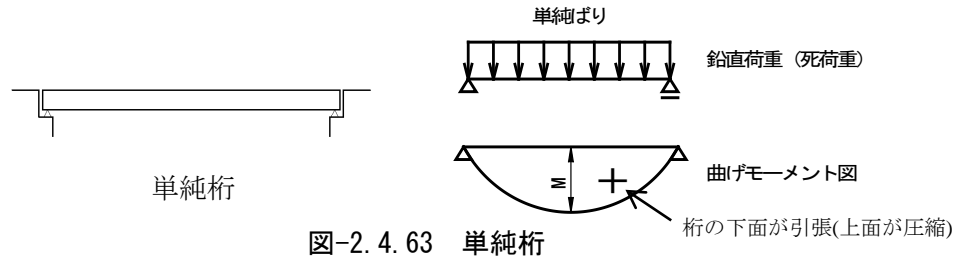
(3) 鋼床版

鋼床版は、デッキプレートと呼ばれる鋼板を、縦方向と横方向に配置したリブによって補剛したもので、縦桁や床桁又は主桁の腹板によって支持される床版である。

2.4.8 桁の支持方法による分類

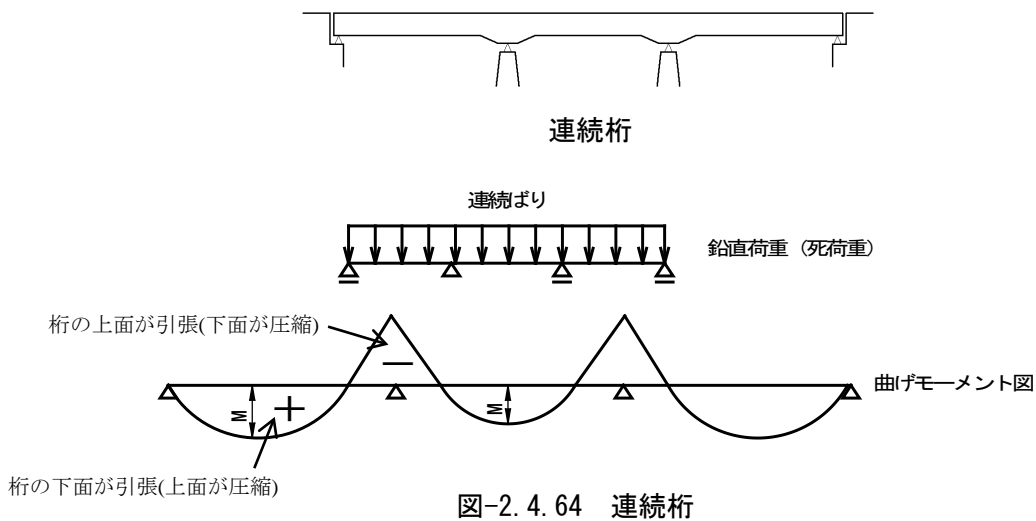
(1) 単純桁

2つの支点で上部構造が支持されたもので、上部構造が独立しており支点での曲げモーメントはゼロとなる。



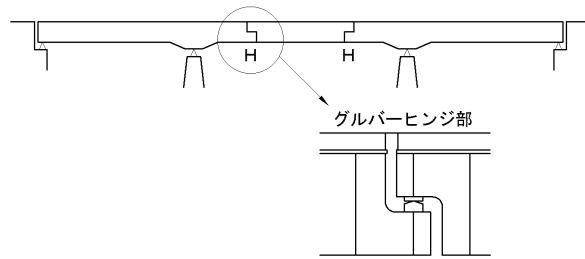
(2) 連続桁

3つ以上の支点で一連の上部構造が支持されたもので、中間支点では上面が引張となり負の曲げモーメントが発生する。

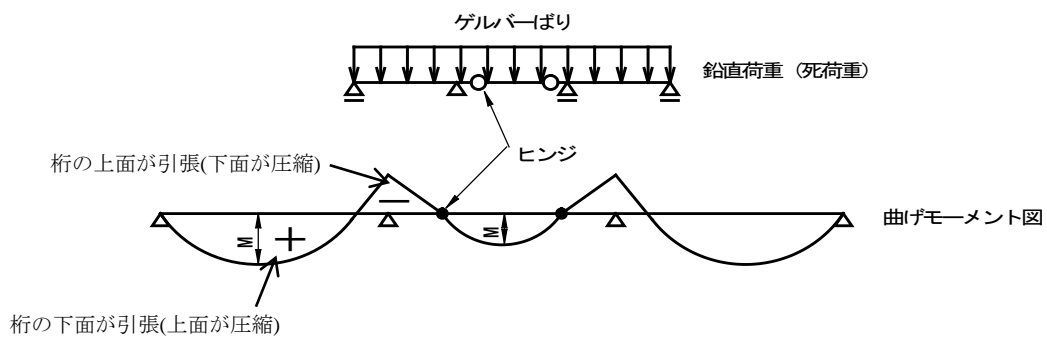


(3) ゲルバー桁

(2) で支点部でない位置で上部構造にヒンジを設けた構造。



ゲルバー桁



ゲルバー部

図-2.4.65 ゲルバー桁

参考文献

- 2.1) Commission of inquiry into the collapse of a portion of the de la Concord Overpass (Report)、
2007.10 Government du Québec
- 2.2) 道路橋の定期点検に関する参考資料 (2013年版) 平成25年7月 国土技術政策総合研究所
- 2.3) 道路に関する事故報告書 2007年8月 国家運輸安全委員会
- 2.4) 鋼道路橋設計便覧 昭和54年2月 (社) 日本道路協会
- 2.5) コンクリート道路橋設計便覧 平成6年2月 (社) 日本道路協会
- 2.6) 道路橋床版防水便覧 平成19年3月 (社) 日本道路協会
- 2.7) 鋼橋の疲労 平成9年5月 (社) 日本道路協会
- 2.8) 道路橋支承便覧 平成16年4月 (社) 日本道路協会
- 2.9) 道路橋示方書・同解説IV下部構造編 平成24年3月 (社) 日本道路協会
- 2.10) 既設道路橋の耐震補強に関する参考資料 平成9年8月 (社) 日本道路協会
- 2.11) 解説・河川管理施設等構造令(財)国土開発技術研究センター編 平成11年11月 (社) 日本河川
協会
- 2.12) 杭基礎設計便覧 平成19年1月 (社) 日本道路協会
- 2.13) 鋼道路橋防食便覧 平成26年3月 (公社) 日本道路協会
- 2.14) 防護柵の設置基準・同解説 平成20年1月 (社) 日本道路協会

3. 橋の設計の基本と基準の変遷

3.1 橋の設計

3.1.1 法律、基準

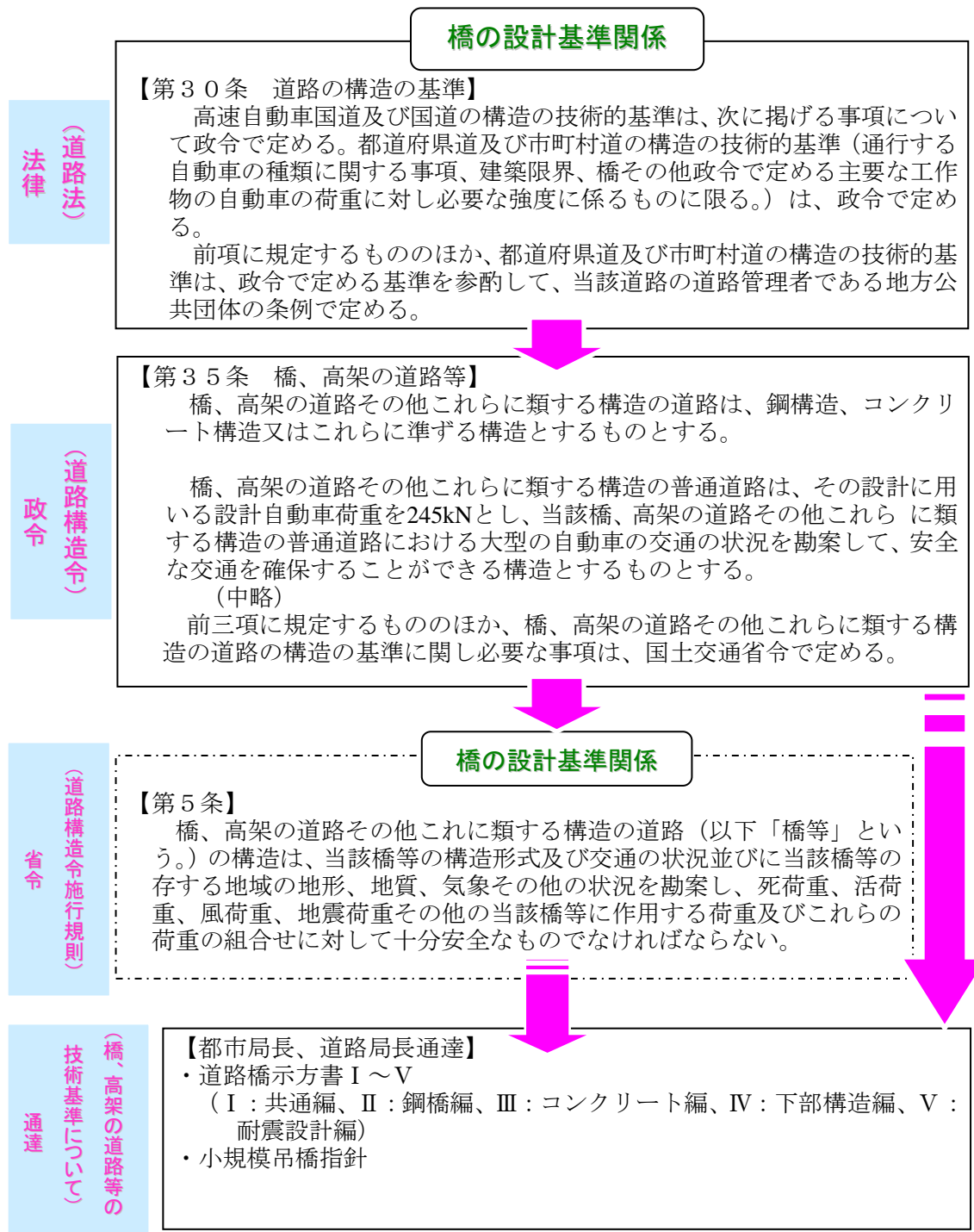


図-3.1.1 道路橋の技術基準の体系

3.1.2 使用材料

(1) 機械的性質に関する用語の説明

- 弾 性：外力(応力)の増加により生じた変形(ひずみ)が、その外力(応力)を取り除いた場合に消失し、原型に戻る材料の性質をいう。
- 塑 性：外力(応力)の増加により生じた変形(ひずみ)が、その外力(応力)を取り除いた場合に消失せず、原型に戻らない材料の性質をいう。この時の変形(ひずみ)を塑性変形(塑性ひずみまたは永久ひずみ)という。
- 降 伏：外力(応力)の増加により弾性状態から塑性状態になることをいう。
- じ ん 性：材料のねばり強さをいい、その破壊が十分な変形を伴って生じる場合をじん性が高いという。
- 疲 労：構造物が繰り返し荷重を受け、その繰り返し荷重によって生じる応力が静的破壊を生じる荷重より低い応力であっても、構造物が機能を失うことをいう。
- ひずみ硬化：構造物が塑性変形するとき、変形の度合いが増すにつれて変形に対する抵抗が増大する現象をいう。

(2) 鋼材

i) 特性

鋼材は、単位体積重量は大きい(比重 7.85)ものの、引張強度が高くかつ延性に富み、一般に鋼板や形鋼などに加工し、それらを単独あるいは組み合わせて部材にして使用される。鋼材は製鋼時に様々な元素を加える、熱処理を行うなどにより欠点を補い、硬さ、強さ、ねばりなどの機械的性質が調整される。

溶鉱炉で鉄鉱石を還元して銑鉄を作る。作られた銑鉄から、まだ残留している不純物や高炉内で取り込んだ炭素分を取り除き、必要な合金元素を添加することで製鋼される。昭和 40 年以前は、製鋼炉で精錬された溶鋼を鑄型に入れて鋼塊にされた後、再加熱してスラブ、ブルーム、ビレットと呼ばれる鋼に分塊し、鋼板、形鋼、棒鋼などに加工される方法が主流であった。現在は、鑄型で造塊せず、溶鋼から直接スラブ、ブルーム、ビレットなどの半製品を作る連続鑄造法が主流となっている。

連続鑄造法が確立する昭和 40 年以前の鋼材は、製造過程の脱酸(不純物の除去)程度により、キルド鋼、リムド鋼、セミキルド鋼の 3 種類に分類される。これらの鋼材では、硫黄(S)やリン(P)などの不純物に起因するラミネーション、ラメラテア、サルファ割れ等の欠陥が報告されている。ラメラテア、サルファ割れは、鋼材における硫黄(S)やリン(P)などの不純物の偏析が要因であるため、竣工年の古い既設橋では、溶接施工を極力避けるように留意する必要がある。

以下に橋梁で使用される J I S 鋼材の代表的な機械的及び化学的特性を示す。

《メモ》

ラミネーション：鋼材に含まれる硫黄等の不純物が熱応力を受け、開裂する現象のこと。

ラメラテア：十字継手、T継手、角継手などの板厚方向に引張応力を受ける溶接継手で鋼板表面に平行な割れが発生する現象のこと。

サルファ割れ：硫黄偏析が層状に圧延され(サルファバンド)、溶接金属内に柱状晶境界に沿って粒界割れが発生する現象のこと。

《メモ》

道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編^{3.1)}で規定している一般構造用圧延鋼材及び溶接構造用圧延鋼材、並びに溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材の化学成分の制限値を下表に示す。

表-解 1.6.3 一般構造用圧延鋼材及び溶接構造用圧延鋼材、並びに溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材の化学成分

鋼種	化学成分 (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	その他
SS400		-	-	-	0.050 以下	0.050 以下	-	-	-	-
SM400	A	0.23 以下	-	2.5×C 以上	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
	B	0.20 以下	0.35 以下	0.60～ 1.50	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
	C	0.18 以下	0.35 以下	0.60～ 1.50	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
SMA400 AW・BW・CW		0.18 以下	0.15～ 0.65	1.25 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.30～ 0.50	0.45～ 0.75	0.05～ 0.30	各鋼種とも耐候性に有効な元素のMo, Nb, Ti, Vを添加してもよい。 ただし、これらの元素の総計は0.15%を超えないものとする。
SM490	A	0.20 以下	0.55 以下	1.65 以下	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
	B	0.18 以下	0.55 以下	1.65 以下	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
	C	0.18 以下	0.55 以下	1.65 以下	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
SM490Y A・B		0.20 以下	0.55 以下	1.65 以下	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
SMA490 AW・BW・CW		0.18 以下	0.15～ 0.65	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.30～ 0.50	0.45～ 0.75	0.05～ 0.30	各鋼種とも耐候性に有効な元素のMo, Nb, Ti, Vを添加してもよい。 ただし、これらの元素の総計は0.15%を超えないものとする。
SM520C		0.20 以下	0.55 以下	1.65 以下	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
SM570		0.18 以下	0.55 以下	1.70 以下	0.035 以下	0.035 以下	-	-	-	-
SMA570W		0.18 以下	0.15～ 0.65	1.40 以下	0.035 以下	0.035 以下	0.30～ 0.50	0.45～ 0.75	0.05～ 0.30	各鋼種とも耐候性に有効な元素のMo, Nb, Ti, Vを添加してもよい。 ただし、これらの元素の総計は0.15%を超えないものとする。

ii) 引張強さ・物性

鋼の最も基本的な機械的特性に、応力があるが、一般にひずみと関連させて示す。応力 ($\sigma=P/A$) は引張における荷重 P を鋼材の断面積 A で割った値であり、ひずみ ($\epsilon=\Delta L/L$) は伸び量 ΔL を元の部材長 L で割った無次元量である。その関係は弾性係数 E を用いて $\sigma=E \cdot \epsilon$ という一次式で表示される。

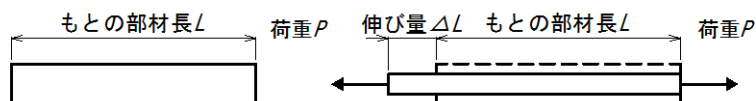


図-3.1.2 荷重 P による部材の伸び量

一般的な鋼の応力とひずみの関係を図-3.1.3 に示す。図-3.1.4 に示すような試験片の両端を引っ張ると、初期の応力とひずみは比例関係(直線)を示す。この関係が成立する限界点を比例限度という。さらに荷重を増加させると除荷しても元の状態に戻らない永久ひずみが残る。この限界を弾性限度といい、弾性限度以降を塑性域という。弾性域における直線の傾きを弾性係数(またはヤング係数)といい、鋼の場合、おおよそ $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ である。さらに引張変形を続けると、応力の値は変化せずにひずみだけ増加する降伏と呼ばれる現象が現れる。降伏以前の最大応力の Y_u 点を上降伏点、上降伏点から応力が下降した Y_l 点を下降伏点という。さらに引張変形を続けると T 点で引張荷重が最大となり、その後 F 点で破断する。この T 点を引張強さという。

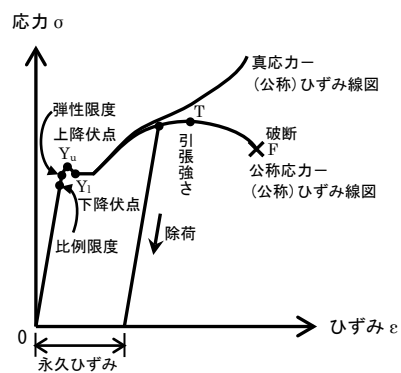


図-3.1.3 軟鋼の応力とひずみの関係

《メモ》

- ・ 比例限度：応力とひずみが直線関係を示す限界点を比例限度という。
- ・ 弾性限度：鋼材に引張力を加えて伸びを生じさせた後に引張力を取り除いたとき、元の長さに戻る応力の範囲を弾性範囲という。この限界点を弾性限度という。
- ・ 上降伏点：鋼材が降伏し始める以前の最大荷重を、原断面積で除した商をいう。
- ・ 下降伏点：上降伏点を過ぎた後のほぼ一定の状態における最小荷重を原断面積で除した商をいう。
- ・ 延性：引張りにより破壊が生じるまでの伸びを示す。
- ・ リラクセーション：材料に一定のひずみを与えたとき、その材料に働く応力が時間とともに減少する現象。

引張強さを確認するための引張試験の実際の状況を以下に示す。

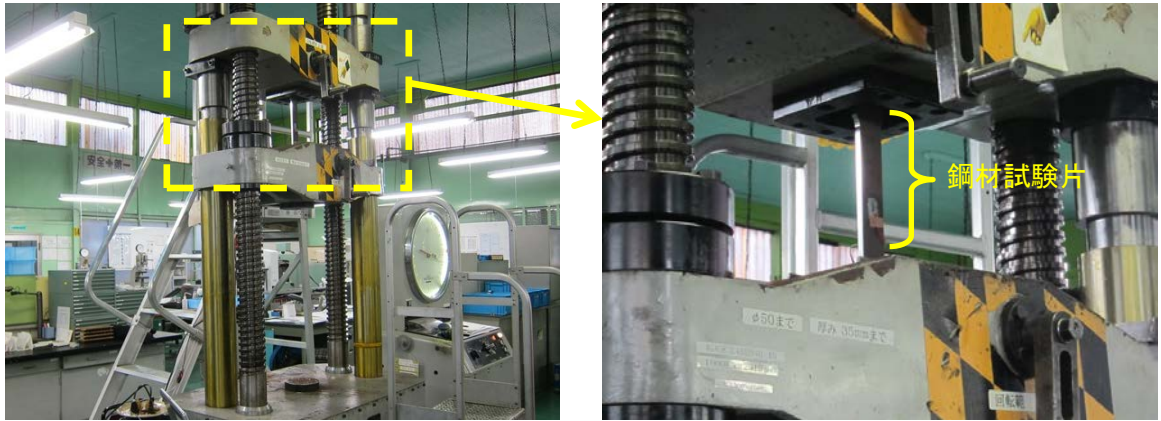


図-3.1.4 鋼材の引張試験の状況

iii) 鋼材の材種

道路橋示方書に示されている JIS 規格の鋼材を表-3.1.1 に示す。道路橋示方書では、使用した鋼材は、橋歴板に記載しなければならないと規定されている。表-3.1.1 に示す鋼材のうち、代表的な鋼材について以下に示す。

表-3.1.1 使用鋼材の例 (JIS 規格)

鋼材の種類	規 格	鋼材記号	
1) 構造用鋼材	JIS G 3101	一般構造用圧延鋼材	SS400
	JIS G 3106	溶接構造用圧延鋼材	SM400、SM490、SM490Y SM520、SM570
	JIS G 3114	溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材	SMA400W、SMA490W SMA570W
2) 鋼 管	JIS G 3444	一般構造用炭素鋼鋼管	STK400、STK490
	JIS A 5525	鋼管ぐい	SKK400、SKK490
	JIS A 5530	鋼管矢板	SKY400、SKY490
3) 接合用鋼材	JIS B 1186	摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット	F8T、F10T
	JIS B 1180	六角ボルト	強度区分4.6、8.8、10.9
	JIS B 1181	六角ナット	強度区分4、8、10
4) 溶接材料	JIS Z 3211	軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用被覆アーク溶接棒	
	JIS Z 3214	耐候性鋼用被覆アーク溶接棒	
	JIS Z 3312	軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用のマグ溶接及びミグ溶接ソリッドワイヤ	
	JIS Z 3315	耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接ソリッドワイヤ	
	JIS Z 3320	耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接フラックス入りワイヤ	
	JIS Z 3351	炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶接ソリッドワイヤ	
	JIS Z 3352	サブマージアーク溶接用フラックス	
5) 鑄鍛造品	JIS G 3201	炭素鋼鍛鋼品	SF490A、SF540A
	JIS G 5101	炭素鋼鑄鋼品	SC450
	JIS G 5102	溶接構造用鑄鋼品	SCW410、SCW480
	JIS G 5111	構造用高張力炭素鋼及び低合金鋼鑄鋼品	SCMn1A、SCMn2A
	JIS G 4051	機械構造用炭素鋼鋼材	S35CN、S45CN
	JIS G 5501	ねずみ鑄鉄品	FC250
	JIS G 5502	球状黒鉛鑄鉄品	FCD400、FCD450
6) 線材 線材二次製品	JIS G 3502	ピアノ線材	SWRS
	JIS G 3506	硬鋼線材	SWRH
	JIS G 3536	PC鋼線及びPC鋼より線	SWPR1、SWPD1、SWPR2 SWPR7、SWPR19
	JIS G 3549	構造用ワイヤロープ	
7) 棒鋼	JIS G 3112	鉄筋コンクリート用棒鋼	SR235、SD295A、SD295B SD345、SD390、SD490
	JIS G 3109	PC鋼棒	SBPR785/1030 SBPR930/1080 SBPR930/1180
8) その他	JIS B 1198	頭付きスタッド	呼び名19、22

①一般構造用圧延鋼材 (JIS G 3101)

一般構造用圧延鋼材は **SS(Steel-Structure)**材と呼ばれ、強度レベルごとに **SS330**、**SS400**、**SS490**、**SS540** がある。数字は保証している引張り強さ(N/mm²)の下限値を表す。

②溶接構造用圧延鋼材 (JIS G 3106)

溶接構造用圧延鋼材は **SM(Steel-Marine)**と呼ばれ、溶接性をとくに考慮し、成分を調整して製造された鋼材である。引張り強さ(N/mm²)により、**SM400**、**SM490**、**SM490Y**、**SM520**、**SM570** の5つに分類される。**SM**材が**SS**材と大きく異なるのは溶接性、化学成分のみでなく、炭素当量や溶接割れ感受性組織が規定されているためである。機械的性質も強さだけでなく、粘りを示すシャルピー衝撃値の規定も追加されている。また、**SM400** から **SM520** の4種類については、記号の末尾に **ABC** が付記される。シャルピー吸収エネルギーの試験温度と延性・脆性挙動の関係は、試験温度が低下するに従って、吸収エネルギーは低下し脆性破面率が増加する傾向にあるため、低温脆性の目安となるシャルピー吸収エネルギーの要求値によるランク(3種類)が規定されている。

③溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材 (JIS G 3114)

溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材(以下、耐候性鋼材)は、**SMA** 材(**Steel-Marine-Atmospheric**)と呼ばれ、溶接構造用鋼材に **Cu**、**Cr**、**Ni** などの合金成分を加えることにより、耐候性を高めたものである。この鋼材には、無塗装耐候性鋼材である **SMA-W** と塗装用耐候性鋼材である **SMA-P** の2種類があるが、無塗装使用される **SMA-W** 材は、さびが発生しないので



図- 3.1.5 耐候性鋼材の使用例

はなく、鋼材表面に緻密なさび層を形成させ、これが鋼材表面を保護することで、これ以降のさびの進展が抑制され、一般構造用圧延鋼材や溶接構造用圧延鋼材等に比べて腐食速度が低下するものである。**SMA-W** 材の使用は、無塗装の裸で使用する場合、緻密なさび層の形成を補助し、架設当初のさびむらやさび汁の流出を抑制するため、表面処理剤を塗布する場合がある。道路橋示方書では、裸使用される **SMA-W** 材のみ規定されている。

耐候性鋼材において重要である緻密なさび層の形成の条件は、大気中の塩分及び亜硫酸ガスの量が少ないこと、継続的に湿潤状態でなく乾湿が繰り返される環境であることが挙げられる。

④鋳鍛造品

鋳鍛造品は、支承のほか排水装置、防護柵、伸縮装置等に使用されている。鋳鋼品の代表的な製品例として、鋼製支承の上杓・下杓などの支承本体がある。従来は、炭素鋼鋳鋼品 (**SC** 材)、低マンガン鋼鋳鋼品 (**SCMn** 材)、溶接構造用鋳鋼品 (**SCW**) などが使用されてきたが、平成7年兵庫県南部地震において、鋳鋼品を主体とする鋼製支承の多くが被害を受けたことにより、衝撃値を保証した材料を使用するようになってきている。現在では溶接構造用鋳鋼品 (**SCW**) に焼きならし熱処理を施した (**SCW-N**) を使用している。

iv) 鋼材の種類

鋼材の種類には、鋼板、鋼管のほか、鉄筋などに使用される棒鋼、鋼構造の部材または部材の一部として使用される形鋼、ケーブルとして使用される線材などがある。

(3) ケーブル

ケーブルはPCケーブル(PC鋼線、PCより線)及び構造用ワイヤロープ(ストランドロープ、スパイラルロープ、ロックドコイルロープ)が構造用ケーブルとして使用されている。

ケーブルの特性は用途に応じて要求される性能が異なり、プレストレスト方式ケーブルに要求される特性と構造用ワイヤロープに要求される特性に分けられる。プレストレスト方式ケーブルとは、PC構造などに使用される緊張材を指し、内ケーブルと外ケーブルに分類される。内ケーブルとは、桁内に配置する付着のあるケーブル、外ケーブルとは、桁外に配置する付着のないケーブルである。外ケーブルは、桁の補強のために配置されることもある。

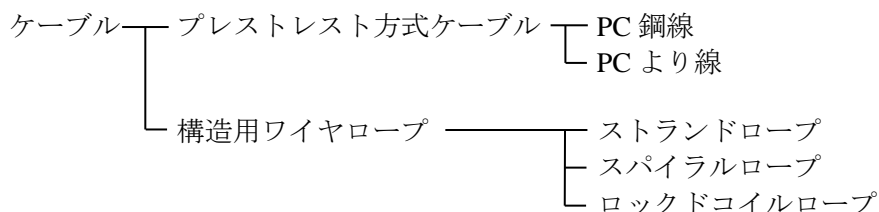
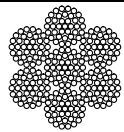
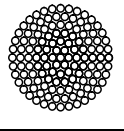
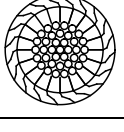


図-3.1.6 主なケーブルの種類

表-3.1.2 構造用ワイヤロープの種類

種類	断面及び外観(例)	特徴
ストランドロープ	 7×37	曲げ剛性が小さく取り扱いが容易であり、取り扱いの不備による損傷は非常に少ない。 他のワイヤロープに比べて安価である。
スパイラルロープ	 1×127	ストランドロープに比べて曲げ剛性、引張強さ及び弾性係数が大きい。
ロックドコイルロープ	 C型	スパイラルロープ同様、曲げ剛性、引張強さ及び弾性係数が大きい。 外層に異形ワイヤをより合わせているため、水密性、耐食性に優れている。

i) 特性

①強度特性

引張試験より、図-3.1.7 に示すような応力-ひずみ曲線が得られる。この応力-ひずみ曲線より、比例限界、弾性限界、上降伏点、下降伏点、耐力、引張強さ及び延性を求める。

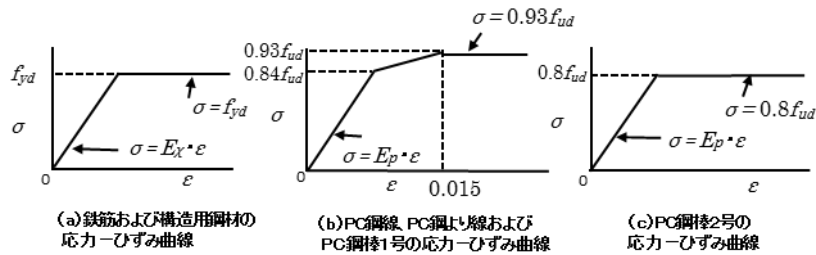


図-3.1.7 鋼材のモデル化された応力-ひずみ曲線

(4) コンクリート

コンクリートが木材や鋼材などの他の構造材料と本質的に異なる大きな特徴は、大小の骨材粒をセメントペーストで結合させた複合材料であること、さらに結合材料であるペーストはセメントの水和反応により漸次強度が発現していくことである。したがって、コンクリートの品質は、セメントペースト(混和材料、空気を含んで考える)、骨材などの個々の構成材料の特性によって左右されるだけでなく、それらの複合性状にも左右される。また、その複合性状には、施工や養生などの条件、材齢の影響が大きいことを、常に考慮しなければならない。

i) 特性

コンクリートの特性では、硬化する前のフレッシュコンクリートの特性と硬化コンクリートの特性に大きく 2 つに分けられるが、ここでは硬化コンクリートの特性について述べる。

①強度特性

コンクリートの強度の中には、圧縮、引張り、曲げ、せん断、支圧などの強度、鉄筋との付着強度、繰り返し荷重下の疲労強度などが含まれる。しかし、単にコンクリートの強度といえば一般に圧縮強度を指す。その理由は、次のとおりである。

- ・圧縮強度が他の強度に比較して著しく大きく、また、鉄筋コンクリート部材の設計でもこれが有効に利用されているため
- ・圧縮強度から他の強度や強度以外の硬化したコンクリートの性質を概略推定できるため
- ・試験方法が簡単であるため

②弾塑性的性質 (応力-ひずみ曲線)

図-3.1.8 にコンクリート及び各材料の応力-ひずみ曲線を示す。図-3.1.8 に示すように、硬化したコンクリートを圧縮すると、コンクリートの応力-ひずみ線図は、応力の小さい初期の段階から曲線をなし、厳密な直線部分はない。しかし初期の段階で繰り返して載荷すると、直線に近くなる。応力-ひずみ曲線は、①直線とみなしうる部分、②曲率を増して最大応力度に達するまでの曲線部分、③ひずみの増加に伴って応力度が徐々に減少し、続いて急激に破壊に至るまでの曲線部分の 3 部分に分けて扱われることが多い。コンクリートは荷重を

取り除くと残留ひずみを生じるが、全ひずみに対する比は応力度が低いほど小さく、破壊強度の 50%程度の応力では 10%程度である。

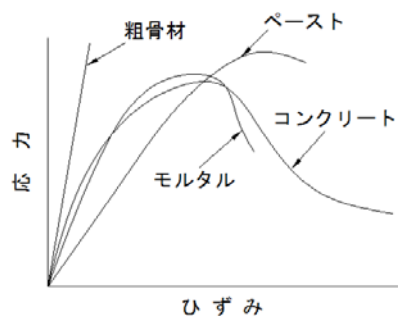


図-3.1.8 コンクリート及び各材料の応力-ひずみ曲線

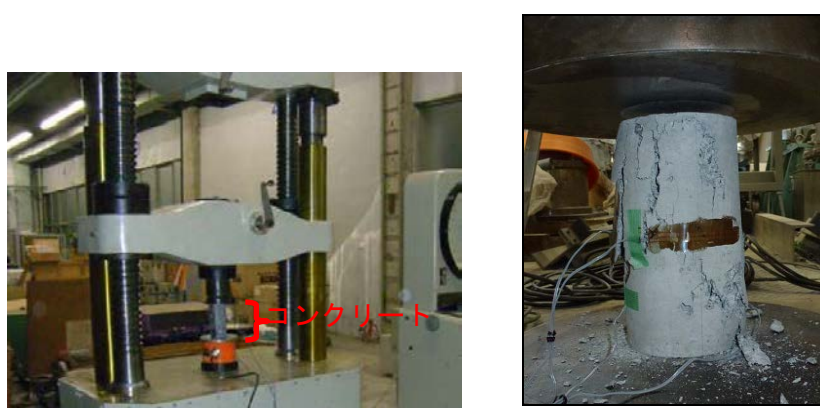


図-3.1.9 コンクリートの圧縮強度試験の状況

(5) 設計に用いる物理定数

PC 鋼材の純リラクセーション率は、引張ひずみ一定の条件で生じる応力度の減少量を、初期の PC 鋼材の引張応力度に対する比率（百分率）で表したものである。一方、これに対して PC 鋼材がプレストレストコンクリートに用いられる場合は、コンクリートの乾燥収縮、クリープ等によって、最初に与えられた PC 鋼材引張ひずみ時間とともに減少するため、ひずみ一定のもとで行う PC 鋼材のリラクセーション試験で測定した値より引張応力度の減少量は少なく、小さなリラクセーション率を示すこととなる。これを見かけのリラクセーションという。

表-3.1.3 鋼材の物理定数

鋼 種	物理定数の値
鋼 及 び 鋳 鋼 の ヤ ン グ 係 数	$2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$
PC 鋼線、PC 鋼より線、PC 鋼棒のヤング係数	$2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$
鋳 鉄 の ヤ ン グ 係 数	$1.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$
鋼 の せん断弾性係数	$7.7 \times 10^4 \text{N/mm}^2$
鋼 及 び 鋳 鋼 の ポ ア ソ ン 比	0.30
鋳 鉄 の ポ ア ソ ン 比	0.25

表-3.1.4 PC 鋼材の見かけのリラクセーション (%)

PC 鋼材の種類	リラクセーション率		備 考
	標準値	高温の影響を受ける場合	
P C 鋼 線	5	7	通 常 品
PC 鋼より線	1.5	2.5	低リラクセーション品
P C 鋼 棒	3	5	通 常 品

表-3.1.5 コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

設計基準強度	21	24	27	30	40	50	60
ヤング係数	2.35×10^4	2.5×10^4	2.65×10^4	2.8×10^4	3.1×10^4	3.3×10^4	3.5×10^4

3.1.3 荷重

構造物に影響を与える自動車交通や自然現象は、設計では、荷重に置き換えられ、構造物に負荷される。表-3.1.6 及び図-3.1.10 に設計に用いる荷重の例を示す。

荷重は、向き（作用方向）、作用位置、作用させる大きさや分布形状を有する。

荷重の種類は、大きく2種類に分けられる。

主荷重： 橋の主要構造部を設計する場合において、常に作用すると考えなければならない荷重。たとえば、自重（死荷重）、活荷重（自動車、通行者、群集などを表す荷重）、土圧や水圧など。

従荷重： 橋の主要構造部を設計する場合において、必ずしも常時又はしばしば作用するとは限らないが、考慮しなければならないもの。たとえば、風荷重、地震の影響、温度変化の影響（温度変化の影響により生じる伸縮やそり等の変形の発生）など。

表-3.1.6 荷重の種類

荷重要因	荷 重
自動車 歩行者 土 水 温度 浮力 風 地震 その他	主 荷 重(P)
	1. 死 荷 重(D)
	2. 活 荷 重(L)
	3. 衝 撃(I)
	4. プレストレス力(PS)
	5. コンクリートのクリープの影響(CR)
	6. コンクリートの乾燥収縮の影響(SH)
	7. 土 圧(E)
	8. 水 圧(HP)
	9. 浮力又は揚圧力(U)
	従 荷 重(S)
	10. 風 荷 重(W)
	11. 温度変化の影響(T)
	12. 地震の影響(EQ)
	主荷重に相当する 特 殊 荷 重(PP)
	13. 雪 荷 重(SW)
	14. 地盤変動の影響(GD)
	15. 支点移動の影響(SD)
	16. 波 圧(WP)
	17. 遠 心 荷 重(CF)
従荷重に相当する 特 殊 荷 重(PA)	
18. 制 動 荷 重(BK)	
19. 施 工 時 荷 重(ER)	
20. 衝 突 荷 重(CO)	
21. そ の 他	

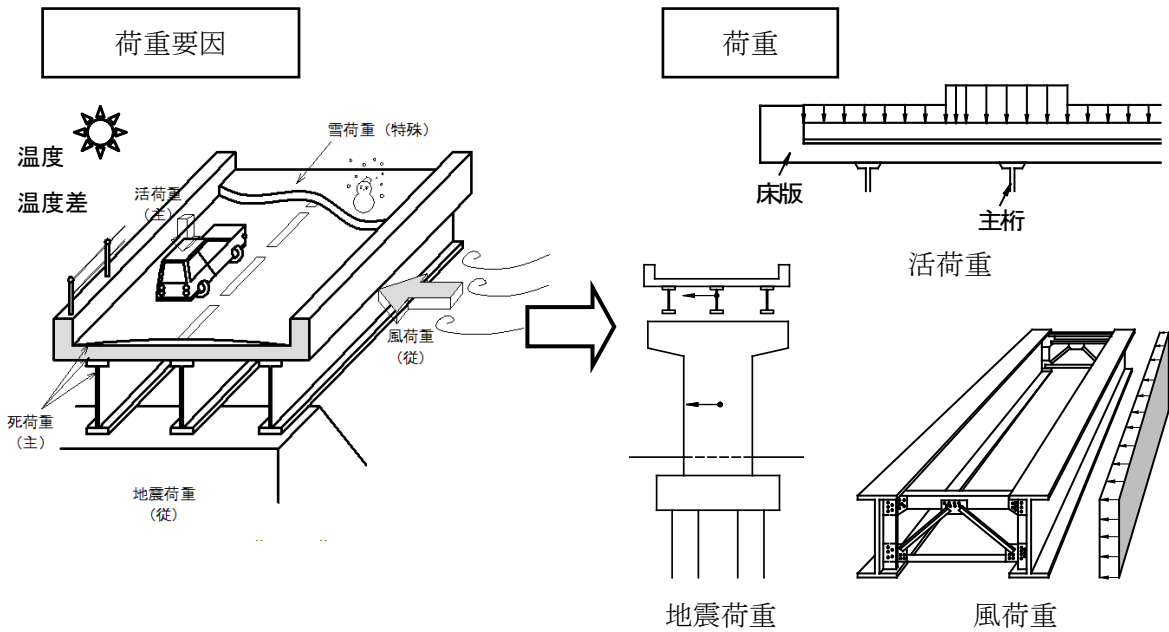


図-3.1.10 自重や自動車荷重、地震や風荷重の例

3.1.4 荷重を受けた部材の応答

(1) 部材の断面に生じる力と部材の応答

橋の各部材には力が作用する。

図-3.1.11 (a) に示すように軸方向の伸び・縮みに対応するのが軸力(N)である。また、単位面積あたりの力を引張り応力や圧縮応力という。鋼材の降伏や破断が生じないように、また、コンクリートが圧壊しないように設計する。

図-3.1.11 (b) に示すように部材を曲げると、部材はたわみ、各断面が回転する。部材をたわませ、断面を回転させる力を、曲げモーメント(M)という。断面が回転し、たわむことで縮んでいる側では、軸方向に沿った圧縮応力が、伸びている方向では、軸方向に沿った引張り応力が生じる。

図-3.1.11 (c) に示すように断面がまわらないように、ずれ変形だけ生じるときに対応するのが、せん断力(Q)である。このときにも物体には、圧縮応力と引張り応力が生じる。

また、ブロックに横力を作用させたと想像すれば、ブロックがずれる。このようなずれに対応する反力をせん断力という。したがって、ずれないように作用する力を考慮して設計する。

実際には、軸力、曲げモーメント及びせん断力、または、圧縮応力、引張り応力の重ね合わせで部材の応答は示される。

鋼橋に用いられるような細長い棒部材や棒部材を構成する板では、材料の降伏や破壊に至らなくても、図-3.1.12 に示すように、部材の形状が変わり、抵抗力を失うことがある。たとえば、細長い棒や板をまっすぐに押したとき、まっすぐ縮んでいたはずが、押している向きと直交方向にたわみが急増しはじめる。このような現象は座屈と呼ばれる。

部材が、細長いほど座屈は生じやすくなる。端部の固定条件によっても生じやすさが変わる。部材の軸線に対して、形状がゆがんでいる場合にも、

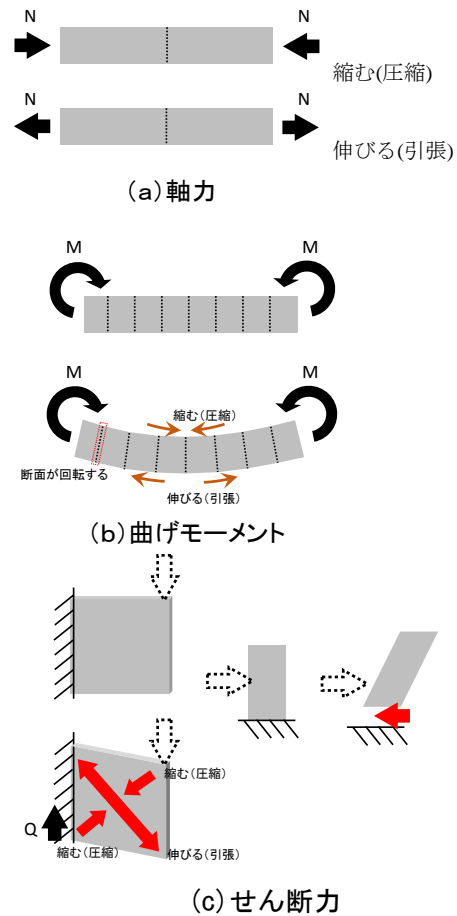


図-3.1.11 部材に作用する力と反力

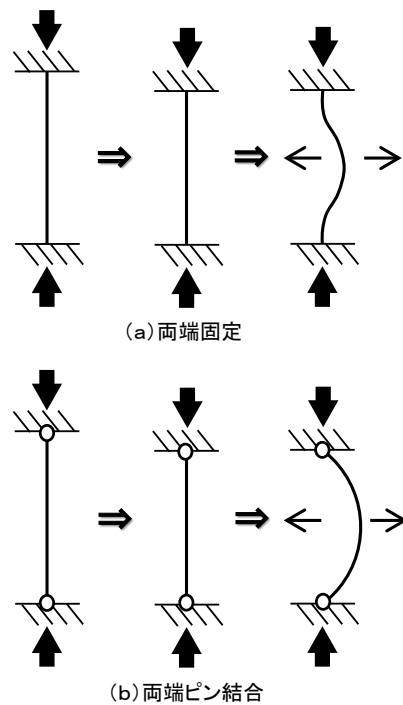


図-3.1.12 座屈現象

座屈は生じやすくなる。

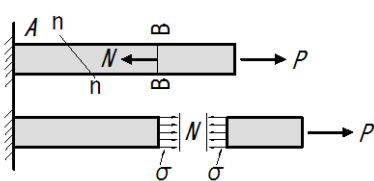
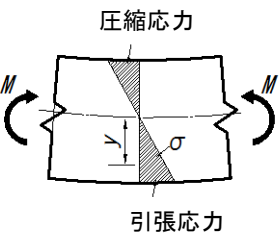
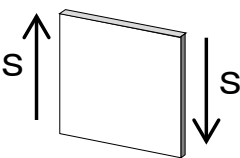
また、偏心載荷される場合も座屈は生じやすくなる。

図-3.1.12 (a)、(b) を比較した場合、(b) の方が座屈が生じやすい構造である。

座屈が生じると、圧縮力や曲げモーメントに対してそれ以上棒や板が抵抗できなくなるため、これを生じさせないように、十分安全な断面になるように設計する。

以上をまとめると、断面力やそれらによって橋の各部材に生じる応力などの効果が、部材に求める性能を確保できるレベルに留まることを確認しなければならない。主な断面力と照査する状況を表-3.1.7 に示す。

表-3.1.7 部材の照査

断面力		設計にて懸念する状態	
軸力		引張	鋼部材：降伏 コンクリート部材：ひびわれ
		圧縮	鋼部材：全体座屈・局部座屈 コンクリート部材：圧壊
曲げモーメント		引張	鋼部材：降伏 コンクリート部材：ひびわれ
		圧縮	鋼部材：全体座屈・局部座屈 コンクリート部材：圧壊
せん断		鋼部材：座屈 コンクリート部材：破壊	

(2) 鋼部材の設計

i) 軸力により圧縮を受ける部材

トラス橋やアーチ橋の弦材など軸力により圧縮を受ける比較的細長い棒部材は、棒部材の座屈が生じないように設計する。部材の座屈を防止するため、図-3.1.13 に例を示すような有効座屈長 l と断面二次半径 r と呼ばれるパラメータによる細長比 (l/r) を用いて設計を行う。

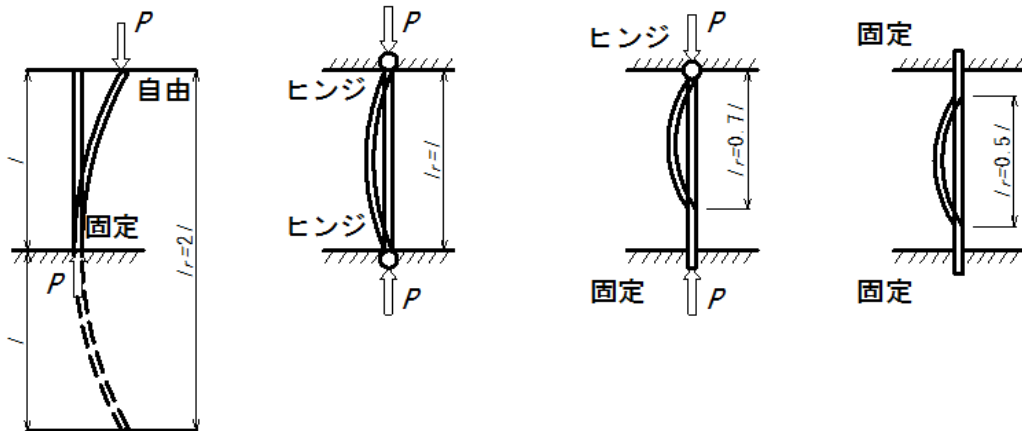
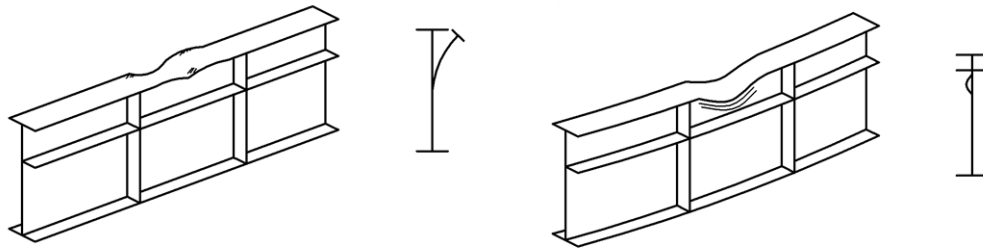


図-3.1.13 有効座屈長の例

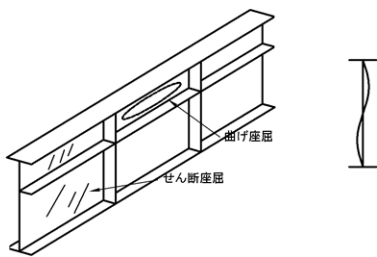
ii) 曲げモーメントによる圧縮領域やせん断力による圧縮領域

曲げモーメントが卓越し、圧縮となる領域では、図-3.1.14 に示すような座屈現象が生じないように設計する。

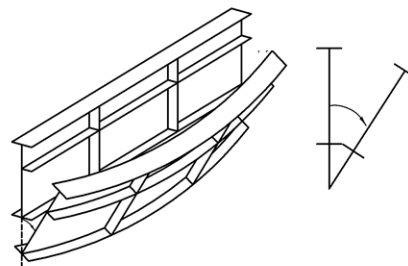
- (a) 曲げモーメントによって桁の圧縮側フランジや柱の圧縮側フランジの板が座屈する局部座屈
- (b) 曲げモーメントによって生じる腹板の局部座屈
- (c) 曲げモーメントを受けるとき、曲げられた向きにたわんでいる桁が、突然、曲げている方向と直交する方向にたわみ出す横倒れ座屈
- (d) 支点からの大きな力による局部座屈 (クリッピング)



(a) 圧縮フランジの局部座屈



(b) 腹版の局部座屈



(c) 横倒れ座屈



(d) 支点上の局部座屈(クリッピング)

図-3.1.14 鋼部材の座屈崩壊の例

iii) 軸力及び曲げモーメントによる引張領域

軸力及び曲げモーメントにより引張力が生じる部材は降伏しないように設計する。道路橋示方書では、表-3.1.8に示すように鋼材の基準降伏点に対して、安全率約 1.7 を見込んだ許容引張応力度を超えないことを照査することが規定されている。

表-3.1.8 鋼材の許容引張応力度

鋼種	SS400 SM400 SMA400W		SM490		SM490Y SM520 SMA490W			SM570 SMA570W		
	40以下	40を超え 100以下	40以下	40を超え 100以下	40以下	40を超え 75以下	75を超え 100以下	40以下	40を超え 75以下	75を超え 100以下
鋼材の板厚 (mm)	40以下	40を超え 100以下	40以下	40を超え 100以下	40以下	40を超え 75以下	75を超え 100以下	40以下	40を超え 75以下	75を超え 100以下
基準降伏点 (N/mm ²)	235	215	315	295	355	335	325	450	430	420
許容軸方向 引張応力度 (N/mm ²)	140	125	185	175	210	195	190	255	245	240
安全率	1.68	1.72	1.70	1.69	1.69	1.72	1.71	1.76	1.76	1.75

iv) せん断力を受ける部材

支点上のせん断力が卓越する領域では、腹板にせん断座屈が生じないように設計する。

図-3.1.15に示すような垂直補剛材や水平補剛材を配置し、設計する。

また、支点直上に垂直補剛材を配置することで、支点部からの大きな力に対して支点上で腹板が変形しないようにする。支点部以外でも図-3.1.15に示すように垂直及び水平補剛材と上下フランジで腹板のせん断座屈を防止する。



図-3.1.15 鋼部材の座屈崩壊を防止するために設置する補剛材の例

(3) コンクリート部材の設計

i) 軸力または曲げモーメントを受ける部材

軸力または曲げモーメントを受ける部材の設計では、安全性及び鋼材腐食等の耐久性の観点から鉄筋の引張応力度やコンクリートの圧縮応力度が、鉄筋材料の降伏やコンクリート材料の破壊に対して十分に安全であるように設計する(図-3.1.16、図-3.1.17)。

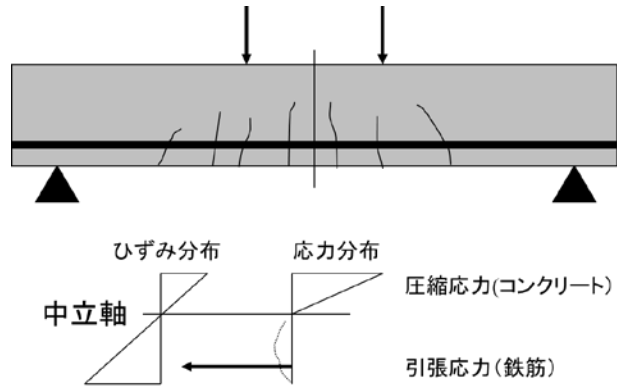
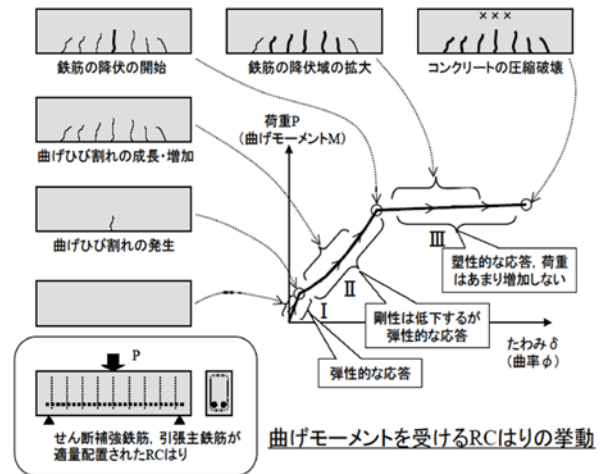


図-3.1.16 曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート部材



(a) 載荷試験の様子



(b) 荷重-たわみ曲線と RC はりの挙動 ^{3.4)}

図-3.1.17 曲げモーメントを受ける RC はりの挙動

ii) せん断力を受ける部材

せん断力を受ける部材の設計は、安全性及び鋼材腐食等の耐久性の観点から斜め方向の顕著なひび割れが生じないように、また、せん断力によりウェブコンクリートの斜め引張り破壊や圧縮破壊に対して、十分安全になるように設計する（図-3.1.18）。設計においては、コンクリートに斜めひび割れが生じてもそこを跨ぐ引張り応力が分担できるように、部材内に、部材軸に直交する方向の鉄筋（せん断補強鉄筋という）を配置することが多い。

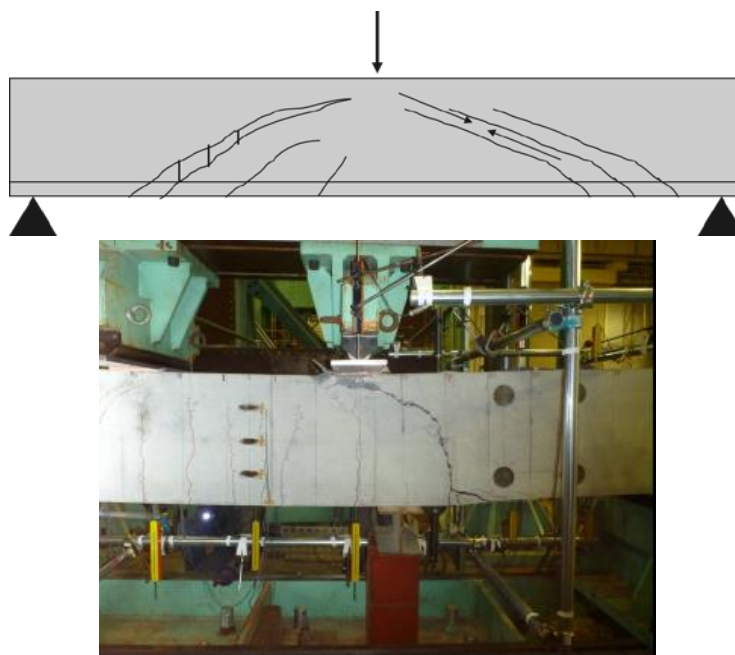


図-3.1.18 せん断力を受けるコンクリート部材

iii) 軸力とともに曲げモーメントやせん断力を受ける柱部材

橋脚の柱部のような部材は、地震の影響などの水平力に起因する曲げモーメントやせん断力に対して十分安全であるように設計する。

頭部に水平力を受ける1本柱に生じる曲げモーメントの分布を示す。曲げモーメントは、橋脚の下部に向かうにつれて大きくなる。そこで、既設の鉄筋コンクリート橋脚では、昭和55年より古い道路橋示方書で設計・施工された鉄筋コンクリート橋脚は、図-3.1.19に示すように軸方向鉄筋の段落しを行っていた。しかし、大規模な地震に対して、段落し部が弱点となること、これまでの地震被害から明らかになり、それ以後は道路橋示方書において鉄筋の段落しは原則として行わないこととしている。

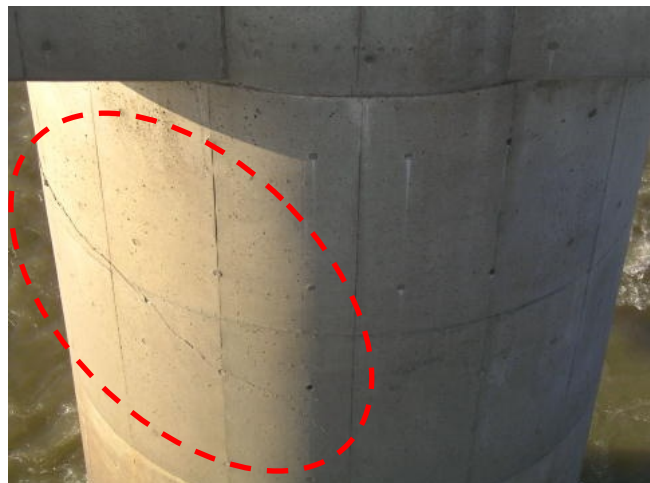
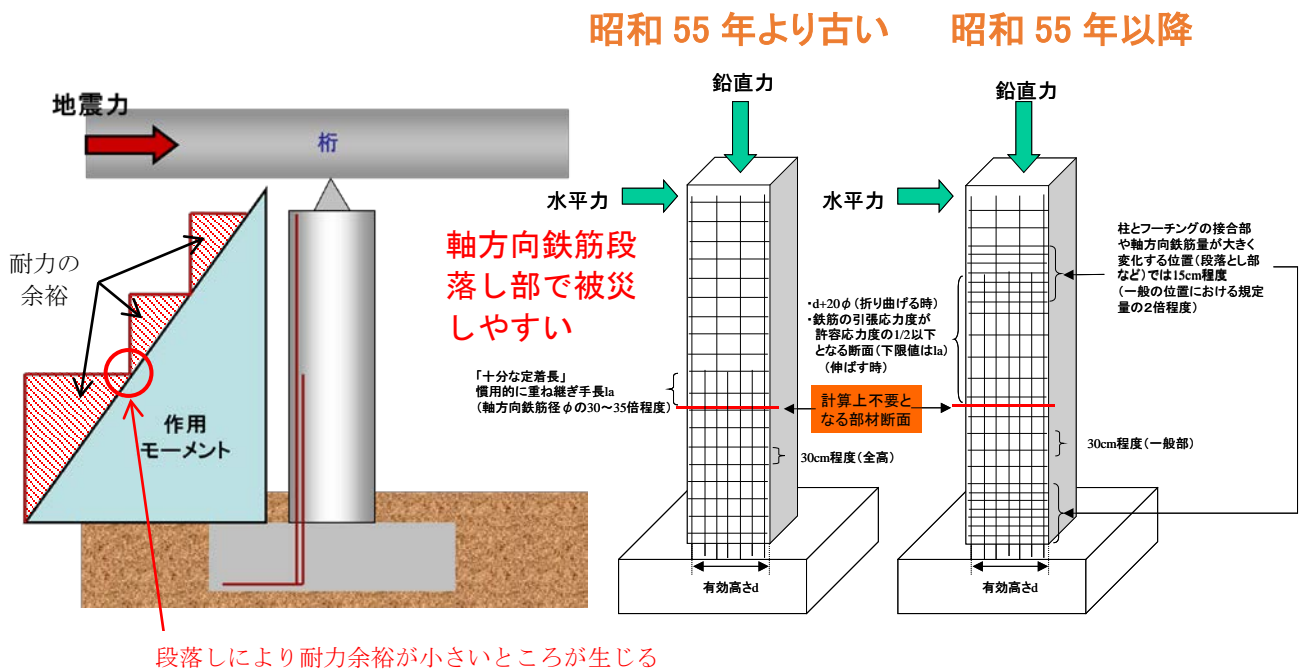


図-3.1.19 地震による鉄筋コンクリート橋脚段落し部の損傷

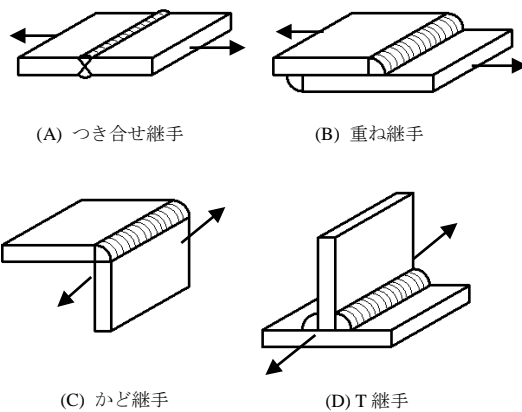
(4) 橋の連結方法

鋼道路橋は、工場で製作した部材同士を現場で連結して架設する。主な部材の連結方法には、溶接接合、高力ボルト接合がある。高力ボルト接合には、摩擦接合、支圧接合及び引張接合がある。古くはリベット接合が広く用いられていたが、鋼材の高強度材料が開発されるとともに、それに見合ったリベット材が無く、1960年代頃から高力ボルト接合が広く採用されてきた。

i) 溶接接合



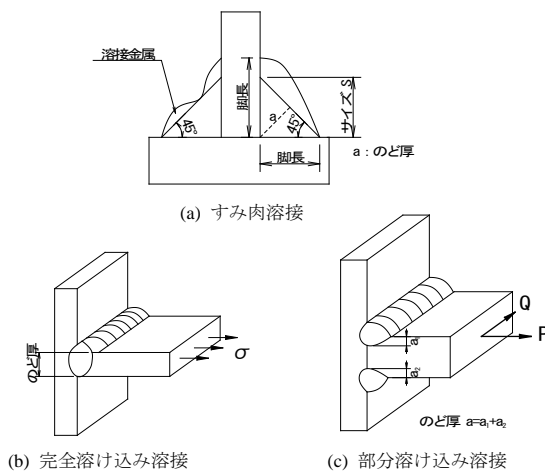
継手の種類



熱によって鋼材を局部的に熔融状態にして、鋼材を一体として接合する方法。

伝達する応力の向きと鋼材の組合せに応じて、複数の継手の種類がある。

溶接部の形状による分類



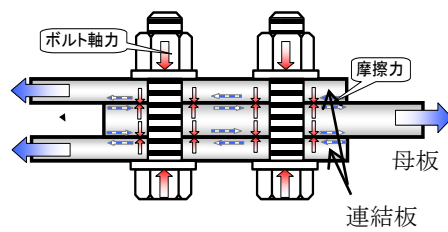
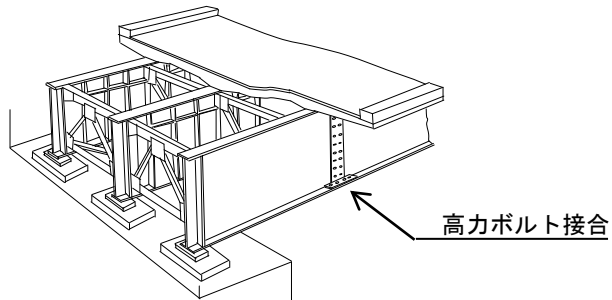
溶接部の形状によって、主にすみ肉溶接、完全溶け込み溶接、部分溶け込み溶接に分けられる。

溶接部は応力集中部となり、疲労亀裂の起点となる。疲労亀裂の発生リスクが高まるので溶接品質の十分な管理が必要である。

溶接中の欠陥としては、主に溶け込み不良、融合不良、凝固する過程での割れがある。

図-3.1.20 溶接接合

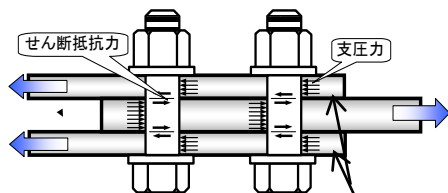
ii) 高力ボルト接合



(a) 摩擦接合

高力ボルトを用いて母板と連結板を締め付け、それらの間に生じる摩擦力によって応力を伝達する方法。

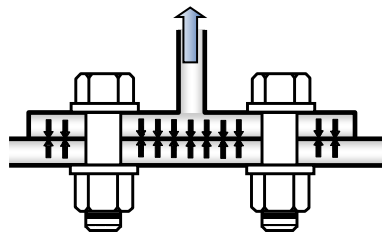
ボルトに設計軸力を導入するために、ボルトの締め付けを確実にを行うことが必要。



(b) 支圧接合

高力ボルトの軸部と、母板および連結板の孔壁との間の支圧により応力を伝達する方法。

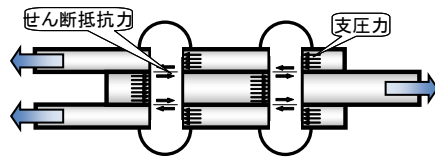
孔とボルトの隙間がないように施工することに注意が必要。



(c) 引張接合

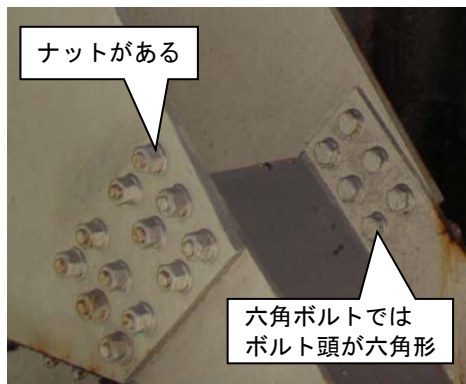
高力ボルトの軸方向引張力によって力を伝達するほか、ボルトで締め付けた継手接触面圧力を介して応力を伝達する方法。

図-3.1.21 高力ボルト接合

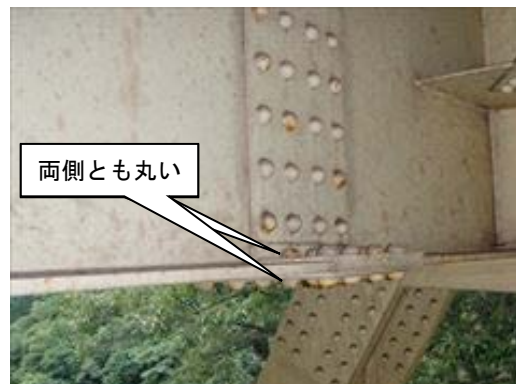


リベットの軸部と、母板および連結板の孔壁との間の支圧により応力を伝達する方法。
 高力ボルト支圧接合と原理は同じである。

図-3.1.22 リベット接合



高力ボルト接合（摩擦接合）



リベット接合

図-3.1.23 鋼橋の部材の連結方法

<ボルトの種類>

高力ボルトの種類は、以下のものがある。

- ・高力六角ボルトは JIS B 1186 に基づいたボルトであり、ボルト 1 本、ナット 1 個、座金 2 枚を 1 セットとして用いられる。道路橋示方書では F8T と F10T が規定されている。
- ・トルシア形高力ボルトは、ボルト頭部の形状は丸く、ボルト 1 本、ナット 1 個、座金 1 個を 1 セットとして用いられ、ボルト頭部側には座金を使用しない。道路橋示方書では S10T が規定されている。



図-3. 1. 24 高力六角ボルトとトルシア形高力ボルト

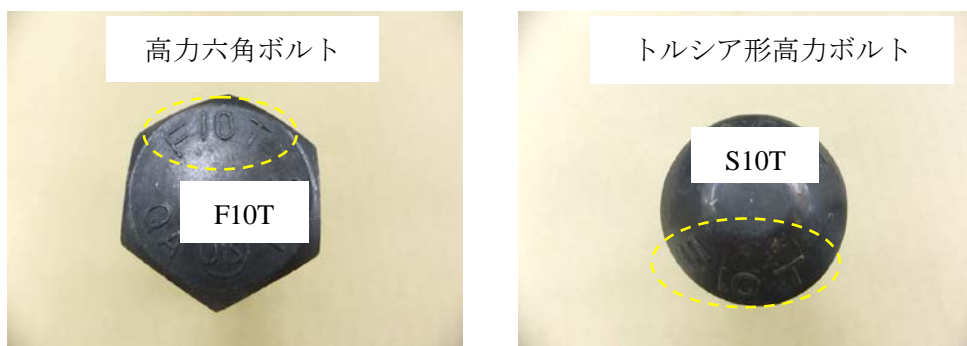


図-3. 1. 25 ボルト頭部の刻印による見分け方

<締付け方法>

高力ボルトの締付け方法には以下の方法がある。

- ・トルク法は、ナットを回して締付けることを原則としている。施工の標準とすべきボルト軸力に達するように施工前に締付けトルクを調整し、トルク係数によって締付け管理を行う。
- ・ナット回転法は、締付けによるボルト軸力をボルトの伸びによって管理するもので、ボルトの伸びはナットの回転量となって現れる。ナット回転法は F8T にのみ適用される。

- ・耐力点法は、高力ボルト締付時の導入軸力とナット回転量との関係が耐力点付近で非線形となる性質を締付け機が捉えることによって管理する。
- ・トルシア形高力ボルトの締付けには、専用の締付け機を用いる。この締付け機はトルクを制御する機能はなく、ピンテールの破断によって締付けトルクを制御し所定の軸力を与える。

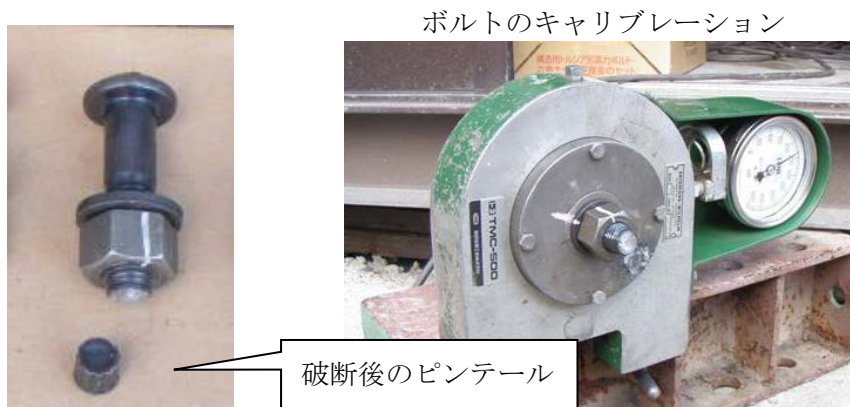
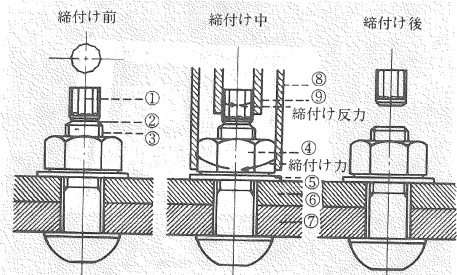


図-3.1.26 トルシア形高力ボルト

《メモ》

【トルシア形高力ボルトの締付け原理】^{3.2)}

トルシア形高力ボルトは、右図に示すように締付け時は、ボルト先端のピンテールで反力を取りナットにトルクを入れて締付ける。ピンテールで反力を取るため、必要なトルクが入った時、せん断で破断させることで締付けを管理している。



- | | | |
|---------------|---------|------------|
| ① つかみ部(ピンテール) | ④ ナット | ⑦ 被締付け体 |
| ② 破断溝 | ⑤ 座金 | ⑧ アウタースリーブ |
| ③ ボルトねじ部 | ⑥ 被締付け体 | ⑨ センタースリーブ |

予備締め後、ボルト、ナット、座金、母材に連続したマーキングをする



予備締め (標準締付け力の 60%程度)

本締め後、ナットのマーキングのみがズレていればよい



本締め

施工時には、ピンテールの破断とマーキングのズレを確認することにより、所定の軸力が導入されたことを確認する。

<点検のポイント>

ボルトの点検時には以下の点に注意する必要がある。

- 合いマークは、目視によりボルト、ナットのゆるみを確認可能とするための措置であり、その例を図-3.1.27に示す。ここでいう施工後の合いマークは、前述した施工時の締付け管理のためのマーキングのズレの確認とは目的が異なるため注意すること。

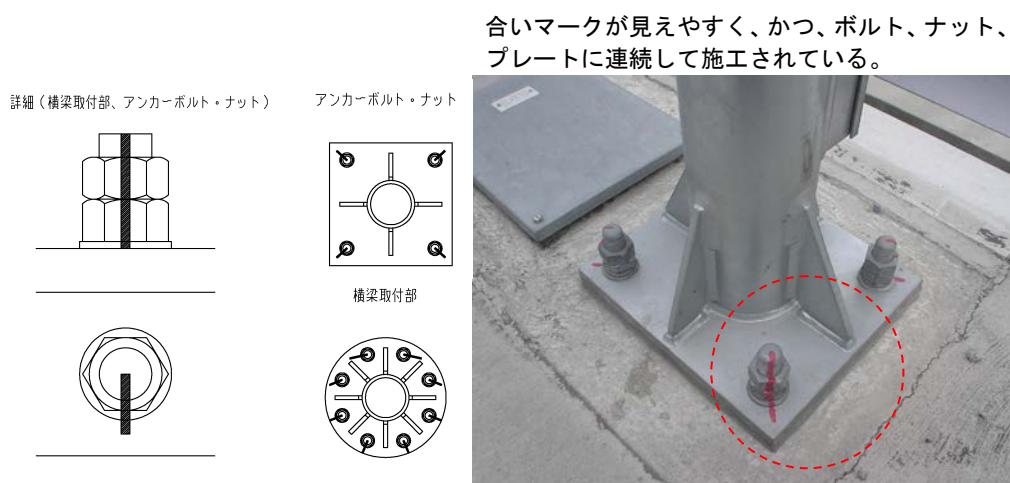


図-3.1.27 合いマークの施工例

- 打音により、ボルトやナットが容易に回転するかどうかだけでなく、座金や連結板周辺のすべり痕の有無についても確認する必要がある。

3.1.5 耐震設計

(1) 耐震性能

橋の耐震性能は、橋全体系の挙動を踏まえた耐震性能 1～3 からなり、表-3.1.9 に示すように定められている。

- ・道示 V では、レベル 1 地震動（供用期間中に発生する確率が高い地震動）とレベル 2 地震動（発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動）の 2 段階の設計地震動を考慮することが定められている。
- ・レベル 2 地震動としては、プレート境界型の大規模な地震によるもの（タイプ I）と内陸直下型地震によるもの（タイプ II）がある。
- ・橋の重要度は、道路種別及び橋の機能・構造に応じて、重要度が標準的な橋（A 種の橋）と特に重要度が高い橋（B 種の橋）の 2 種類に区分されている。

表-3.1.9 橋の要求性能

耐震設計で考慮する地震動		レベル 1 地震動	レベル 2 地震動 タイプ I の地震動：プレート境界型の大規模な地震 タイプ II の地震動：内陸直下型地震	
		橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動	橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動	
橋の耐震性能	ランク	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3
	限界状態	地震によって橋としての健全性を損なわない性能	地震による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能	地震による損傷が橋として致命的とならない性能
該当する橋の種別 A 種の橋：重要度が標準的な橋 B 種の橋：特に重要度が高い橋		A 種および B 種の橋	B 種の橋	A 種の橋
橋の機能		通行は可能	通行は限定的に可能	通行は困難
耐震設計上の安全性		上部構造および通行車両を確実に支持し、落橋に対する安全性を確保する（上部構造の落橋などの致命的な被害を生じさせない）	上部構造を確実に支持し落橋に対する安全性を確保する（上部構造の落橋などの致命的な被害を生じさせない）	落橋に対する安全性を確保する（上部構造の落橋などの致命的な被害を生じさせない）
耐震設計上の供用性		地震前の同じ橋としての機能を有する（地震前と同様に車両の通行が可能）	地震後橋としての機能を速やかに回復できる（限定的な橋の機能確保）	

(2) 落橋防止システム

- ・橋の複雑な地震応答や流動化に伴う地盤変位等が原因による支承部の破壊により、上部構造と下部構造との間に大きな相対変位が生じる状態に対して、上部構造の落下対策として落橋防止システムを設置しなければならない。
- ・落橋防止システムには、桁かかり長、落橋防止構造及び横変位拘束構造があり、橋の構造形式等に応じて必要な構造を選定する。
- ・桁かかり長は、支承部が破壊したときに、上部構造が下部構造の頂部から逸脱することを防止する機能である。
- ・落橋防止構造は、支承部が破壊したときに、橋軸方向の上下部構造間の相対変位が桁かかり長を超えないようにする機能である。
- ・横変位拘束構造は、支承部が破壊したときに、橋の構造的要因等によって上部構造が橋軸直角方向に変位することを拘束する機能である。

落橋防止システムの形式や機能については、2.2.5を参照のこと。

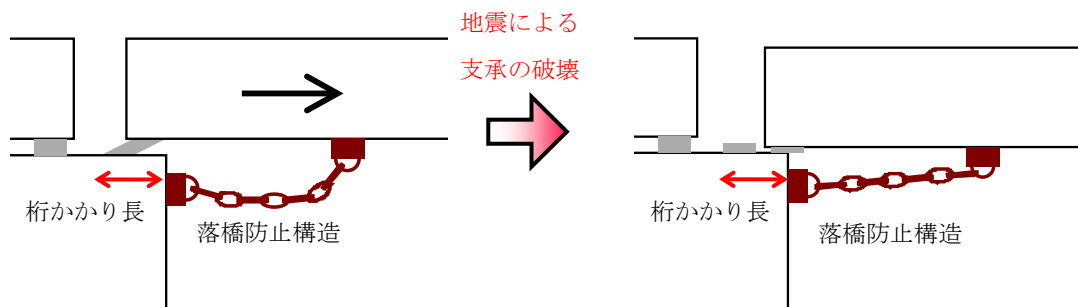


図-3.1.28 落橋防止システムの一例



図-3.1.29 落橋防止構造の機能(地震後)

3.1.6 疲労設計

従来、道路橋の設計においては鋼床版や軌道が併設される場合などの特別な場合を除いて一般には疲労の影響を考慮しなくてもよいこととされていた。

しかし、近年では、主桁への部材の取り付け部や、鋼製橋脚の隅角部等様々な部材、部位で重大な疲労亀裂の発生が報告されるようになり、厳しい重交通の実態等から将来の疲労損傷の増加が懸念されたこと、一方で、疲労設計に関する知見が蓄積されてきたことを踏まえて、2002年（平成14年）に改定された道路橋示方書では、疲労設計を行うことが新たに規定された。以下に鋼橋の疲労設計の変遷を示す。

- ①1997年（平成9年）：「鋼橋の疲労、（社）日本道路協会」が発刊された。
- ②2002年（平成14年）：「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編」において、鋼橋の設計にあたっては、疲労の影響を考慮することとされた。鋼橋の疲労設計の基本的な考え方と具体的方法は、同時に発刊された「鋼道路橋の疲労設計指針」（日本道路協会）にとりまとめられた。
- ③2012年（平成24年）：「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編」において、「疲労設計」の章が設けられ、照査方法、疲労強度が規定された。

鋼材の疲労とは、**図-3.1.30**に示す引張試験で得られるような材料の降伏応力より低い応力であっても、それを繰り返し受けることで亀裂が生じ、又は、このようにダメージが蓄積されて亀裂が発展していく現象をいう。亀裂の破壊の発生状況は、繰り返し作用する応力の変動の範囲や振幅及び繰り返し回数、構造的な応力集中部又は溶接部の形状や溶接欠陥等に起因する応力集中の影響、溶接による残留応力の有無などによって異なってくる。

繰り返される応力の元になる外力は、橋の場合、自動車の走行による自動車荷重、風による振動などがある。

また、応力集中の元になる構造的な応力集中部は、溶接継手部や、部材形状の変化部（切欠き部、隅角部など）がある。**図-3.1.31**～**図-3.1.35**に、鋼橋で用いられる溶接継手の例を示す。

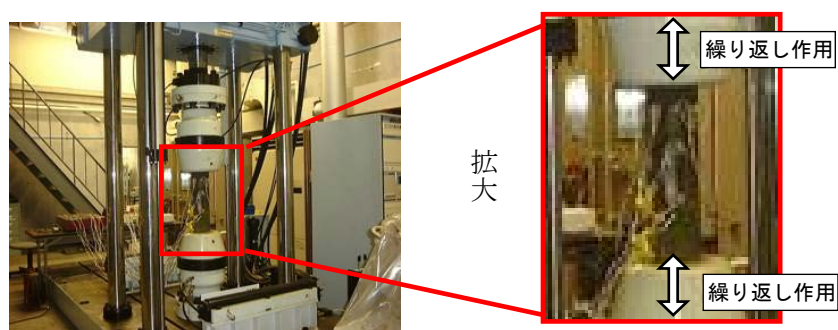


図-3.1.30 鋼材の疲労試験

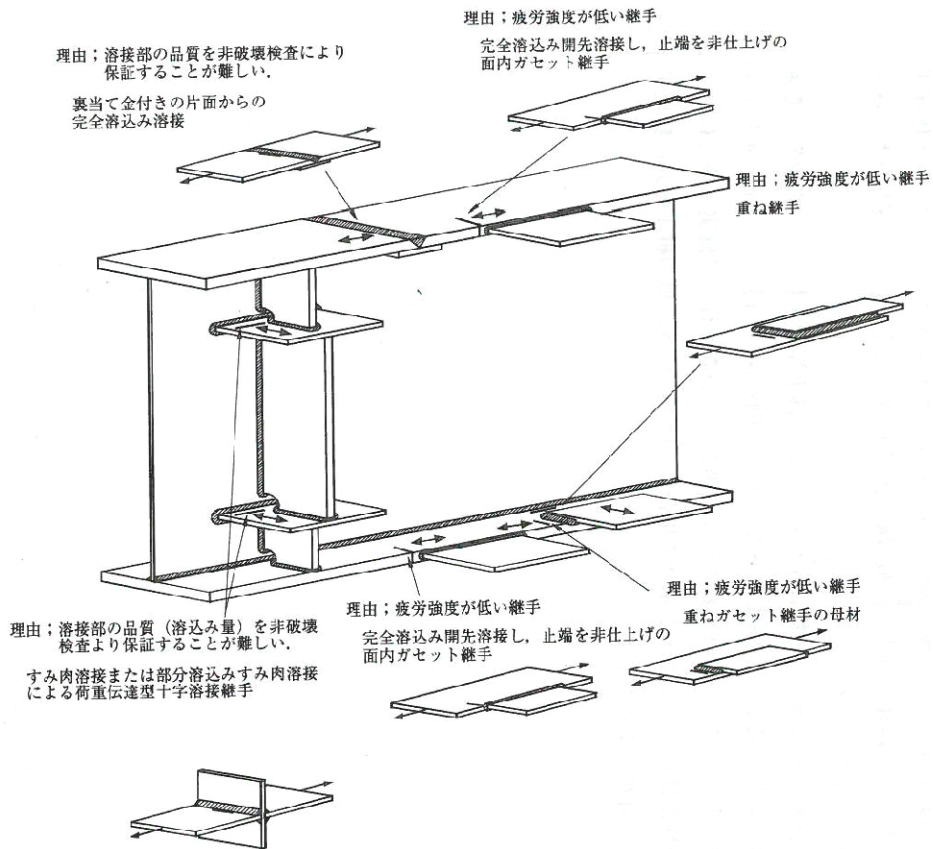


図-3.1.31 鋼板桁橋に用いられる継手の例^{3.4)}

カバープレートをすみ肉溶接で取付けた継手 良好な形状の裏当てを有する片面からの完全溶込み溶接 (1) すみ肉溶接した面外ガセット継手 (2) 完全溶込み開先溶接した面外ガセット継手 すみ肉溶接による荷重伝達型十字溶接継手

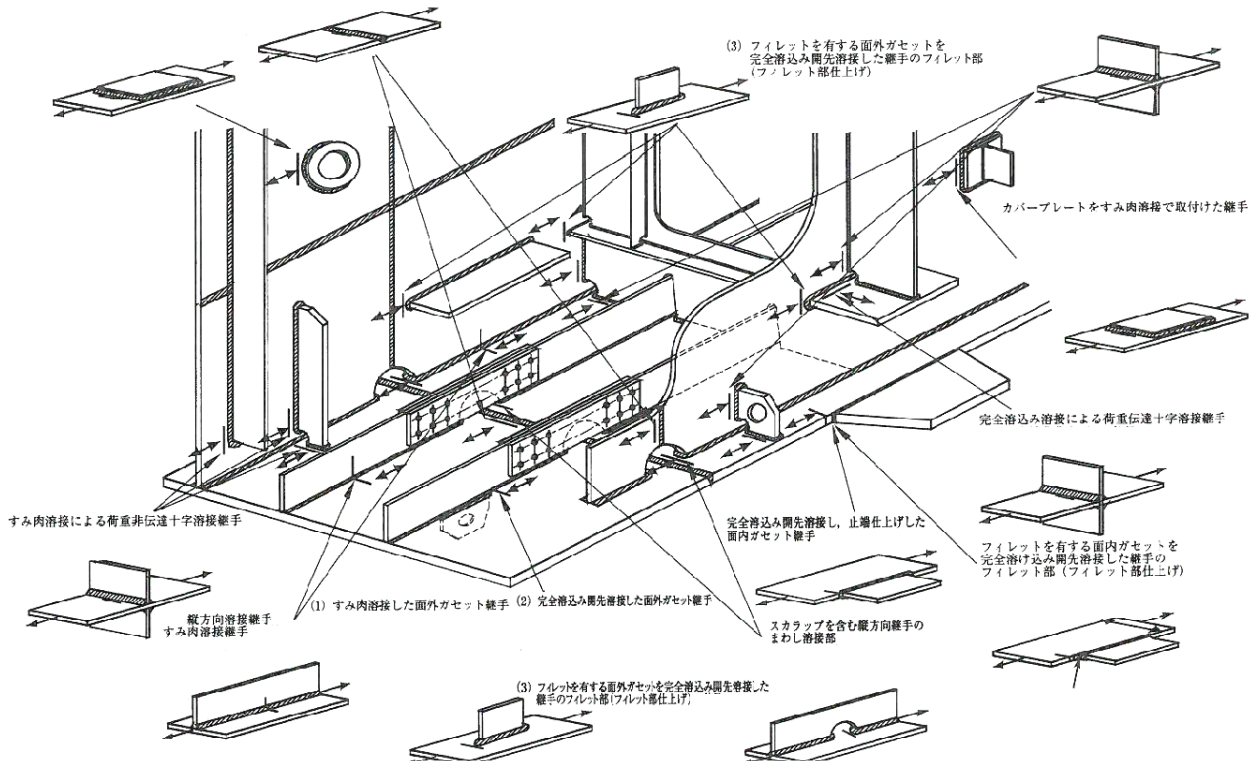


図-3.1.32 鋼箱桁橋に用いられる継手の例^{3.5)}

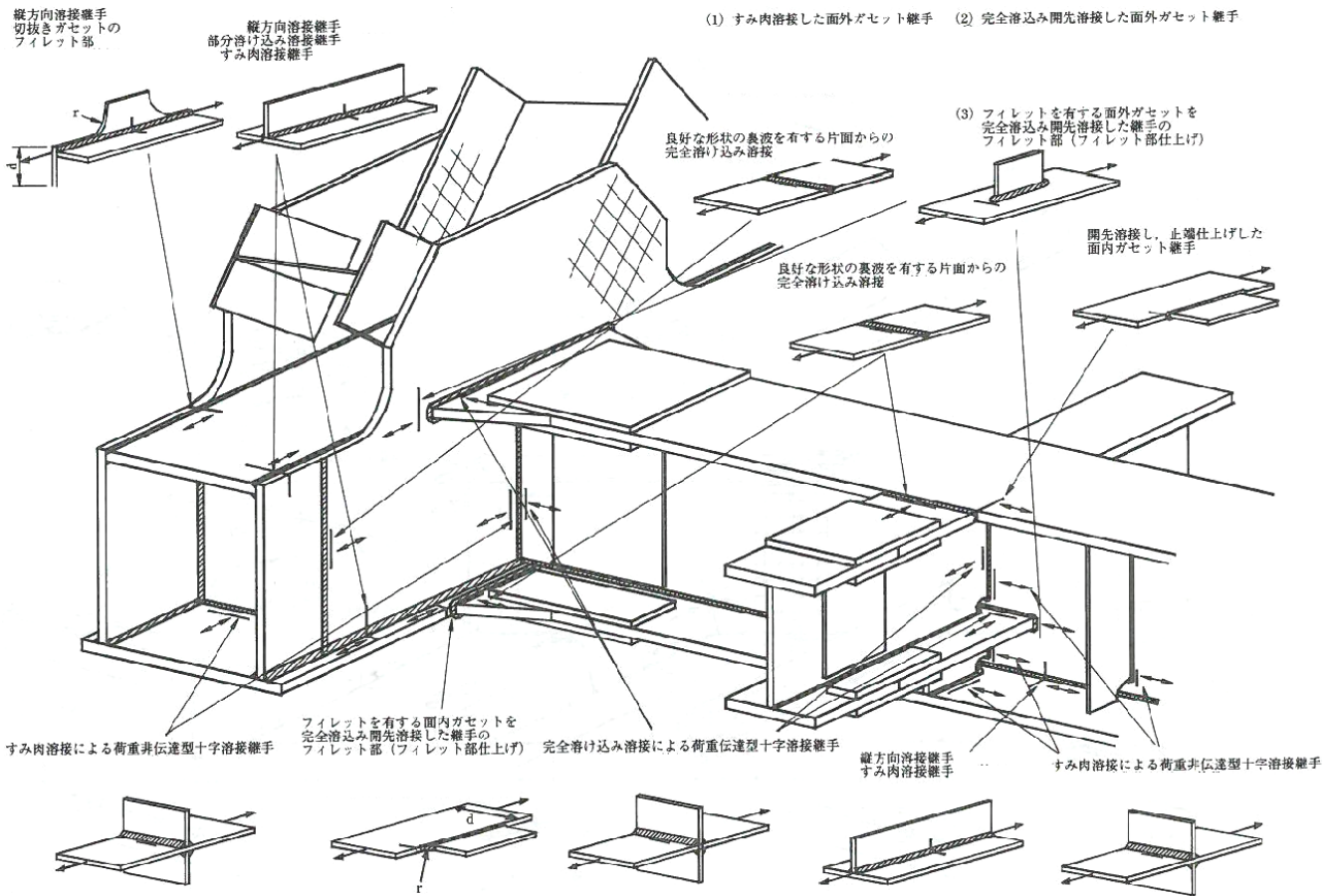


図-3.1.33 鋼トラス橋に用いられる継手の例^{3.5)}

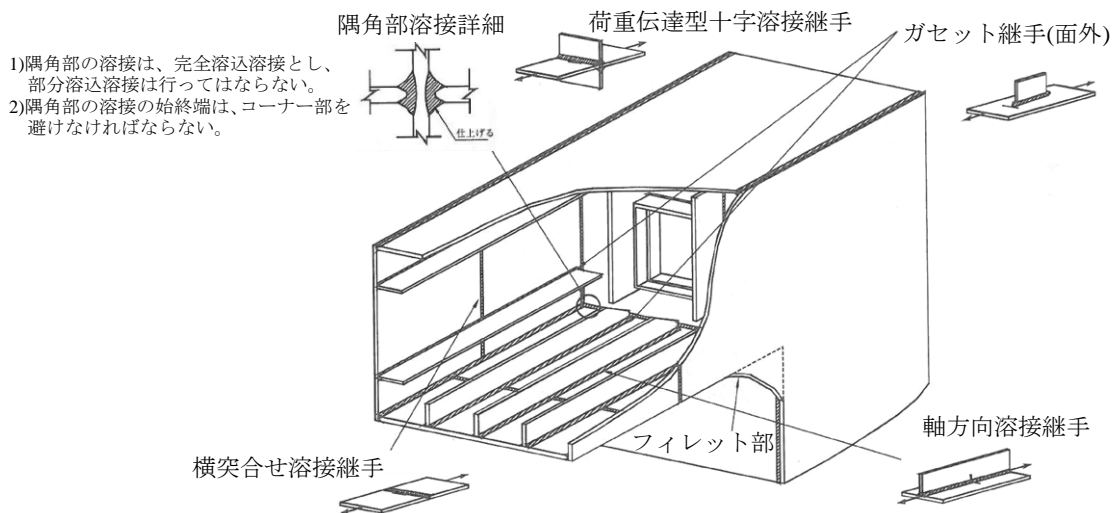


図-3.1.34 鋼製橋脚に用いられる継手の例^{3.3)}

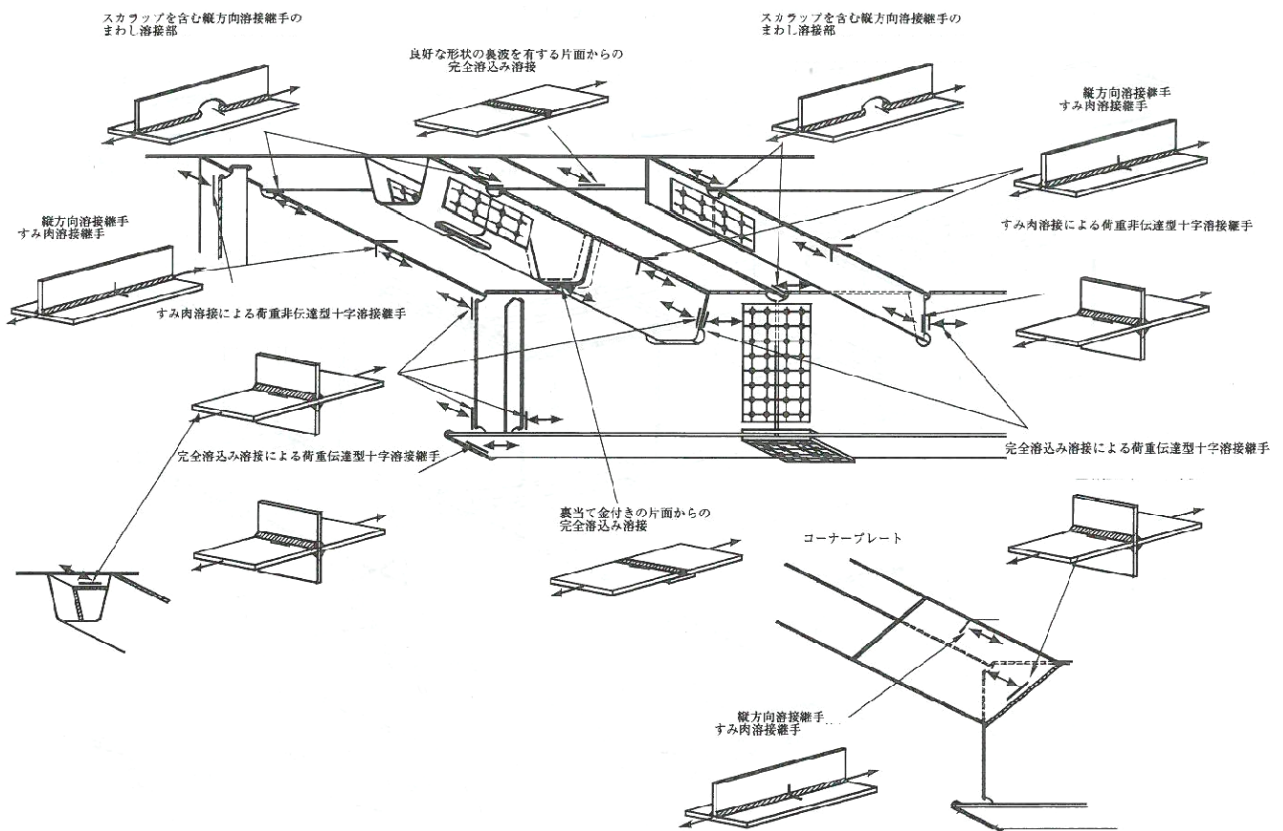


図-3.1.35 鋼床版に用いられる継手の例^{3.5)}

疲労現象は、一般に外力とその繰返し回数の関係で表現することができる。図-3.1.36 に示すように、外力は、疲労亀裂が発生する箇所に作用する応力の振れ幅（応力範囲と呼ぶ）により整理される。

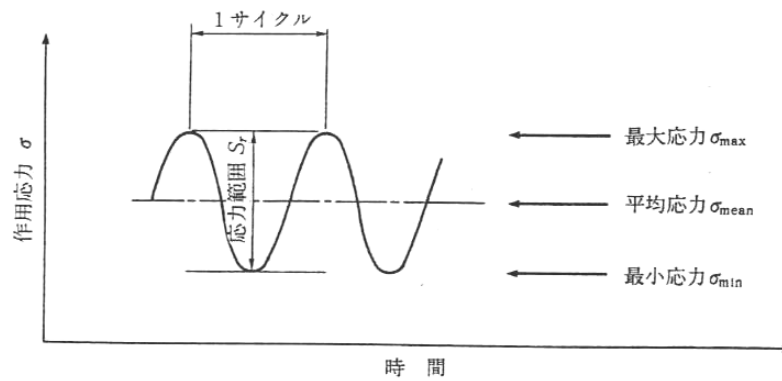


図-3.1.36 作用応力範囲^{3.3)}

図-3.1.37は、溶接継手試験体に一定振幅の応力を繰り返し作用させた場合の、破断に至るまでの回数（破断寿命）を両対数紙上に整理したものである。図中の各点は当該応力範囲で試験体に繰り返し応力を与えた場合の状態を表しており、破断に至るか否かの閾値（境界）を疲労寿命曲線（S-N（エスエヌ）線）として定義している。一定振幅の応力下での試験結果では、両対数紙上において一般に右下がりの直線の傾向を示し、破断寿命Nが応力範囲Sのべき乗（3～5乗程度）と反比例関係にある。また、鋼材の場合には図-3.1.37の例に示すように、応力範囲が小さくなると繰り返し数をいくら大きくしても亀裂が発生または進展しなくなる応力範囲が存在する。この応力範囲を疲労限と呼んでおり、これがS-N線の水平部分に相当する。

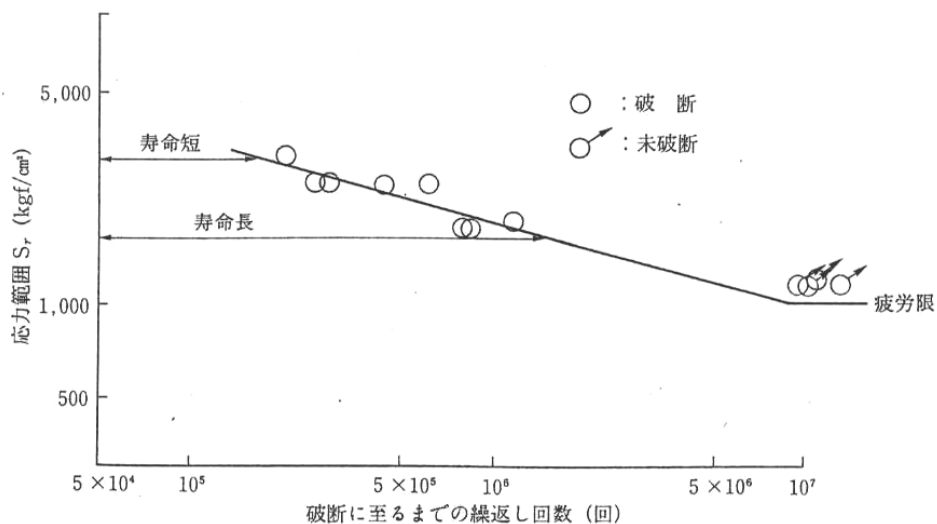


図-3.1.37 S-N線図による実験結果の整理のイメージ図^{3.3)}

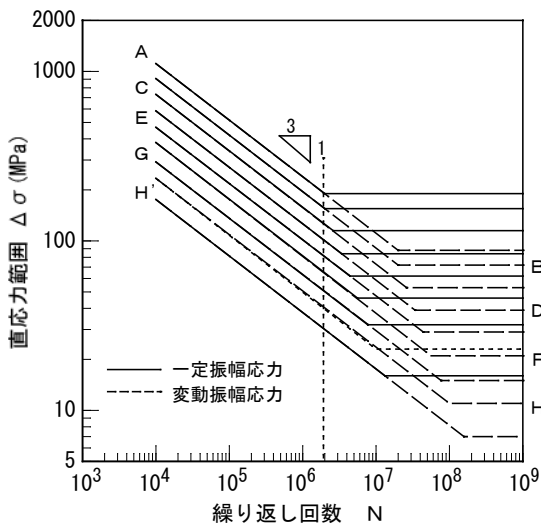
上記の疲労寿命曲線を、継手に作用する応力範囲 S_r と継手の寿命 N_f を用いて、整理すると次式のような形で表現できる。

$$S_r^m \cdot N_f = C \quad (C : \text{一定}) \quad (3.4.1)$$

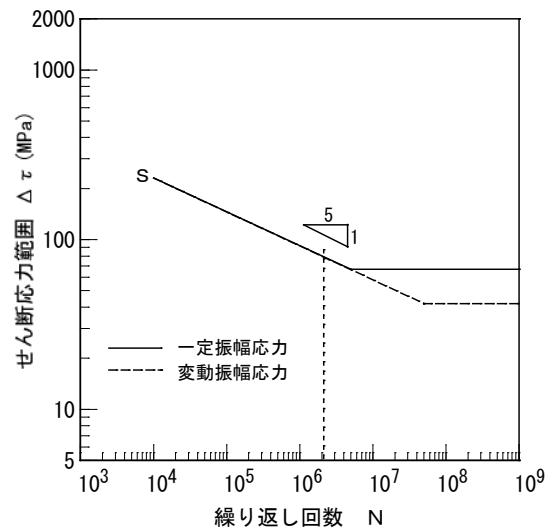
(ただし、 $S_r > \text{疲労限}$)

鋼材では、一般に式(3.4.1)に対して、直応力に対する m を3、せん断応力に対して5とされている(図-3.1.38)。

なお、実際の疲労現象には種々の要因が関係しており、同じ条件で試験を行っても結果は相当の範囲でばらつくのが通常であり、疲労照査に用いるための疲労寿命曲線を設定する際には多数の実験結果をもとに十分な検討が必要である。設計に関する疲労設計曲線の例を図-3.1.38に示す。



直応力を受ける継手の疲労設計曲線



せん断応力を受ける継手の疲労設計曲線

図-3.1.38 疲労設計曲線の例^{3.5)}

なお、一般に疲労強度を表すときに用いられることが多い200万回疲労強度（繰返し数200万回で継手が破断に至る場合の応力範囲）はあくまでS-N線を相対的に比較する等のために用いる代表値の1つであり、鋼材の溶接部に対して200万回という数字は個々の継手の疲労寿命とは直接的には関係がないと考えてよい。

図-3.1.39は溶接継手の溶接止端部から発生した疲労亀裂の例である。図-3.1.40は溶接止端部から発生進展した亀裂の破面を示したものである。疲労亀裂は、応力集中部となる、溶接の止端部（溶接線の端部）や始末端（一連の作業で行われる溶接線の始まりと終わり；図-3.1.41）あるいは、溶接部の内部きずなどが始点となって進展することが多く、亀裂の進展にしたがって年輪のようにみえるしま模様（ビーチマークと呼ぶ）が残ることが特徴である。

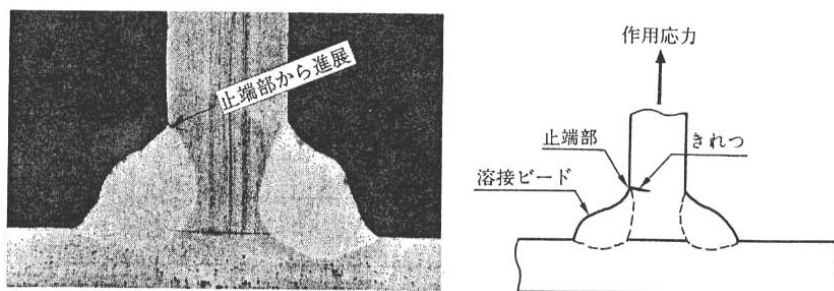


図-3.1.39 溶接止端部から発生した疲労亀裂^{3.3)}

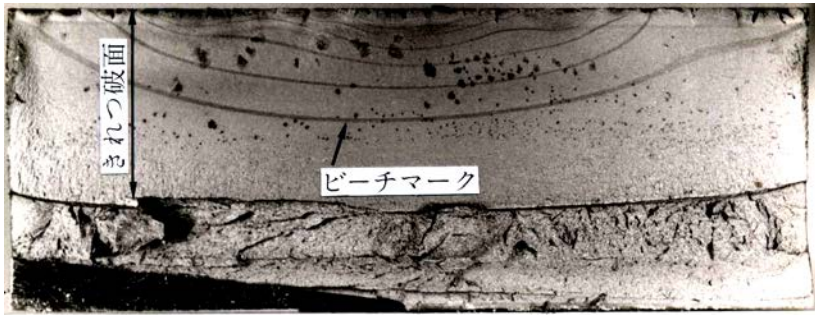


図-3.1.40 継手試験体の溶接止端部から発生した亀裂の進展状況^{3.3)}

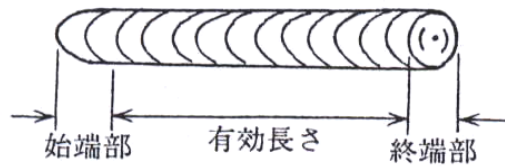


図-3.1.41 溶接の始終端^{3.3)}

(1) 疲労強度に関する影響要因

i) 応力集中の影響

鋼橋のように種々の部材が溶接で組合わされた構造部材の疲労強度は、構造的な応力集中や溶接部の形状等による局所的な応力集中に支配される。

図-3.1.42 は溶接継手部の応力集中について模式的に示したものである。亀裂の起点となる溶接止端部に作用する応力は、公称応力と比べて、①継手全体の力の流れの不連続性に依存する構造的な応力集中と、②溶接部分のごく近傍の溶接ビード形状に依存する局所的な応力集中の影響により高くなる。

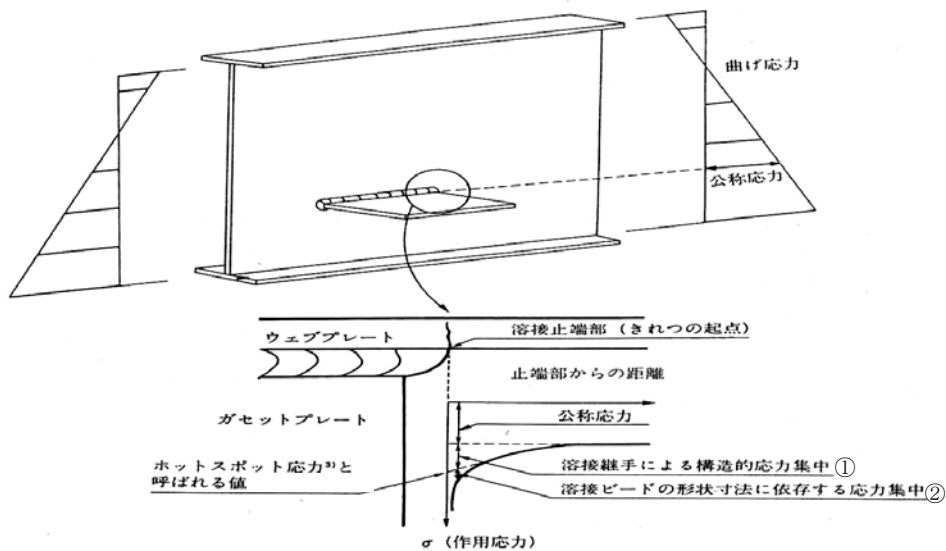


図-3.1.42 溶接継手部の応力集中の影響^{3.3)}

通常疲労設計に用いられる強度等級は、設計応力と対応できるように公称応力に基づいて定義されている。このとき止端部の形状や仕上げの程度などの諸条件によってそれぞれ疲労強度が異なることに注意が必要である。

ii) 溶接残留応力と溶接欠陥の影響

溶接部には一般に降伏点に近い引張応力が内部応力として残留しており、このような場合には外力による圧縮応力が作用しても、内部応力との和として結果的に引張側の応力が繰返し作用していると考えられる(図-3.1.43)。したがって、疲労設計においてはその継手が静的な設計において圧縮が卓越するかどうかにかかわらず変動する応力の振幅を支配的な要因であるとして扱う。

一方、溶接部に生じる融合不良、われ、アンダーカット、ブローホール等の欠陥は、それらが応力集中の原因となって疲労強度を低下させる。

なお、通常想定される以上の極端な残留応力の存在や一定水準以上の溶接欠陥の存在は疲労強度の設定や各種の補正係数などで考慮されておらず、製作にあたっては、施工品質の確保や適切な品質検査によって溶接部に良好な品質が得られるよう十分な配慮が必要である。

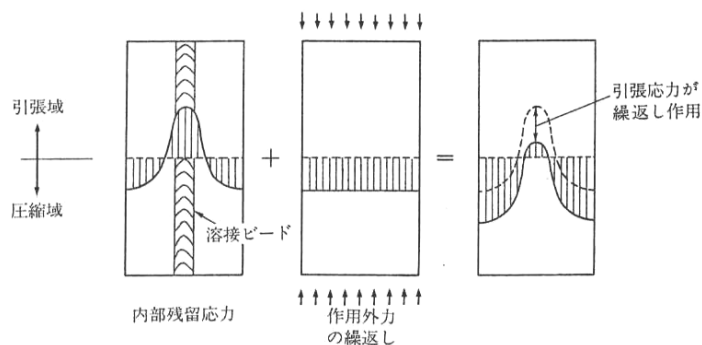


図-3.1.43 溶接残留応力の影響(模式図) 3.3)

iii) 耐久性上望ましくない溶接継手の例

過去の試験結果や、実際の橋で観察された亀裂のケーススタディなどから分かっている、現在、耐久性上望ましくないとされている溶接継手の例を図-3.1.44～図-3.1.48に示す。

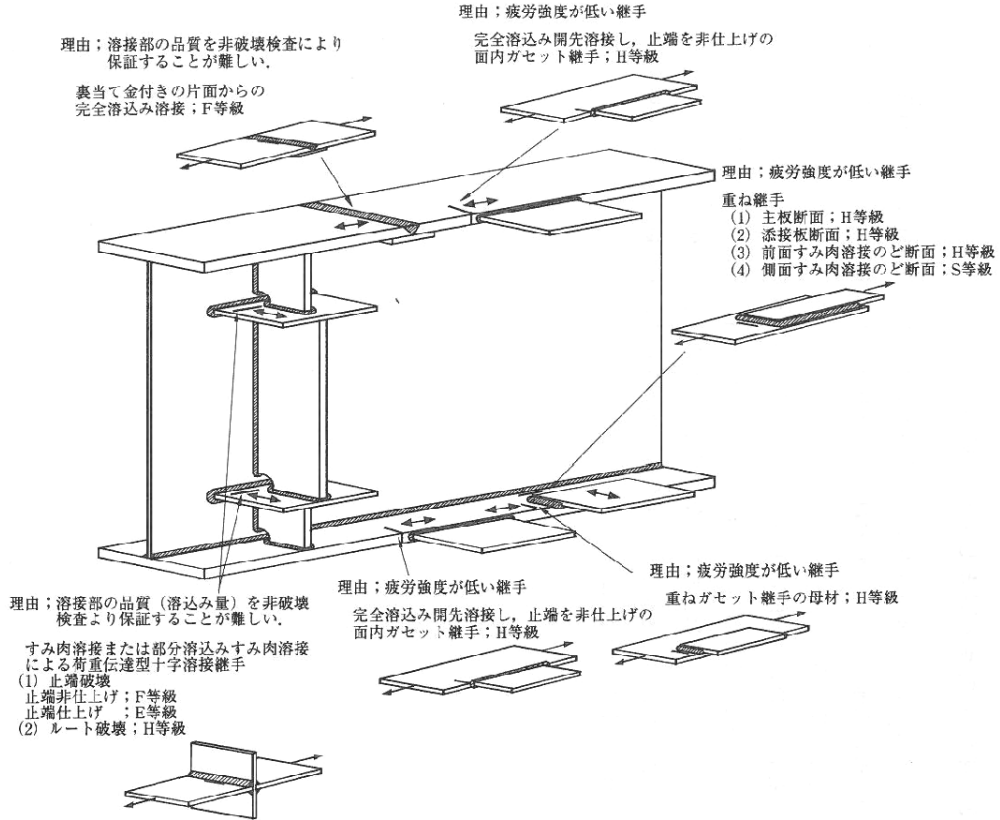


図-3.1.44 過去に鋼鉄桁橋に用いられたが疲労上望ましくない継手の使用例^{3.5)}

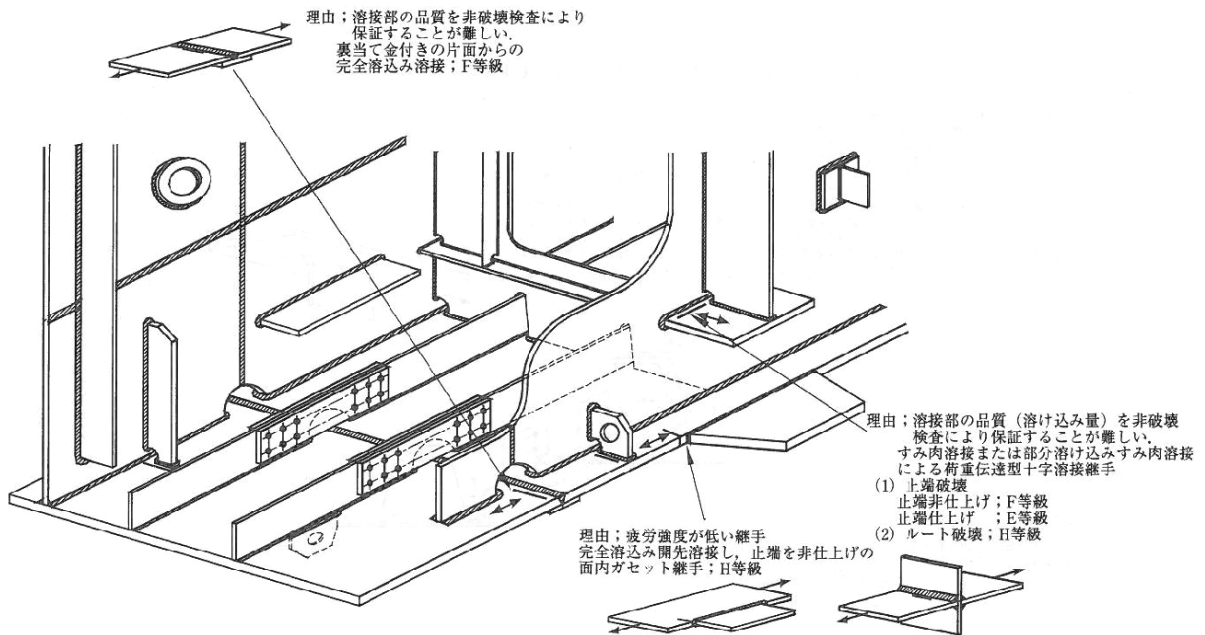


図-3.1.45 過去に鋼箱桁橋に用いられたが疲労上望ましくない継手の使用例^{3.5)}

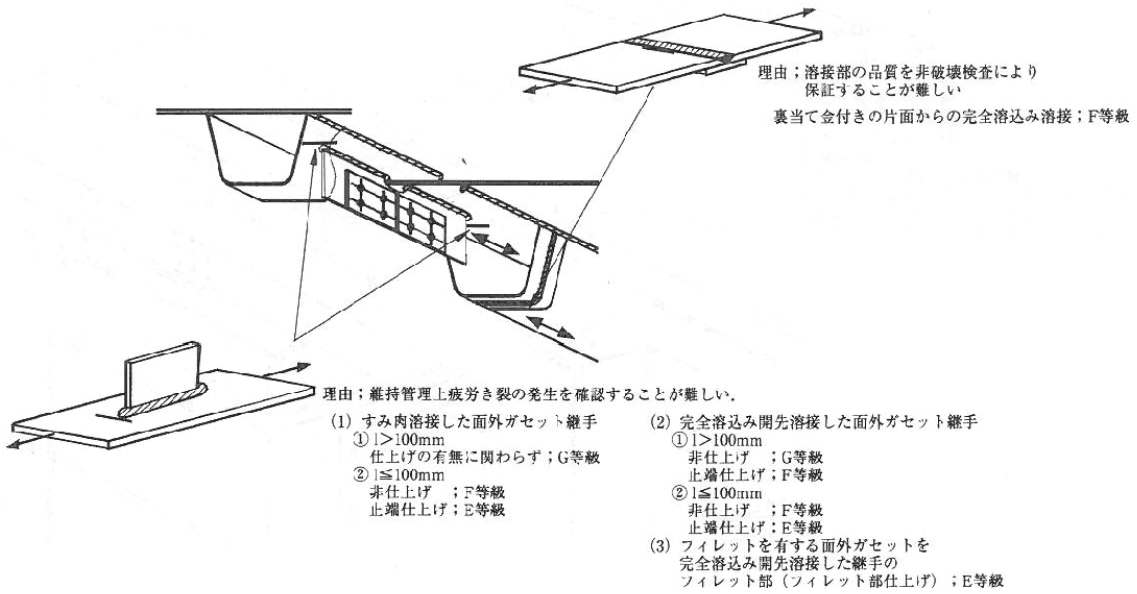
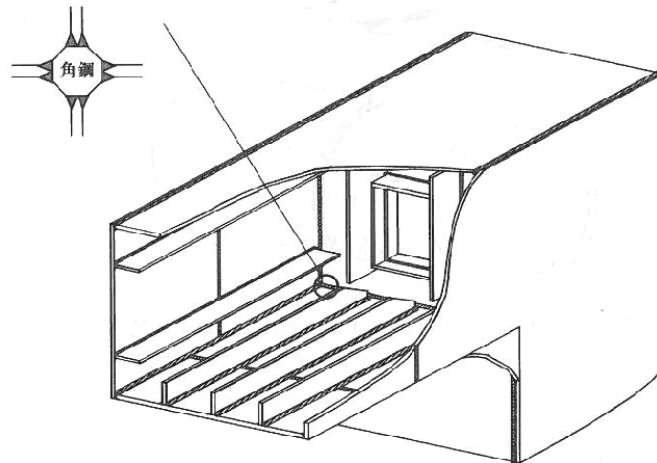
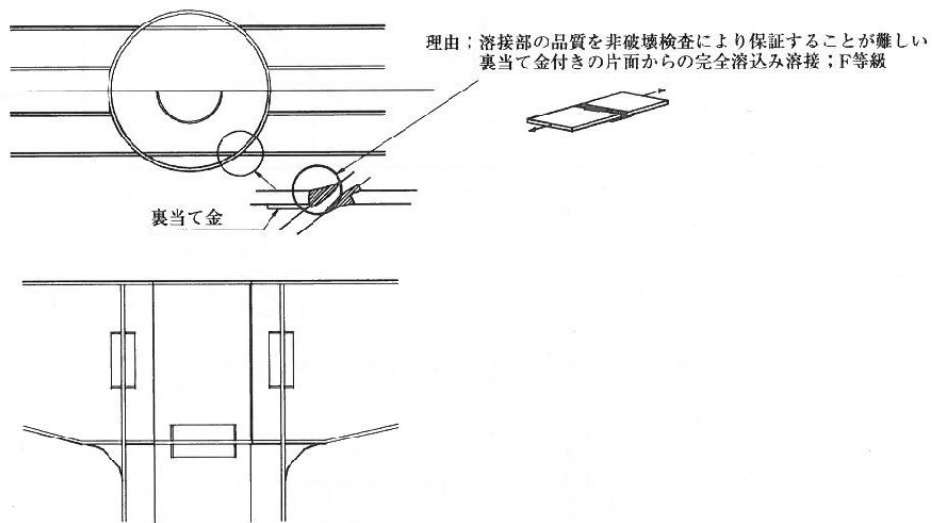


図-3.1.46 過去に鋼床版に用いられたが疲労上望ましくない継手の使用例^{3.5)}

隅角部の構造として下図のような角鋼を用いたディテール
角鋼ではじん性などの品質確保が困難（圧延鋼材から切出すことが望ましい。）、
拘束度が大きい場合、角鋼内部が割れることがある。
（溶接後、角鋼においても非破壊検査を行うことが望ましい。）



(a) 角形柱を用いた鋼製橋脚の隅角部の例



(b) 円形柱を用いた鋼製橋脚の隅角部の例

図-3.1.47 過去に鋼製橋脚に用いられたが疲労上望ましくない継手の使用例^{3.5)}

理由：溶接部の品質を非破壊検査により
保証することが難しい。

裏当て金付きの片面からの完全溶込み溶接；F等級

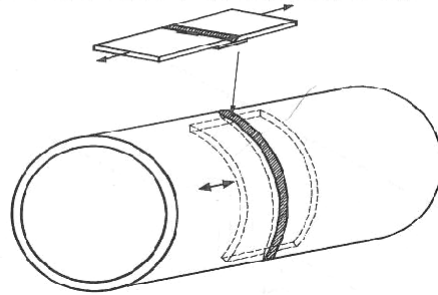


図-3.1.48 過去に鋼管構造に用いられたが疲労上望ましくない継手の使用例^{3.4)}

3.2 橋の設計基準の変遷

ここに示す他には、例えば「橋梁技術の変遷 鹿島出版会」^{3.5)}が参考になる。

3.2.1 橋の設計に用いる荷重（作用）の変遷

(1) 活荷重（車両）

表-3.2.1 技術基準の改定の概要

	年・月	名称	内容
1	M19.8 (1886)	道路築造保存方法	等分布荷重 455kg/m ²
2	T8.12 (1919)	道路構造令、街路構造令	群集荷重 490kg/m ² 車両荷重 国道 7.875t 府県道 6.375t
3	T15.6 (1926)	道路構造に関する細則	1等橋、2等橋、3等橋の規定 材料、荷重、許容応力度（及び割増）の規定 群集荷重 600kg/m ² 自動車荷重 12 t（1等橋） 衝撃荷重の規定
4	S14.2 (1939)	鋼道路橋設計示方書	1等橋、2等橋の規定に変更 等分布荷重 500kg/m ² 自動車荷重 13 t（1等橋） 衝撃荷重の見直し
5	S31.5 (1956)	鋼道路橋設計示方書	床及び床組みの設計のための T-20 荷重の規定（1等橋） 主桁の設計のための L-20 荷重の規定（1等橋） 自動車荷重 20t（1等橋）を想定し規定 等分布荷重 350kg/m ²
6	S39.8 (1964)	鋼道路橋設計示方書	適用支間 150m 以下 活荷重の載荷方法に関して主載荷幅 5.5m と残りの部分に分割
7	S47.3 (1972)	道路橋示方書	適用支間 200m 以下
8	S48.4 (1973)	特定の路線にかかる橋、高架の道路等の設計荷重	TT-43 の規定
9	S55.2 (1980)	道路橋示方書	TT-43 荷重の規定
10	H5.11 (1993)	道路橋示方書	1等橋、2等橋の区分の廃止 活荷重の変更（A活荷重、B活荷重） T 荷重、L 荷重の載荷方法の規定の見直し 自動車荷重 25t 想定し規定

(2) 地震

詳しくは「震災対策便覧 (社)日本道路協会」^{3,6)}を参照のこと。

表-3.2.2 技術基準の改定の概要

	年・月	名称	内容
1	T15.6 (1926)	道路構造に関する細則	最強地震力を考慮 (ただし具体的な数値、計算方法は示されず)
2	S14.2 (1939)	鋼道路橋設計示方書案	水平加速度 0.2g 及び鉛直加速度 0.1g を標準
3	S31.5 (1956)	鋼道路橋設計示方書	水平震度を 0.10~0.35 とし、地域別、地盤別に 9 種類に分類して規定
4	S46.3 (1971)	道路橋耐震設計指針	震度法 (地域別、地盤別、重要度の補正係数を考慮) による耐震計算、応答を考慮した修正震度法、設計水平震度 (0.1~0.3) 液状化の可能性を土質特性等より判定し、液状化する土層の支持力を無視する
5	S55.5 (1980)	道路橋示方書 V 耐震設計編	地震時変形性能の照査法 動的解析の位置づけを行い、設計地震入力を規定
6	H2.2 (1990)	道路橋示方書 V 耐震設計編	震度法と修正震度法を統合し、新たに震度法 (地域別、地盤別、重要度別、固有周期、の補正係数を考慮) による耐震計算、設計水平震度 0.1~0.3、連続橋の耐震設計法を規定、地震時保有水平耐力の照査を規定 (設計震度 0.7~1.0)、動的解析による安全性の照査法を規定
7	H7.5 (1995)	兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様	地震の影響の大きい部材 (RC 橋脚、鋼製橋脚、基礎、支承等) に対する地震時保有水平耐力の照査の実施 (設計震度 1.5~2.0)、動的解析による兵庫県南部地震に対する安全性の照査、免震設計の採用、ねばり強い構造のための配筋細目等
8	H8.12 (1996)	道路橋示方書 V 耐震設計編	兵庫県南部地震の地震動を設計地震動として規定 地震の影響の大きい部材 (RC 橋脚、鋼製橋脚、基礎、支承等) に対する地震時保有水平耐力による耐震設計を実施 液状化が生じる場合の耐震設計法、流動化に対する取り扱いの規定 免震設計法の具体的な規定 鉄筋コンクリートラーメン橋脚の地震時保有水平耐力法の規定 コンクリートを充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力及び変形性能の算定方法の規定、地震時保有水平耐力法に基づく基礎の耐震設計法の規定、支承の地震時の設計法、落橋防止システムの規定
9	H14.3 (2002)	道路橋示方書 V 耐震設計編	レベル 1 地震動、レベル 2 地震動の規定、修正物部岡部式に基づくレベル 2 地震時の主導土圧の評価式及びレベル 2 地震時の動水圧の評価方法を導入 液状化地盤上の橋台基礎の照査方法の規定、鋼製橋脚の耐力~変形性能の評価法の見直し、鋼上部構造、コンクリート上部構造に対する耐震性能照査の考え方を規定、レベル 2 地震動に対する支承部の耐力・変形性能の評価法の見直し
10	H24.3 (2012)	道路橋示方書 V 耐震設計編	レベル 2 地震動 (タイプ I) の見直し、地震の影響を支配的に受ける部材に要求する基本事項の明示、SD390、SD490 の軸方向鉄筋としての適用、構造の合理化、落橋防止システムの規定の見直し

例えば、点検に際しては以下の点に注意が必要である。

- ・昭和 55 年道路橋示方書より古い基準を適用した RC 橋脚などで、補強が行われていない場合、地震時に鉄筋の段落し部における曲げせん断破壊による損傷の恐れがある。

《メモ》

- ① 震度法：地震の影響によって構造物及び地盤に生じる作用について、震度を用いた静的な(または振動しない)荷重に置き換えて耐震性能の照査を行う方法のこと。平成 2 年以前の道路橋示方書では、実際の構造物の固有周期を考慮した設計法を修正震度法とし分けられていたが、平成 2 年の道路橋示方書より修正震度法を含めて震度法として規定された。
- ② 地震時変形性能：地震の影響に対して、たとえ部材の一部が降伏しても部材が著しく強度を失うことなく変形し得る能力のこと。
- ③ 地震時保有水平耐力：構造物の塑性域の地震時水平耐力や変形性能、エネルギー吸収を考慮して静的に耐震性能を照査する方法のこと。
- ④ 免震設計：免震支承を用いて橋の固有周期を適度に長くするとともに、減衰性能の増大を図って慣性力の低減を期待する耐震設計のこと。
- ⑤ 液状化：地震動による間げき水圧の急激な上昇により、飽和した砂質土層がせん断強度を失い、土の構造に破壊が生じること。
- ⑥ 流動化：液状化に伴い、地盤が水平方向に移動すること。
- ⑦ レベル 1 地震動：橋の耐震設計において、橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動のこと。
- ⑧ レベル 2 地震動：橋の耐震設計において、橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動のこと。レベル 2 地震動には、プレート境界型の大規模な地震を想定したタイプ I の地震動と内陸直下型地震を想定したタイプ II の地震動の 2 種類が設定されている。

3.2.2 鋼橋の技術基準の変遷

表-3.2.3 技術基準の改定の概要

	年・月	名称	内容
1	T15.6 (1926)	道路構造に関する細則	許容応力度（及び割増）の規定 部材の細長比、鋼材は建築用鋼（St39）
2	S14.2 (1939)	鋼道路橋設計示方書案	支間 120m 以下 鋼材は SS41 及び SV34 たわみ 1/600（桁）1/800（トラス）
3	S15.4 (1940)	電弧溶接道路橋設計及び製作示方書	適用対象 SS41 溶接材料、溶接機械、溶接の方法、溶接部の寸法、応力計算等の規定
4	S31.5 (1956)	鋼道路橋設計示方書	鉄筋コンクリート床版設計活荷重の規定 床版配力筋は主筋の 25%以上
5	S32.7 (1957)	溶接鋼道路橋示方書	SM41 の規定 合成応力に対する許容応力度規定
6	S34.8 (1959)	鋼道路橋の合成桁設計施工指針	鋼単純合成桁を対象 床版コンクリート 240 kg/m ² 以上
7	S39.6 (1964)	鋼道路橋設計示方書	50 キロ高張力鋼規定 SS50、SM50、SV41 の規定、たわみ制限の緩和
8	S39.5 (1964)	溶接鋼道路橋示方書	鋼床版構造を規定 現場溶接の許容応力度（工場の 90%）
9	S41.7 (1966)	鋼道路橋高力ボルト摩擦接合設計施工指針	使用ボルト F9T、F11T 設計計算はリベットと同様
10	S48.2 (1973)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	従来の鋼道路橋設計示方書、鋼道路橋製作示方書等を統合し、さらにアーチ、ケーブル、鋼管構造、ラーメン構造を新設 高力ボルト新設 床版関係を大幅に改訂整備
11	S55.2 (1980)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	SM58 材の許容応力度改訂 板と補剛板の局部座屈の考慮（許容応力度規定） 高力ボルト摩擦接合継手の設計法の改訂 合成桁のスタッドに関する規定 アーチ橋の変位の影響の考慮と終局強度の照査
12	H2.2 (1990)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	RC 床版厚の改訂 斜張橋ケーブル安全率の変更（3.5→2.5） 現場溶接部の検査と許容応力度の関係定義
13	H5.11 (1993)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	活荷重の変更に伴う RC 床版の設計規定を改訂 鋼床版の設計規定を変更 床組みにおける縦桁の設計規定を変更
14	H8.12 (1996)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	適用板厚 50mm→100mm SS 材の溶接の禁止 溶接時の余熱温度判定法を $C_{eq} \rightarrow P_{CM}$ に改訂 主要部材の連結部における母材の全強 75%規定 高力ボルトの耐力点法締め付けを規定
15	H14.3 (2002)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	疲労の影響を考慮 高力ボルト引張接合継手の規定 プレストレストコンクリート床版 超音波探傷試験による内部傷検査の規定 鋼床版の製作・施工に関する規定
16	H24.3 (2012)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	疲労設計の規定化 鋼床版デッキプレート 16mm に厚板化 鋼部材の圧縮強度（箱断面柱）の改訂 無機ジンク塗装仕様の高力ボルト摩擦接合継手の改訂

例えば、点検に際しては以下の点に注意が必要である。

- ・高力ボルト F11T、F13T が昭和 40 年代に使用され始めたが、突然脆性的に破壊（遅れ破壊）した脱落事故が相次いだ。道路橋示方書では昭和 55 年に削除されているが、古い橋では使用されているものも残っており、点検時には特に注意する必要がある。

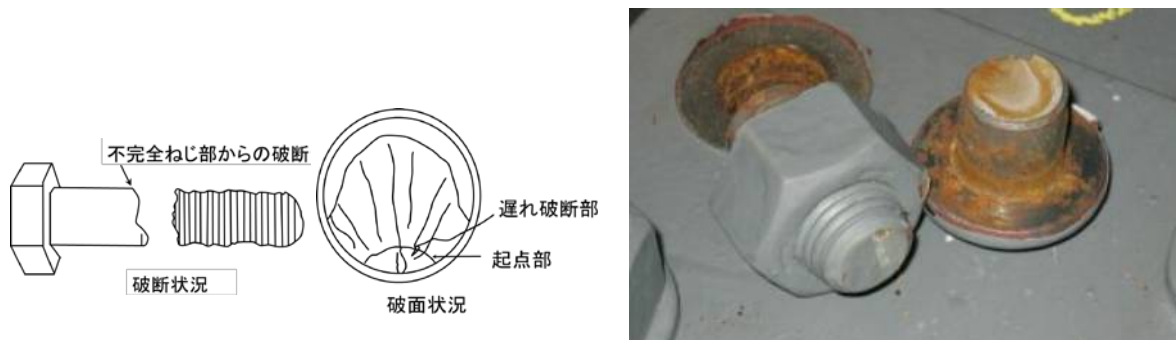


図-3.2.1 高力ボルト (F11T) の遅れ破壊



図-3.2.2 遅れ破壊が生じたボルトが脱落した接合部の例

表-3.2.4 技術基準の改定の概要（溶接）

	年・月	名称	内容
1	S39.5 (1964)	溶接鋼道路橋示方書	定量的な規定がない ・外観、形状は有害な欠陥があってはならない。 ・材片の組み合わせ精度は、著しい誤差がないようにする。
2	S47.10 (1972)	鋼道路橋施工便覧	定量的な規定の設定 ・溶接ビードの表面の凹凸は、ビード長さ 25mm の範囲における高低差が 3mm を越えてはならない ・アンダーカットの深さの規定 a. 主要部材の材片に働く一次応力に直交するビードの止端部（許容値 0.3mm） b. 主要部材の材片に働く一次応力に平行なビードの止端部（許容値 0.5mm） c. 二次部材のビードの止端部（許容値 0.8mm）
3	S48.2 (1973)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	定量的な規定の設定 ・グループ溶接 1) ルート間隔の誤差：規定値±1.0mm 以下 2) 板厚方向の材片の偏心：薄い方の板厚の 10%以下 3) 裏当金を用いる場合の密着度：0.5mm 以下 4) 開先角度：規定値±10° ・すみ肉溶接 材片の密着度：1.0mm 以下
4	H14.3 (2002)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	超音波探傷試験による内部傷検査の規定 鋼床版の製作・施工に関する規定
5	H24.3 (2012)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	施工品質に関する規定を充実

例えば、点検に際しては以下の点に注意が必要である。

- ・昭和 47 年以前では、溶接の検査では定量的な規定がないため、品質の確認方法で客観的な判断基準の統一が図られていない可能性があるため、点検時には注意する必要がある。

表-3.2.5 技術基準の改定の概要 (RC 床版)

	年・月	名称	内容
1	S31.5 (1956)	鋼道路橋設計示方書	T 荷重=80KN 主鉄筋方向の曲げモーメント式の規定 (衝撃は別途考慮) 配力鉄筋量は主鉄筋の 25%以上 鉄筋の許容応力度 140N/mm ² (SR24) 最小床版厚=140mm
2	S39.6 (1964)	鋼道路橋設計示方書	鉄筋の許容応力度 180N/mm ² (SD30)
3	S42.9 (1967)	鋼道路橋の一方向鉄筋 コンクリート床版の配 力鉄筋量設計要領	配力鉄筋量は主鉄筋の 70%以上
4	S43.5 (1968)	鋼道路橋の床版設計に 関する暫定基準 (案)	鉄筋の許容応力度 140N/mm ² (SD30) 最小床版厚=30L+110≧160mm
5	S46.3 (1971)	鋼道路橋の鉄筋コンク リート床版の設計につ いて	T 荷重=80KN (大型車 1 方向 1000 台/日以上の場合 20%増し) 曲げモーメント式の見直し 配力筋方向の曲げモーメント式の規定
6	S48.2 (1973)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	同上
7	S53.4 (1978)	道路橋の鉄筋コンク リート床版の設計施工に ついて	鉄筋の許容応力度 140N/mm ² (SD295) 20 程度の余裕 をもたせる 最小床版厚=k1・k2・d ₀ d ₀ =30L+110≧160mm k1=1.0~1.25 (大型車交通量、補修難易、合成・ 非合成による) k2: 付加曲げモーメントが生じる場合の割増
8	S55.2 (1980)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	同上
9	S59.2 (1984)	道路橋鉄筋コンク リート床版の設計施工指針	最小床版厚=k1・k2・d ₀ d ₀ =30L+110≧160mm k1=1.1~1.25 (大型車交通量による)
10	H2.2 (1990)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	同上
11	H5.11 (1993)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	活荷重の変更に伴い床版の規定を改訂 T 荷重=100KN B 活荷重の場合に曲げモーメント式の割増係数考慮
12	H8.12 (1996)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	同上
13	H14.3 (2002)	道路橋示方書 Ⅱ 鋼橋編	PC 床版の規定

昭和 46 年の道路局長通達とその内容を受けた昭和 47 年道示で RC 床版の設計法が大幅に改訂されている。その後設計された RC 床版と比較すると、それ以前に設計された RC 床版は、床版厚が薄く配力鉄筋量が主鉄筋量の 25%しか入っていないなど、疲労耐久性も低く、一部コンクリートが抜け落ちるなどの損傷事例も報告されている。

表-3.2.6 技術基準の改定の概要（塗装）

	年・月	名称	内容
1	S46.12 (1971)	鋼道路橋塗装便覧	海岸、田園、都市、工業地帯の分類にて塗装系を選定
2	H2.6 (1990)	鋼道路橋塗装便覧	環境の厳しさに応じた塗装系を選定 施工管理と維持管理の手法の見直し
3	H17.12 (2005)	鋼道路橋塗装・防食便覧	塗装仕様は、厳しい腐食環境に耐え、耐久性に優れた塗装系を基本 塗装以外の防食技術についての記述を追加
4	H26.3 (2014)	鋼道路橋防食便覧	近年得られた知見、実績等より、塗装仕様、素地調整、点検及び診断、塗替え方法、有害物質処理、留意事項等を見直し 耐候性鋼材、金属溶射の適用、施工方法、留意事項を見直し

表-3.2.7から表-3.2.9に一般外面塗装系の例を示す。

一般的に塗装系は、下塗り塗料は防錆性と被塗物への付着性を有し、上塗り塗料は耐候性を保持し、中塗り塗料が下塗り塗料と上塗り塗料の付着性を良好に保つというように、複数の塗料それぞれが必要な機能を有し役割を分担することによって、適切な塗装性能が得られるよう構成される。

道路橋の塗装では、耐久性と防食性に優れた防食被覆となるように、機能や特性の異なる複数の塗料を組合せて多層の被膜を形成している。

①防食下地および下塗り塗料

直接的な鋼材の防食は、直接鋼材と接触している最下層の下地塗装がその機能を担い、過去より防食性の優れた塗料が用いられてきた。特に近年の塗装では、鋼材より卑な電位をもち犠牲防食効果（異種金属間接触腐食参照）が期待できる亜鉛を含有した塗料（ジンクリッチペイント）が用いられた重防食仕様とよばれる塗装系が主流となっている。さらに、鋼材面と密着し犠牲防食効果を有する防食下地と、防食下地と密着して水、酸素、塩類などの腐食因子の浸透を抑制する機能を有する下塗り塗料に分けている。また、下塗り塗料を塗付したときに発泡を防ぐために、多孔性の防食下地の上にミストコートと呼ばれる塗料を塗付する。

②中塗り塗装

下地と上塗り塗装の一体性を確保するために、付着性に優れた中塗り塗装が、上塗り塗装と下塗り塗装の間に何層か塗り重ねられ、塗膜全体が形成される。

③上塗り塗装

塗膜の劣化を防止して耐久性を確保するために、塗膜の最外層に腐食因子の遮断効果や紫外線を始めとする様々な環境作用に対する耐候性に優れた塗料が上塗り塗装として施工される。近年は、ポリウレタン樹脂やフッ素樹脂を主体とした塗料が多く用いられている。

点検においては、このような塗装の構造や各層の役割などを理解して、塗膜の変状の状態が防食機能の観点でどのような影響を及ぼしている状態なのか、または予防保全の観点なども踏まえて補修などの措置を行う必要性についても考慮した評価を行うことが重要となる。

表-3.2.7 昭和46年塗装便覧 外面塗装系の例 (A-1 塗装系)

塗装種別	前処理	工場塗装			現場塗装		
		下塗1層	下塗2層	中塗	中塗	上塗1層	上塗2層
A-1	1種ケレン 金属前処理塗料 長ばく用 80g/m ²	鉛丹さび 止ペイン ト1種 200 g/m ²	鉛丹さび 止ペイン ト2種 180 g/m ²			長油性フタル酸樹脂系・中塗 120 g/m ²	長油性フタル酸樹脂系・上塗 100 g/m ²

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を示す。

表-3.2.8 平成2年塗装便覧 外面塗装系の例 (A-1 塗装系)

塗装種別	前処理	工場塗装			現場塗装		
		2次素地調整	下塗1層	下塗2層	中塗	上塗1層	上塗2層
A-1	ブラスト処理 長ばく形エッチングプライマー 130 g/m ² (15 μm)	動力工具処理	鉛系さび止めペイント1種 170 g/m ² 35 μm	鉛系さび止めペイント1種 170 g/m ² 35 μm		長油性フタル酸樹脂塗料中塗 120 g/m ² 30 μm	長油性フタル酸樹脂塗料上塗 110 g/m ² 25 μm

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を、(単位 μm) は目標膜厚をそれぞれ示す。

表-3.2.9 平成17年塗装・防食便覧 外面塗装系の例 (C-5 塗装系)

塗装種別	前処理	工場塗装					
		2次素地調整	防食下地	ミストコート	下塗	中塗	上塗
C-5	ブラスト処理 無機ジンクリッチプライマー 160 g/m ² (15 μm)	ブラスト処理	無機ジンクリッチペイント 600 g/m ² 75 μm	エポキシ樹脂塗料下塗 160 g/m ²	エポキシ樹脂塗料下塗 540g/m ² 120 μm	ふっ素樹脂塗料用中塗 170 g/m ² 30 μm	ふっ素樹脂塗料上塗 140 g/m ² 25 μm

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を、(単位 μm) は目標膜厚をそれぞれ示す。

1種ケレン：ケレンとは素地調整の通称であり、1種ケレンとはブラストによる素地調整の作業内容を示している。素地調整後の処理状態を具体的に規定しているものではない。

ブラスト処理：研掃材を噴出しその衝撃力で黒皮、さびなどは完全に除去する方法であり、原板処理や新設の工場塗装に適用される。

プライマー：ブラスト処理した直後の鋼材の発錆を防ぐための塗装のこと。ブラスト処理後の鋼材表面はさびを生じやすいので、ブラスト処理後できるだけ早く短期間の防錆を目的とした速乾性の塗料を塗る必要がある。

長ばく形エッチングプライマー：速乾性があり、鋼材面への優れた密着性を有しており、3か月程度の屋外暴露に耐える。種々の塗料を塗り重ねることができるが、無機ジンクリッチペイントを塗り重ねることはできない。

無機ジンクリッチプライマー：速乾性があり、鋼材面への優れた密着性を有しており、6か月程度の屋外暴露に耐える。さび面とは密着しないので、ブラスト処理を行った鋼板に塗布する。

3.2.3 コンクリート橋の技術基準の変遷

表-3.2.10 技術基準の改定の概要

	年・月	名称	内容
1	S30.4 (1955)	プレストレストコンクリート設計施工指針	コンクリートの品質と許容応力度を規定 P C 鋼材の規格値の設定
2	S31.11 (1956)	鉄筋コンクリート標準示方書	鉄筋の J I S 規格化
3	S36.6 (1961)	プレストレストコンクリート設計施工指針	許容軸方向圧縮応力度が圧縮部材と引張部材とに区分 P C 鋼材の J I S 規格化
4	S39.6 (1964)	鉄筋コンクリート道路橋設計示方書	床版橋、T 桁橋、箱桁橋、ラーメン橋及びアーチ橋の設計や細部項目の規定 床版の設計曲げモーメントの算定式を規定 最低設計基準強度 (28 日強度) を規定
5	S43.3 (1968)	プレストレストコンクリート道路橋示方書	床版橋軸方向の設計曲げモーメントの算定式を規定 軸方向引張力はフルプレストレストと規定
6	S53.1 (1978)	道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編	道路橋示方書として R C 示方書と P C 示方書を統合。 終局荷重作用時の破壊に対する安全度の照査を規定 せん断に対する設計の改訂
7	H2.2 (1990)	道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編	床版の設計に関する規定、曲線橋の規定、斜張橋の規定、フレッシュコンクリート及びグラウトの許容塩化物量の規定
8	H5.11 (1993)	道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編	活荷重の変更に伴う 床版の設計規定を改訂
9	H8.12 (1996)	道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編	終局荷重作用時の荷重の組合せの変更 設計基準強度 $600\text{kgf}/\text{cm}^2$ を規定 T 桁橋の中間横桁設置に関する規定 プレキャストセグメント橋の規定 支承及び落橋防止装置などから水平力を受ける部材の構造細目の規定 外ケーブル構造の規定 塩化物含有量の規定 ($0.30\text{kg}/\text{m}^3$) グラウトのブリーディング率の規定 (原則 3%)
10	H14.3 (2002)	道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編	コンクリートの斜引張応力度、押抜きせん断応力度の見直し 死荷重作用時の鉄筋の許容応力度の規定 塩害対策規定 ノンブリーディング型グラウトを標準 プレグラウト P C 鋼材の規定 施工に関する規定の充実
5	H24.3 (2012)	道路橋示方書 Ⅲ コンクリート橋編	従来よりも降伏点の高い鉄筋 SD390、SD490 を規定 合成桁橋の桁と床版の接合に関する規定を見直し 複合構造の基本的事項を新たに規定 かけ違い部の規定を削除

例えば、点検に際しては以下の点に注意が必要である。

- ・平成2年の道路橋示方書制定以前（「コンクリートの塩化物総量規制について、昭和61年6月、建設省」通達以前）の構造物の中には、塩化物イオンの総量規定前であるため、除塩されていない海砂が使用されている場合もある。
- ・平成2年の道路橋示方書制定以前（「アルカリ骨材反応抑制対策について、平成元年7月、建設省」通達以前）ではアルカリシリカ反応性試験を実施していないため、アルカリ骨材反応が生じる骨材も使用されていた可能性もある。
- ・PC定着工法については、平成6年以降は旧建設省の標準設計から上縁定着方式がなくなったが、それまでに建設されたPC橋には上縁定着されている場合がある。橋面の排水が上縁の後埋めコンクリート打継ぎ面から定着具やシース内に浸入し、PC鋼材を腐食・破断へと導く危険性がある。特に橋面に凍結防止剤が散布されている路線の橋梁で生じる可能性が高い。

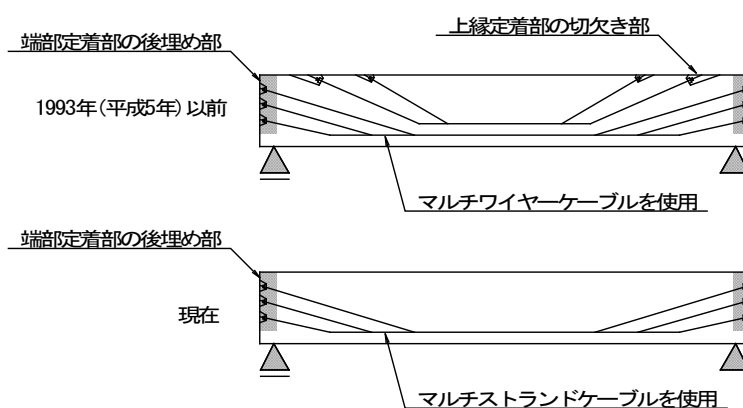


図-3.2.3 PC鋼材の定着部

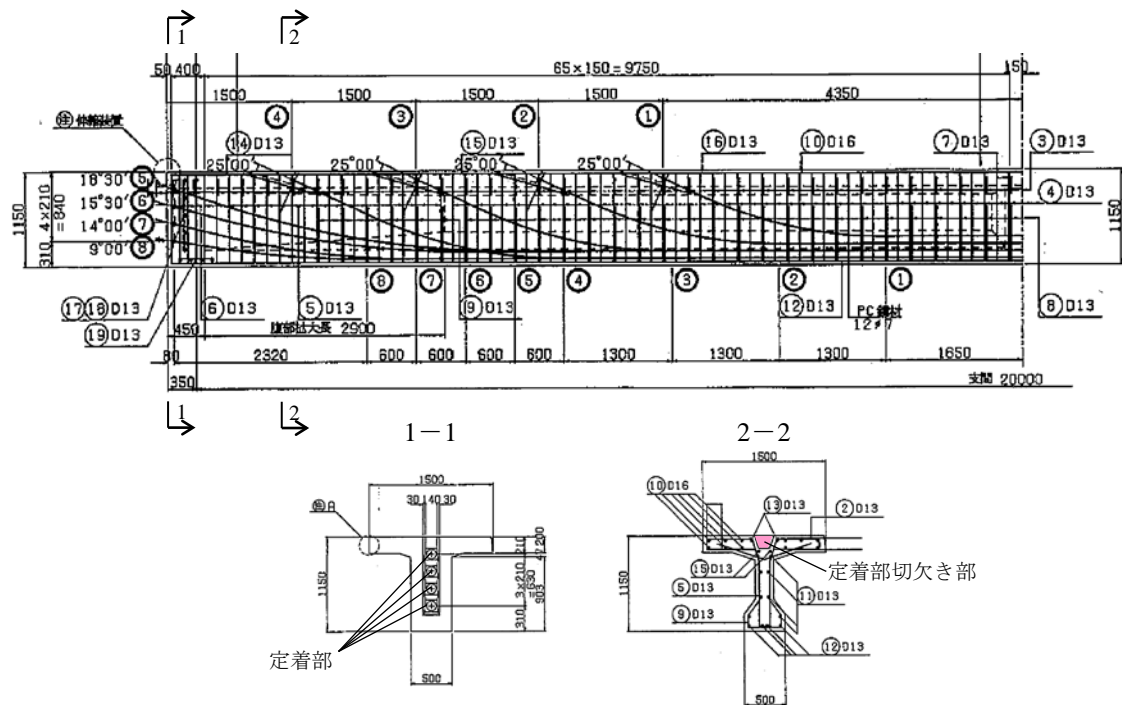


図- 3.2.4 PC鋼材の定着部の配筋例（平成5年以前）

- ・PCT桁橋の間詰床版は、古くはPCT桁の上フランジ側面は鉛直であったが、ポストテンション方式T桁では昭和44年、プレテンション方式T桁では昭和46年の標準設計及びJISの改定によって、上フランジ側面にテーパが付けられ床版が抜け落ちにくい構造に改良された。

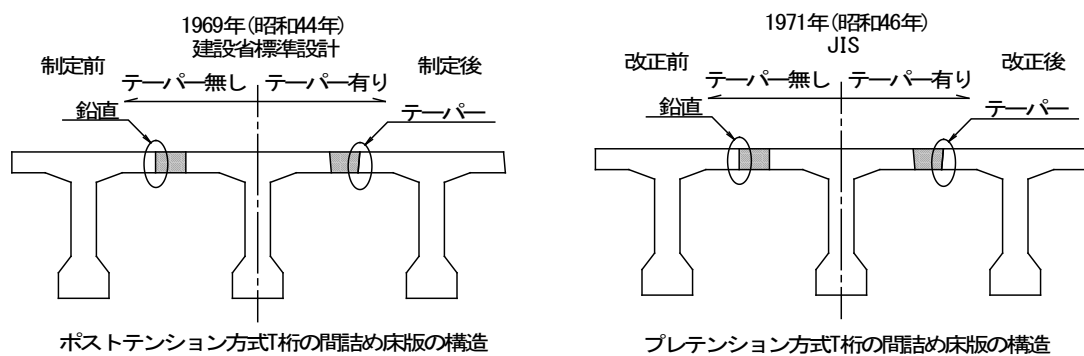


図-3.2.5 PCT桁の間詰め床版の構造



図-3.2.6 PCT 桁の間詰め部の写真（漏水、さび汁）

《メモ》

- ① 設計基準強度：コンクリート部材の設計において基準となる圧縮強度のこと。一般的に材齢 28 日の強度を示す。
- ② フルプレストレス：コンクリートに引張応力を発生させない応力状態のこと。
- ③ フレッシュコンクリート：セメント、水、骨材等を練り混ぜた直後から凝結・硬化するまでの状態のコンクリートのこと。
- ④ グラウト：空げきや間げきに注入するセメントミルクや薬液等のこと。
- ⑤ ブリーディング：コンクリート打設後に、骨材、セメント粒子の沈降または分離によって、練り混ぜ水の一部が遊離して上昇する現象のこと。

3.2.4 下部構造の技術基準の変遷

表-3.2.11 技術基準の改定の概要

	年・月	名称	内容
1	S39.3 (1964)	道路橋下部構造設計指針 くい基礎設計編	設計の一般事項
2	S41.11 (1966)	道路橋下部構造設計指針 調査及び設計一般	クーロン土圧による土圧計算 粘性土に粘着力を考慮 許容応力度・許容支持力の規定
3	S43.3 (1968)	道路橋下部構造設計指針 橋台・橋脚設計篇 直接基礎設計篇	斜橋の橋台に働く土圧、地震荷重の統一的な算定方法を規定 直接基礎の設計の規定
4	S43.10 (1968)	道路橋下部構造設計指針 くい基礎の施工篇	鉄筋コンクリート杭、PC杭、鋼杭を中心に規定 継手、杭頭仕上げについて規定
5	S45.3 (1970)	道路橋下部構造設計指針 ケーソン基礎設計篇	くい基礎・ケーソン基礎・直接基礎の範囲を示す 鉛直、水平の荷重分担要素の明確化 ケーソンの設計に必要な項目の規定
6	S48.1 (1973)	道路橋下部構造設計指針 場所打ち杭の設計施工篇	場所打ち杭の定義（深礎も場所打ち杭） 杭の設計径、コンクリートのヤング係数、許容支持力度を規定 具体的な施工手引きとして、機械掘削・人力掘削に分けた
7	S55.5 (1980)	示方書・同解説 IV下部構造編	部材照査方法に関してコンクリート橋編と整合 杭基礎の鉛直支持力の算定方法を改訂 中掘り杭工法の設計施工規定
8	H2.2 (1990)	道路橋示方書 IV下部構造編	各種基礎の設計法の適用範囲に関する解説の充実 地盤反力係数の算定式やフーチングの剛体判定式の統合 岩盤上直接基礎の許容支持力度や弾性体基礎の許容変位量の規定 高強度水中コンクリートや太径鉄筋の規定 暴風時の取り扱いの見直し
9	H5.11 (1993)	道路橋示方書 IV下部構造編	下部構造の設計における活荷重の載荷方法の見直し 胸壁設計における断面力算定式の見直し
10	H8.12 (1996)	道路橋示方書 IV下部構造編	橋梁の各部位に地震時保有水平耐力法を導入したことに伴う照査方法の規定 部材のじん性向上のための細目 建設費縮減のための構造形状の単純化 鋼管矢板基礎の規定 ケーソン基礎設計法の改訂
11	H14.3 (2002)	道路橋示方書 IV下部構造編	死荷重作用時の鉄筋の許容応力度の規定 コンクリート部材の塩害対策規定 フーチングの曲げ及びせん断に対する設計法の見直し 直接基礎の極限支持力算定式の見直し プレボーリング杭工法、鋼管ソイルセメント杭工法、パイプ ロハンマ杭工法の規定 場所打ち杭、中掘り杭、鋼管矢板基礎及び地中連続壁基礎の 支持力推定式の見直し
12	H24.3 (2012)	道路橋示方書 IV下部構造編	従来よりも降伏点の高い鉄筋 SD390、SD490 を規定 橋台部ジョイントレス構造の設計を規定 橋台背面アプローチ部の規定 道路橋基礎に求められる基本事項を規定 回転杭工法の規定

3.2.5 支承の技術基準の変遷

表-3.2.12 技術基準の改定の概要

	年・月	名称	内容
1	S39.6 (1964)	鋼道路橋設計示方書	铸铁製の鋼製支承が基本 水平震度（固定支承）は0.2を標準として地震別、過去の被災別に割増を考慮
2	S47.3 (1972)	道路橋示方書 I 共通編	可動支承には移動制限装置を設けることが規定 巻末資料に旧 JH 標準設計図
3	S48 (1973)	道路橋支承便覧	支承の設計、製作、架設を含めた内容の指針
4	S51、S54 (1976、 1979)	支承標準設計	ゴム支承、すべり支承、ピン支承、ころがり支承の標準設計集
5	S55.2 (1980)	道路橋示方書 II 鋼橋編	S53 宮城県沖地震の調査をもとに、耐震上の配慮から铸铁製の支承は使用しないように示唆される
6	H8.12 (1996)	道路橋示方書 V 耐震設計編	地震力の分散と高減衰化に重点をおいた免震設計法の規定 支承高さの高いピンローラー支承及びピボットローラー支承は極力使用を避けるのがよい
7	H16.4 (2004)	道路橋支承便覧	機能分離型の支承部を追加

3.2.6 河川管理施設等構造令の変遷^{3.7)}

(1) 昭和51年「河川管理施設等構造令」

河川管理施設又は河川法第26条第1項の許可を受けて設置される工作物のうち主要なもの（ダム、堤防、床止め、堰、水門及び樋門、揚水機場、排水機場、取水塔、橋並びに伏せ越しを対象）についての構造基準として施行された。

第60条 河川区域内に設ける橋台及び橋脚は、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。
2. 河川区域内に設ける橋台及び橋脚は、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げず、付近の河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに橋台又は橋脚に接続する河床及び高水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とするものとする。

河川管理施設等構造令より引用

堤防に設ける橋台の位置は、洪水の流下断面を阻害しない位置に設置しなければならない、特に川幅が50m未満の小規模な河川については、橋台の設置位置が洪水流下に与える影響が特に大であるとして、堤防の表のり肩より表側の部分に橋台の前面が出ないようにしなければならない。

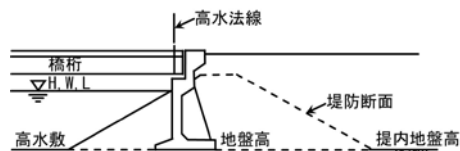


図-3.2.7 橋台の位置（川幅50m以上）

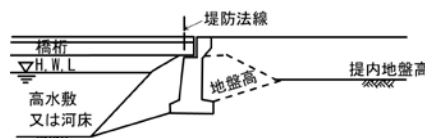


図-3.2.8 橋台の位置（川幅50m未満）

第62条 河道内に設ける橋脚の水平断面は、できるだけ細長い楕円形その他これに類する形状のものとし、かつその長径の方向は、洪水が流下する方向と同一とするものとする。ただし、橋脚の水平断面が極めて小さいとき、橋脚に作用する洪水が流下する方向と直角の方向の荷重が極めて大きい場合であつて橋脚の構造上やむを得ないを認められるとき、又は洪水が流下する方向が一定でない箇所に設けるときは、橋脚の水平断面を円形その他これに類する形状のものとする事ができる。

河川管理施設等構造令より引用

河積を阻害する程度を必要最小限にとどめるための一般的な目安としては、河積阻害率（橋脚の総幅が川幅に対して占める割合）により検討されている。ここで川幅とは、流向に対して直角に測った計画高水位と堤防のり面の交点間の距離であり、橋脚の幅とは流向に対して直角に測った計画高水位の位置における幅のことである。

一般の橋の河積阻害率は原則として5%以内を目安とし、新幹線鉄道橋及び高速自動車国道橋の河積阻害率は7%以内を目安としている。これは一般的な目安であるが、橋の構造上やむを得ず河積阻害率が上記の値を超える場合であっても、一般の橋は6%、新幹線鉄道及び高速自動車国道橋は8%以内にそれぞれとどめるようにするべきである。既設橋梁の補

修・補強に関しては、補修・補強工法と河積阻害率について十分に検討する必要がある。

橋脚の根入れが不足すると、橋脚自体の安全性が損なわれるとともに、橋脚付近における局所洗掘が助長され著しい支障を及ぼし、さらには洪水時の異常洗掘によって最悪の場合には落橋して大きく河積を阻害するような事故も起きている。河道内に設ける橋脚の基礎部は、低水路及び低水路の河岸の表面から深さ 2m 以上の部分に、その他の高水敷においては高水敷の表面から深さ 1m 以上の部分に設けるものとされている。

図-3.2.10に河床低下や洗掘を受けた橋の例を示す。洗掘は河川の流れ、海水の潮汐流などにより基礎を支持する地盤の土砂が流され、基礎の支持状態が不安定になって基礎が傾斜・沈下する現象である。河床洗掘を受けやすい橋梁基礎の特徴としては以下のものがあげられる。

- 1) 河川の特性としては、急流河川、扇状地、湾曲部、水衝部、狭隘部、河川の合流部など
- 2) 橋梁の構造としては、河積阻害率が大、桁下高が不足、パイルベント橋脚、根入れの小さい基礎（直接基礎）、設計年代の古い橋梁（S55 道示や S51 河川管理施設等構造令の発刊以前）、など
- 3) 自然現象としては、集中豪雨が発生した場合、多量の流木が河川内に流入した場合など

さらに、河川の状況としては、図-3.2.9に示す要因を有している場合、外観上変状がみられなくても、基礎が洗掘している可能性が高い。

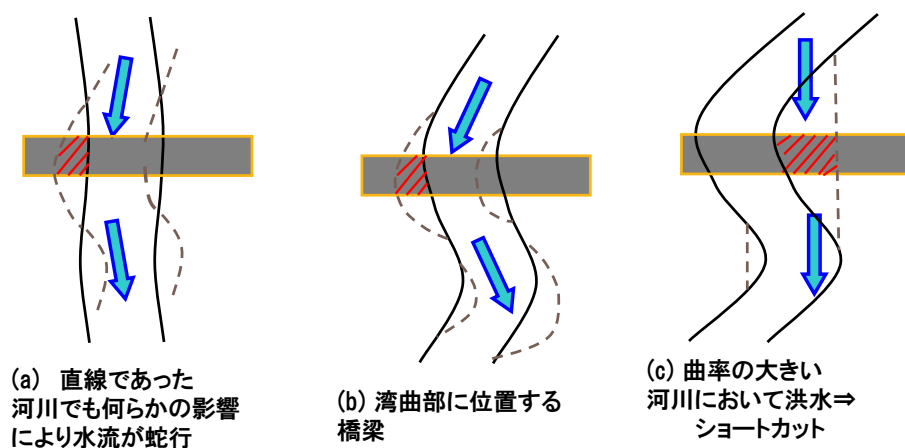


図-3.2.9 洗掘発生の変因（河川の状況）



図-3.2.10 河床低下や洗掘を受けた橋の例

計画高水位以下の洪水はすべて安全に流下させなければならず、橋に流木などが引っかかりそれが原因で災害などが発生するようなことは起きてはならないため、構造令では径間長の規定が設けられている。

第 63 条 橋脚を河道内に設ける場合においては、当該箇所において洪水が流下する方向と直角の方向に河川を横断する垂直な平面に投影した場合における隣り合う河道内の橋脚の中心線間の距離は、山間狭窄部であること、その他河川の状況、地形の状況等により治水上の支障がないと認められる場合を除き、以下の式により求められる値以上とするものとする。

$$L = 20 + 0.005Q$$

ここで、L：径間長（m）

Q：計画高水流量（ m^3/s ）

河川管理施設等構造令より引用

この基準径間長のほか、5m の緩和規定、中小河川の緩和規定、流心部以外の部分の特例、近接橋の特例などもある。

橋脚の影響による流水の乱れ又は流木などに対し堤防を保護するとともに、橋台の設置による堤防の弱体化に対する補強措置、また橋による日照障害により芝の生育不能に代わるのり覆工として、護岸を設ける必要があり、護岸を設ける範囲は図-3.2.11のとおりである。

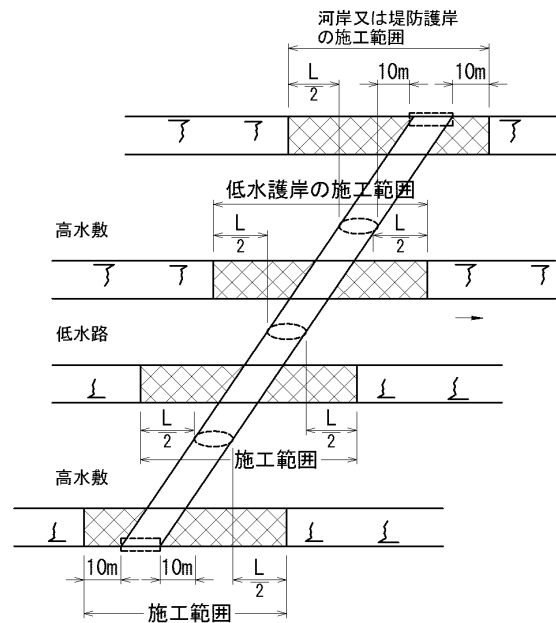


図-3.2.11 橋の設置に伴い必要となる護岸長

4) 平成10年「河川管理施設等構造令及び同令施行規則の施行について」河川局長通達

河川法の一部を改正する法律の施行に伴い、河道内に設ける橋脚の径間長に関する基準の緩和、等を行ったものであり、橋に関する具体的な内容は以下のとおりである。

- 5) 流木の集団流下の主な原因であった木橋の設置数の激減、これまでの実験結果及び閉塞事例等から径間長の最大値を50mに緩和。
- 6) これまでの同種の橋の閉塞事例、木橋の設置数の激減等から、大都市地域の大河川の橋及び新幹線、高速道路等に係る橋の径間長の10mの加算を廃止。
- 7) これまでの流心部以外の部分での橋の閉塞事例から、基準径間長が25mを超える場合、流心部以外での最低径間長を25mに緩和。

参考文献

- 3.1) 道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編 平成24年3月 (社)日本道路協会
- 3.2) 鋼道路橋設計便覧 昭和54年2月 (社)日本道路協会
- 3.3) 鋼橋の疲労 平成9年5月 (社)日本道路協会
- 3.4) 長岡技術科学大学環境・建築系 コンクリート研究室 下村教授 HP
 コンクリートに関する講義のページ 建設工学課程3年生「コンクリート構造の力学」
 「資料3・鉄筋コンクリート棒部材の曲げ・曲げの計算仮定」
http://concrete.nagaokaut.ac.jp/edu/rc/rc_katei_2014.pdf
- 3.5) 鋼道路橋の疲労設計指針 平成14年3月 (社)日本道路協会

- 3.6) 橋梁技術の変遷 平成 12 年 12 月 鹿島出版会
- 3.7) 道路震災対策便覧(震前対策編) 平成 18 年 9 月 (社)日本道路協会
- 3.8) 解説・河川管理施設等構造令(財)国土開発技術研究センター編 平成 11 年 11 月

4. 橋梁の点検

4.1 道路橋の維持管理

4.1.1 点検

点検は橋梁の損傷、機能等の状態を把握し、必要な措置を行うために必要な情報を得るなどの目的で行われる。

道路橋は、一旦供用すると絶え間なく様々な作用を受けながら長期間使用されるため、状態は絶えず変化しつづける。したがって、供用安全性の確保のために、供用期間を通じて適切なタイミングでかつ様々な手段による状態の確認が行われることが必要となる。

法的には、道路法およびそれに基づいて定められた政省令（道路法施行令第35条の2第2項、道路法施行規則（昭和27年建設省令第25号）、トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第426号））に従う定期点検が義務づけられる。管理者がその責任において適切な保全を合理的に行う為には、これとは別に、必要に応じて様々な内容や手段の点検が組み合わせられて実施されることが一般的である。さらに法で定められた健全性の診断を行いその結果を記録・保存する以外に、どのような情報を記録・保存するのかについては、データを用いた様々な分析の実施などどのような維持管理を行うのかに応じてそれぞれの管理者にて定めるものであり、法定のものは存在しない。

道路橋の供用安全性を合理的に確保するためには、徐々に進行する経年的な劣化以外にも、事故や災害などによる突発的な状態の変化や障害の発生、特殊な調査や高度な専門性をもった技術者による評価が不可欠な損傷や劣化の発生など様々な事象に対して、二次災害の防止や予防保全の実現などの目的に応じて、適切なタイミングで状況を把握することが不可欠である。そのため国では、これまで国管理の道路橋に対して、通常点検・定期点検・中間点検・特定点検・異常時点検の異なる点検を組み合わせる点検体系を採ってきている。

以下に全国の地方整備局でこれまで行われてきた道路橋の点検体系に沿って、道路橋の管理方法について、基本的な考え方を紹介する。

ここで示す点検体系や様々な情報収集体系については、あくまで全国の地方整備局において行われてきたものであり、必ずしもこれと同じことを行うことが他の管理者にも義務づけられているわけではない。法律に基づき定められた事項以外の維持管理行為の内容や方法については、合理的な維持管理が行えるよう管理者毎に設定しなければならないことに注意が必要である。

なお、ここに挙げる以外に、事故や不具合の発生を受けて、緊急調査などが全国規模で統一的行われる場合もあるが、これらは特定の事象に対する特別な対応であり普遍的な点検体系とは別として考えるべきものである。また、例えばコンクリート片の剥落などによる第三者被害の可能性のある部位のみに特化して、頻度及び方法を定めて予防保全の観点から計画的かつ定期的に点検を実施する場合があるなど、適切な維持管理のためには、ここに挙げるもの以外にも管理者毎にそれぞれが有する資産の状態などに応じて様々な体系や方法の点検が実施されることが必要である。ここに紹介した点検だけを行えばよいというものでは

ないことにも注意しなければならない。

(1) 通常点検

通常点検は、突発的に生じる不具合や損傷を早期に発見するために、高い頻度で行われる点検である。日常巡回やパトロールと合わせて行ったり、巡回やパトロールそのものがこれを兼ねるものと位置づけられる場合もある。

適当な点検頻度は、交通量や沿道環境、橋や附属物等の状態などによっても異なるため、管理者のみならず路線によっても同じでないことが多い。

点検方法は、道路パトロールカー内からの目視で行われることが多く、必要に応じて車外に出て近接したり、徒歩巡回などが行われることもある。

国の場合、通常巡回として日常の道路巡回時に道路パトロール車内から橋梁の異常を発見する目的で、道路巡回実施要領(案)に準じて行われていることが多い。

(2) 定期点検

定期点検は、橋梁の損傷状況の把握及び健全性の診断をあらかじめ頻度を定めて計画的に実施する詳細な点検である。

全ての部材に近接して目視調査を行うことが基本であり、必要に応じて非破壊検査機器なども用いて必要な情報を得る。

定期点検は、安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害の防止、橋梁に係る維持管理の効率的な実施を目的に、必要な健全性の診断を行うこと及び記録を採ることを行う最も基礎的な点検であり、維持管理上、最も重要な点検といえる。

様々な点検機器等が開発されているが、現在のところ必要な知識と経験を有する技術者による目視調査が信頼性や経済性の面で優位性があると考えられている。そのため目視調査が不可能又は著しく困難な場合には、機器等による方法が用いられることもあるが、この場合にも当該部位のみならず目視可能な部位を技術者は調査し、両調査結果を踏まえて健全性の診断を行うことが求められる。

(3) 中間点検

中間点検は、定期点検を補うために、定期点検の中間年に実施するもので、定期点検時に、次回の定期点検まで待たずに途中で状態確認を行うことが必要と判断された場合に計画される。点検の方法や内容、点検対象とする範囲は、中間点検の必要性の判断を行うのと合わせて対象となる事象や目的に応じて適当なものとしなければならない。

中間点検は、定期点検の中間年に実施することにより定期点検を補うものである。例えば、塩害やアルカリ骨材反応などの進行する劣化事象が疑われ場合や鋼材の亀裂の進展性を見極めるなどの必要に応じて、適切な措置方針等の判断のために次回の定期点検まで放置することが適当でないと考えられた場合には、対象事象や目的に応じて中間年に点検を行うことが合理的となる場合があることから、点検体系に位置づけられているものである。

中間点検は、対象事象に応じて計画されるものであり、放置されないように、中間点検の時期や内容、必要となった理由について関係者間で確実に引き継がなければならないことに注意が必要である。

事象によっては、中間点検が行われるまでの間に、別途調査や経過観察としてモニタリングなどを行うことが必要と考えられる場合もあり、中間点検の計画と合わせて検討し、これらの対応が全体として合理的なものとなるようにする必要がある。

(4) 特定点検

特定点検は、塩害やアルカリ骨材反応、鋼部材の疲労等の定期点検のみでは適切かつ十分な評価が困難な特定の事象に対して、定期点検とは別に、それぞれの事象に特化した内容によって行われる点検である。

特定点検は、定期点検とは実施内容や評価方法が異なるため、特定点検が行われる部材や事象に対しても、定期点検は別途行われる。なお点検時期を調整して同時に両方の点検を行うなどの工夫を行うことで両方の目的をそれぞれ達成しつつ全体として経済性の観点からもできるだけ合理的なものとする。

(5) 異常時点検

異常時点検は、地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害や大きな事故が発生した場合などに、橋梁の状態を確認するために臨時で行われる点検である。

異常時点検は、一般には、地震や台風などの災害や大きな事故が発生した場合などで、橋梁に異常が生じている可能性が疑われる場合に臨時に行われるものである。一定の震度以上の地震が観測された場合などに行われている緊急点検などがこれに該当する。点検では、橋梁の安全性のみならず、安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害の防止など様々な

観点で調査が行われる。このとき、点検が必要となった原因事象によっても点検内容や手段は異なるとよい。

なお、台風や集中豪雨などで、橋梁に障害が生じるような影響が懸念される場合に、事前に橋の状態を確認したり、飛散や倒壊などの事故原因となり得る状況の改善を行う為に行われる点検も、分類としては異常時点検として扱い実施記録なども適切に整備しておくのが良い。

4.1.2 調査

維持管理段階では、様式や方法をあらかじめ決めて計画的に行われる点検とは別に、様々な目的で個別に様々な調査が必要となることが多い。調査は、次回の定期点検までの措置の考え方を判断するために必要となる損傷の原因究明や進展性の評価、補修補強の必要性の判断などのために行われ、当該橋に行われる点検及びその計画の前提となるなど密接に関係している。そのため国の管理する道路橋の点検体系では、詳細調査と追跡調査の2つが点検との関係において位置づけられている。以下に、これらの調査について紹介する。

(1) 詳細調査

詳細調査は、損傷の状態をより詳細に把握したり、原因の推定や進行性の評価、あるいは次回定期点検までの補修や補強の必要性の判断などのために行う調査である。

定期点検時に、健全性の診断を行う前提として行われる必要がある調査との位置づけで詳細調査が必要とされた場合、対象に対する定期点検における診断は保留され、速やかに詳細調査を行ったうえで、定期点検の評価を確定させることとなる。

詳細調査は、補修等の必要性の判定や補修等の方法を決定するため、損傷原因や損傷の程度をより詳細に把握する目的で実施するものであり、損傷の種類に応じて適切な方法で行うことが必要である。

(2) 追跡調査

追跡調査は、詳細調査を行った結果、さらに定期点検時の状態確認とは別に、継続的に計測や検査などによる情報収集を行ったり、状態監視などが行われる場合の調査を指す。例えば一度の詳細調査だけでは原因が特定できなかった場合や、劣化の進行や損傷の拡大傾向などの推定のためには、時間をおいて更なる調査を実施する必要がある場合もある。

詳細調査の場合と同様に、対象に対する定期点検における診断を保留せざるを得ない場合は、記録においてもその旨を明確にするとともに、追加調査によって定期点検としての評価の確定ができ次第、定期点検結果及びその後の維持管理計画に反映させることになる。

補修や補強の必要性を見極めるために、時間をおいた複数回の調査を行って進行性を確認することのある代表的な損傷には、鋼部材の亀裂、コンクリート部材のひびわれ、下部構造の沈下、移動、傾斜、洗掘などがある。原因や現象に不明な点があり、詳細調査や追加で調査が行われる場合にも、供用中の道路として求められる安全性が確保されている必要があるため、それらの解明とは別に供用安全性やその確保策については都度的確な判断が必要であることに注意しなければならない。

4.1.3 維持修繕

維持管理段階の道路橋に対しては、機能の回復や性能の向上、新たな機能の付与など様々な目的や観点から部材の追加や更新などで構造に手が加えられることがある。

これらの行為については、一般に、維持、補修、補強という3つの用語が当てられることが多いが、それぞれの用語の定義については、各種の技術資料や技術基準によっても同じではない。

そのため本書では、基本的に次の定義に沿って用語を使い分けている。各種団体や各道路管理者の図書や基準類を用いたり参照したりする場合には、本書の定義によらずそれぞれの図書や基準類の定義に従い、誤解のないように注意が必要である。

(1) 維持

既設橋の機能を保持するために、一般に日常計画的に反復して行われる措置。

既設橋の機能を一定水準以上に保持するために、清掃による劣化要因の除去や予防保全のための軽微な不具合の是正などが行われる。本書ではこのような保全行為を維持と称する。

(2) 補修

既設橋の機能を回復するために、損傷や劣化事象に対する是正のために行われる措置。当初有していた機能より高い機能を具備させる場合は補強と呼ぶ。

既設橋が本来有しているべき機能が劣化や損傷によって損なわれている場合に、これを本来有していた機能を有するまで回復する行為を補修と称する。本来の機能が損なわれているとまでは言えない程度の劣化や小規模な不具合に対する是正は維持として区別することを基本とするが、対象や条件によっては両者の区別が難しい場合がある。また、主たる目的が機能回復であっても工法によっては結果的に耐荷力や耐久性能が当初より向上する場合もある。この場合もいずれとして扱うのかについては一概には言えない。

例えば、塗装の更新や部分塗替え、コンクリートのひびわれへの注入、断面修復などがこれにあたる。

(3) 補強

既設橋に生じた劣化や損傷などに対して、損なわれた機能等の回復にとどまらず当初有していた性能より高い性能を有するようにする措置。又は、特に損傷等がなく積極的に既設橋が本来有していた以上の機能等を具備させることを目的とした措置。

たとえば、断面増加、増し桁、補強材の追加などがこれにあたる。また、既設橋がもともと備えていない機能を付与するような措置、例えば、拡幅による車線増や歩道の設置、耐震補強のための落橋防止装置の新設などの機能改善を伴う措置についても補強として扱われることがある。

なお、補強が行われる一連の過程において、前段で本来有していた機能状態まで回復させるいわゆる補修を行って、その後に機能の向上等が行われる場合もある。このような場合についてそれぞれの行為を区別して扱う場合には、それぞれ補修、補強と区別されるが、一連の行為をまとめて指す場合には補強と称することもあるため誤解のないように注意が必要である。

4.2 法律・通知・管理者毎の要領・参考図書

点検を実施する上での法律、法律に基づく要領の通知及び要領の運用にあたっての主な参考資料を以下に示す。技術的基準は道路法施行規則のとおりであり、法律に基づいて構造物の健全度の区分を行うために必要となる事項が記載されている。道路橋定期点検要領（国土交通省道路局 平成26年6月）は、基準に基づく定期点検を実施するにあたり、最小限の方法や記録項目が具体的に補足されたものである。

一方、道路管理者毎に具体的な維持管理行為を合理的に行うなどのために、通知された要領の内容に加えて、道路管理者毎に独自の事項を反映させた定期点検要領を作成することができる。たとえば、直轄の橋梁定期点検要領はその一つである。

実際の定期点検の各行為については、学協会や各道路管理者からも参考となる図書が多数出版されており、それらも適宜参考にするのがよい。

（維持管理関係）

法律（道路法）

（道路の維持又は修繕）

第四十二条 道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。

2 道路の維持又は修繕に関する技術基準その他必要な事項は、政令で定める。

3 前項の技術的基準は、道路の修繕を効率的に行うための点検に関する基準を含むものでなければならない。



政令（道路法施行令）

（道路の維持又は修繕に関する技術基準等）

第三十五条の二 法第四十二条第二項の政令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。

一 道路の構造、交通状況又は維持若しくは修繕の状況、道路の存する地域の地形、地質又は気象の状況その他の状況（次号において「道路構造等」という。）を勘案して、適切な時期に、道路の巡視を行い、及び清掃、除草、除雪その他の道路の機能を維持するために必要な措置を講ずること。

二 道路の点検は、トンネル、橋その他の道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物について、道路構造等を勘案して、適切な時期に、目視その他適切な方法により行うこと。

三 前号の点検その他の方法により道路の損傷、腐食その他の劣化その他の異状があることを把握したときは、道路の効率的な維持及び修繕が図られるよう、必要な措置を講ずること。

2 前項に規定するもののほか、道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、国土交通省令で定める。



省令（道路法施行規則）

(道路の維持又は修繕に関する技術基準等)

第四条五の二 令第三十五条の二第二項の国土交通省令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。

- 一 トンネル、橋その他道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物のうち、損傷、腐食その他の劣化その他の異状が生じた場合に道路の構造又は交通に大きな支障を及ぼすおそれがあるもの（以下この条において「トンネル等」という。）の点検は、トンネル等の点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者が行うこととし、近接目視により、五年に一回の頻度で行うことを基本とすること。
- 二 前号の点検を行つたときは、当該トンネル等について健全性の診断を行い、その結果を国土交通大臣が定めるところにより分類すること。
- 三 第一号の点検及び前号の診断の結果並びにトンネル等について令第三十五条の二第一項第三号の措置を講じたときは、その内容を記録し、当該トンネル等が利用されている期間中は、これを保存すること。



通知

通知	発行	機関
道路橋定期点検要領	平成 26 年 6 月	国土交通省道路局



道路管理者が独自に定める各種要領（直轄国道の場合）

要領	発行	機関
橋梁定期点検要領	平成 26 年 6 月	国土交通省道路局国道・防災課
橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案）	平成 16 年 3 月	国土交通省道路局
コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）	平成 16 年 3 月	国土交通省道路局国道・防災課
塩害橋梁維持管理マニュアル（案）	平成 20 年 4 月	橋梁塩害対策検討委員会
道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領（案）	平成 15 年 3 月	国土交通省道路局国道・防災課
アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）	平成 20 年 3 月	ASR に関する対策検討委員会
鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領	平成 14 年 5 月	国土交通省道路局国道課
PCT 桁橋の間詰めコンクリート点検要領（案）	平成 15 年 1 月	国土交通省道路局国道課
橋梁基礎の洗掘に係る点検実施要領	平成 19 年 10 月	国土交通省道路局国道・防災課

参考資料

参考資料	発行	機関
道路橋の定期点検に関する参考資料（2013 年版） －橋梁損傷事例写真集－	平成 25 年 7 月	国土交通省国土技術政策総合研究所
道路橋補修・補強事例集	平成 24 年 3 月	（社）日本道路協会

国土交通省道路局は、道路橋定期点検要領、道路トンネル定期点検要領、シェッド、大型カルバート等定期点検要領、横断歩道橋定期点検要領、門型標識等定期点検要領の5つの定期点検要領を各道路管理者に通知している。しかし、この5種類の構造物についてのみ定期点検を行えばよいということではない。道路法第42条で「道路を常時良好な状態に保つように維持・修繕」することは各道路管理者の責務とされており、各管理者がおかれている状況を踏まえ、適切な点検の実施等、道路を良好な状態に保つよう維持管理を実施する必要がある。また、道路橋定期点検要領の適用範囲でない橋長2.0m未満の橋梁についても、同様である。

4.2.1 道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）

道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）は、道路法施行規則第4条の5の2の規定に基づいて行う定期点検について、最低限行われるべき事項と考えられる方法、記録項目を具体的に記したものであり、また、各項目について、具体の考え方や留意点を補足したものである。そのため、各道路管理者は必要に応じて、要領に示されるより詳細な点検、記録を行うことができる。このときたとえば、次に示す、国土交通省等が管理する道路において用いる橋梁定期点検要領も参考になる。

4.2.2 橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）

橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）は、国土交通省、内閣府沖縄総合事務局が管理する道路橋の定期点検に適用する目的でとりまとめられたものである。道路橋定期点検要領の内容に加えて、直轄管理の道路橋の合理的な維持管理のために、メンテナンスサイクルにおいて必要な情報を取得できるよう、独自の対策区分の判定や独自の損傷データの記録等も行うこととしている。

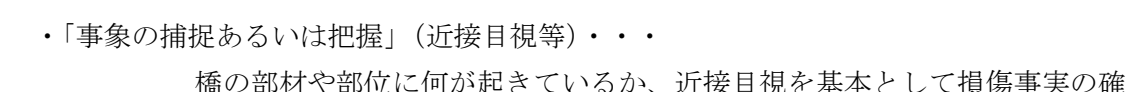
4.3 定期点検の必須項目

定期点検の定義については、分野や対象、また道路橋だけをみても管理者毎に定められた要領類や学協会等の図書などによって異なっており、必ずしも統一的なものではなかった。しかし、道路橋については、平成26年に道路法施行令第35条の2第2項の規定に基づいて定められた道路法施行規則の第四条の五の二において、「必要な知識及び技能を有するものが」「近接目視により」「5年に一回の頻度で」点検を行うことが基本であるとされたこと、また、点検を行ったときは「健全性の診断」を行うべきこと及びその結果を国土交通大臣が定めるところ（トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第426号）により分類することも合わせて定められたことから、道路橋における定期点検とは、この省令が求める、「必要な知識と技能を有するものによること」「5年に1度の頻度で行われること」「近接目視によること」「健全性の診断を行うこと」の4つの条件が少なくとも満たされるものでなければならないといえる。

この4つの条件に補足を加えた通知である道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）は、省令・告示に基づく定期点検方法や記録項目の具体的な考え方を示した通知である。橋や部材の現在の状態に対して、次回の定期点検までの間にそれらに対して行うべき措置を橋や部材の機能面に着目して判断すること（＝健全性の診断）が求められており、管理者によらず最低限統一的に残されるべき記録・保存事項として、告示に基づいて分類された構造物毎の「健全性の診断」結果について触れられている。

なお、省令・告示の性格から、これらはいくまで最低限行われるべき事項であり、管理者が適切な管理を行うため、必要に応じてここに定める以外、以上のことも行うことができる。

「健全性の診断」を行う際の元ともなる橋や部材の損傷や劣化などの異常の有無やその規模、あるいは劣化現象としての進行段階などの事実関係についても、劣化の特徴の把握や、予防保全の必要性など維持管理の合理化、適正化にも活用可能な重要な情報となる場合が多い。しかし、最低限の義務的事項のみを示す省令や告示ではこれらの記録・保存の方法やデータ収録の方法までは定められていない。これについては、道路管理者は、それぞれ必要に応じてデータ収集を行うこととなる。例えば全国の地方整備局で用いている「橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）」においては、省令告示が求める「健全性の診断」に対応する「対策区分の判定」という技能者による診断とは別に、診断とは独立した観点で、定期点検時点での損傷や変状の客観的事実関係についての事象の捕捉あるいは把握の一部として「損傷程度の評価」を行って記録を残すこととしている。

以上より、-4.3.1に示すように、定期点検は以下の3つの行為を含むものとなっている。

- ・「事象の捕捉あるいは把握」（近接目視等）・・・

橋の部材や部位に何が起きているか、近接目視を基本として損傷事実の確

認を行う。これらは同様に技能者が近接して行う健全度の診断と同時に行うことができるが、あくまで診断とは別の客観的事実の把握である。省令や告示ではこれらの具体的な記録保存の方法は明示されていない。どのレベルでこれらを記録保存するのかについては管理者毎の判断に委ねられていることになる。

例) 亀裂の大きさ、亀裂の広がり など

・「部材毎の診断」・・・

確認された損傷が橋の機能や安全性にどのような影響を与えるのか、どのように措置すればよいか、部材毎に診断する。以下の橋毎の分類のもととなる診断であり、技能者が近接して行う。

・「橋毎の分類」・・・

橋単位で、その橋がどういう状態と言えるか、「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第四百二十六号）」に定められるとおりに分類する。

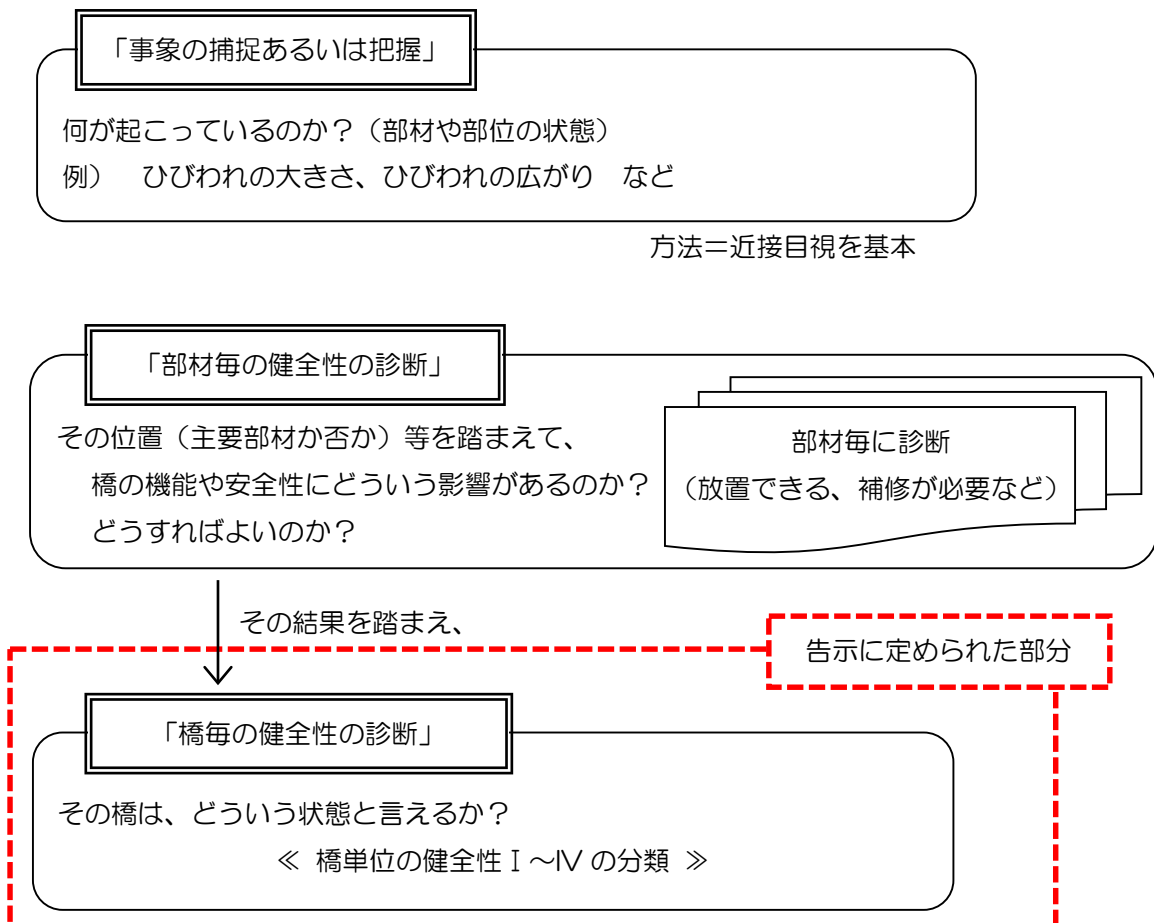


図-4.3.1 定期点検を構成する3要素

「事象の捕捉あるいは把握」は、近接目視を基本とし、橋の部材や部位に何が起きているかを見る行為である。橋全体の耐荷性能等へ与える影響度合や進行の予測などの診断行為は含まない。道路法第42条の3や道路法施行規則の第四条の五の二の三の趣旨でもある効率的な維持、修繕のためには、損傷の位置、大きさ、程度等の現状を、写真、損傷図、スケッチ、文章等で客観的に記録するのがよい。実際上は、損傷がないことも含めて記録することで、点検が適切に行われたか否か、またいつ時点の定期点検から確認された損傷なのかなどの損傷確認時期の特定の根拠になる。

「部材毎の健全性の診断」は、「事象の捕捉あるいは把握」とは全く別の性格のものであり、「事象の捕捉あるいは把握」で得られた客観的事実は事実として、部材毎の診断では、当該部材が橋の中でどのような役割を果たしているのかや、推定される損傷の原因、環境条件など様々な条件をも知識と経験を有する技術者が考慮した上で、主に機能面に着目し、次回の定期点検まで（＝5年程度以内）の進行性、確認された損傷に対して次回点検までに何らかの対策を取る必要があるかどうかなどの観点から判断を決定するものである。診断は機械的な指標により行うものでなく、技術者が自らの知識と技能により行う判断であるので、その記録にあたっては、単に判定区分を記録するだけでなく、当該区分に分類した判断の根拠や考え方、その他管理者の意志決定にあたって留意すべき点などを所見として記録し、最終的に管理者が適切な意志決定をできるようにしておくのがよい。

「橋毎の健全性の診断」は、橋単位で、その橋がどういう状態と言えるか、「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第四百二十六号）」に定められる区分を用いて分類するものである。区分に従って適切に分類することにより様々な種類や構造の橋について管理者の違いや管理者毎に用いる点検要領の違いなどの影響も排除された統一的尺度での橋の評価が確定できることとなる。

なお、部材の機能に着目した部材毎の健全性の診断と、橋全体の機能に着目した橋全体の健全性の診断の関係は、橋の構造や架橋条件などによって同じと異なることがあると考えられる。そのため両者を独立して評価することが基本であるが、多くの橋は主桁などの構造上重要な部材の機能状態によって橋全体の機能が決定づけられるため、一般的な構造や架橋条件の橋梁であれば、橋の耐荷性能にクリティカルとなっている部材の健全性の診断結果をそのまま橋単位の健全性の診断結果としても問題ないことが多い。

各管理者が定める定期点検要領では、これらの3つの行為の具体的な実施方法が、省令や告示との関係性を明確にした上で示されていることが重要であり、点検にあたっては、これらの位置づけや内容の違いを正確に理解して、適切な点検要領の運用が行われることが重要である。

なお、以下の2つの要領のように、様々な目的でこれまでも道路橋の点検や調査に関連する要領等が示されてきている。しかし、これらは法令に求める定期点検の要件（①全部材に近接しての目視、②知識と技能を有するものによること、③告示に定める定義に則しての健全性の診断の実施）を満たしたのではなく、都度特定の目的のための調査等を実施するために特化してとりまとめられたものである。そのためこれらに準じた点検や調

査が行われていても、それをもって省令告示に定める定期点検を行ったと機械的にみなすことはできないことに注意が必要である。

●「道路橋に関する基礎データ収集要領（案）（国総研資料第 381 号、2007）」

著しい劣化の有無など道路橋の健全度に着目した調査時点の状況についての概略をできるだけ簡易に把握することを目的としている。この要領では、遠望目視を許容していることから、全ての部材に近接して部材の状態を評価する場合と同等の評価とはならない他、損傷程度の評価（客観的事実関係の把握）を主としており、橋の構造安全性やその他機能の観点からの診断についてはこの要領では触れておらず、技能者が行う診断を行うものではない。

●「総点検実施要領（案）（国土交通省道路局、平成 25 年 2 月）」


道路利用者及び第三者の被害を防止する観点から、橋梁本体部材及び橋梁附属施設の損傷状態を把握するための点検を実施し、道路利用者及び第三者の危険性の有無を判定することを目的としている。この要領では、橋梁下の利用がされていない径間は点検の対象外となるなど、すべての部材を対象としていない他、道路利用者及び第三者の被害を防止する観点以外の橋の構造安全性やその他機能に対する診断は行われない。

4.4 法令・道路橋定期点検要領・各管理者の定期点検要領の関係

平成26年に道路法施行令第35条の2第2項の規定に基づいて定められた道路法施行規則の第四条の五の二において、「必要な知識及び技能を有するものが」「近接目視により」「5年に一回の頻度で」点検を行い、点検を行ったときは「健全性の診断」を国土交通大臣が定めるところ（トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第426号）により分類することが定められたことから、道路橋における定期点検とは、この省令が求める、「必要な知識と技能を有するものによること」「5年に1度の頻度で行われること」「近接目視によること」「健全性の診断を行うこと」の4つの条件が少なくとも満たされるものでなければならないといえる。

この4つの条件に補足を加えた通知である「道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）」は、省令・告示に基づく定期点検の最小限の方法や記録項目の具体的な考え方を規定したものである。要領の「2. 定期点検の頻度」には「定期点検は、道路橋の最新の状態を把握するとともに、次回の定期点検までの措置の必要性の判断を行う上で必要な情報を得るために行う」と記載されているとおり、定期点検要領は、橋や部材の現在の状態に対して、次回の定期点検までの間に行うべき措置を橋や部材の機能面に着目して判断すること（＝健全性の診断）を求めている。健全性の判定区分も、道路管理者間で共通して用いる区分であることも踏まえ、技術的に最低限と考えられる区分が規定されている。最小限の記録項目については、管理者によらず最低限統一的に保存されるべき記録事項として、告示に基づいて分類された構造物単位の「健全性の診断」結果についてのみ触れられている。

これらについては、各道路管理者は、等しい立場であり、すべての管理者は、法令に基づく事項は最低限実施する一方で、それ以上、それ以外の事項は自らの必要に応じて実施するものと位置づけられる。ただし、各道路管理者が独自の規定を付与した点検要領を用いる場合であっても、法令に基づく必要があり、また「道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）」に記載される最小限の方法や記録項目は満足されるべきである。

国管理の道路橋にて用いている「橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局 国道・防災課）」は、-4.4.1に示すように、必要最小限の項目を含んだ上で、後述するように、さらに直轄における維持管理業務の流れを踏まえた細区分がなされた対策区分の判定を行ったり、行政目的の必要性から又効率的な維持管理の観点から、橋梁の状態や劣化状況に関する要素単位での損傷データの取得を独自に行ったり、初回点検を行ったりしている。

たとえば、「道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）」は、健全性の診断の区分を、告示に示される4区分に加えて、各道路管理者の判断で独自の、又は、さらに詳細に区分することを妨げるものではないし、要領の内容に加えてさらに詳細に損傷を分類・記録したり初回点検を実施したりすることを妨げるものではない。また、「橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局 国道・防災課）」は、告示に示される4区分に加えて、国管理の道路で行っているような対策区分の判定を他の道路管理者に対し

でも求めるものではないし、「道路橋定期点検要領(平成 26 年 6 月 国土交通省道路局)」の内容に加えて要素単位での損傷データの取得や初回点検の実施を他の道路管理者に対しても求めているものではない。

4.5 定期点検の流れ

要点は以下のとおりである。

- ・ 診断を行う者が、直接橋に対する近接目視等を行い、健全性の診断を行う事が求められる。道路法施行規則の第四条の五の二において、「必要な知識及び技能を有するものが」「近接目視により」「5年に一回の頻度で」点検を行い、点検を行ったときは「健全性の診断」を国土交通大臣が定めるところ（トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第426号）により分類することが必要であるため。
- ・ 現地にて橋の定期点検作業を行う者は、民間事業者、学識者、道路管理者の職員の区別無く、必要な知識と技能を有するものである。必要な知識と技能の具体については、いわゆる三大損傷（詳細は5.5に記述）であるかや、長大橋のような構造であるかなど、損傷や橋の構造形式などによっても変わり得る。いずれも、現在、法律等で具体の要件は定められておらず、道路管理者が現地にて定期点検を行う者を定める必要がある。
- ・ 道路管理者は、当該橋梁に対して詳細調査や補修等を実施するかどうかの判断のための情報を得る、経年劣化に関する基礎資料を得るなどの目的に応じて、また、管理者毎のメンテナンスサイクルの作業の流れに併せて、定期点検の流れを決めれば良い。
- ・ 告示に定める「健全性の診断」は、道路管理者の最終的な意志決定結果としてこれを分類することが求められているものであり、点検実務の調達方法によらず、橋単位の健全性の診断の最終結果は管理者の責任において決定されなければならない。

参考に、国土交通省が管理する道路橋に対する定期点検（橋梁定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）における流れを図-4.5.1に示す。主なポイントは次の通りである。

- ・ 客観的事実の記録をマニュアルに従って行う「損傷程度の評価」と従事者の知識と技能に基づいて行われる診断行為である「対策区分の判定」では、それらを実施する技術者に求められる能力や知識は同じではないが、技術者に求められる要件としては、対策区分の判定を行うことができれば、損傷程度の評価を行うことができると考えてよい。しかし、この逆は成り立たない。一方、損傷程度の評価と対策区分の判定では記録単位と作業量が全く異なり、前者が圧倒的に多いことも考え合わせれば、対策区分の判定をおこなう者が同時に損傷程度の評価まで行うことは、点検対象橋梁が多くなるほど必ずしも合理的ではなくなる。
- ・ 損傷の外観性状のみを機械的に分類する「損傷程度の評価」の結果が、診断行為である「対策区分の判定」に影響することがないように、両者を同じ技術者が兼ねることがないように配慮される。

(なお、技術的には、高い技術力が求められる「対策区分の判定」を行える技術者であれば、「損傷程度の評価」も行うことができる。)

- 全ての道路管理者に通知された道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）に求められる「健全性の診断」は、通常、部材単位の健全性の診断を行った上で、それらを総合的に評価して、橋単位の健全性の診断を行うという流れとなる。同要領に基づいて国が自ら管理する道路橋に対して定期点検を実施するために作成した橋梁定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局国道・防災課）では、独自に部材単位の「対策区分の判定」を行っているが、特殊な事情がなければ「対策区分の判定」を行うことで「部材単位の健全性の診断」も同時に行えるように、道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）に求められる「健全性の診断」の定義へと基本的には読み替えが可能になるように「対策区分の判定」区分の定義にて配慮している。
- 道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）が求める、告示に直接対応した橋単位の健全性の診断は、部材単位の健全性の診断結果を元にした総合的な最終評価を管理者自らの責任で行うものであり、部材単位の健全性の診断の結果を参考に決定することができる。
- 道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）は、技術基準としての性格から調達における甲乙関係などには関わらない、定期点検という行為に求められる技術的な要件や性質などを中立的に示している。すなわち、要件を満足すれば技術的には管理者自らが行うことも、外注することも可能である。
道路橋定期点検要領の通知に基づいて国が自ら管理する道路橋に対して実施するために作成した橋梁定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局国道・防災課）でも、損傷程度の評価や対策区分の判定などの行為を誰がどのような立場で行うのかについては触れていない。
ただし、告示に定める「健全性の診断」は、道路管理者の最終的な意志決定結果としてこれを分類することが求められているものであり、点検実務の調達方法によらず、橋単位の健全性の診断の最終結果は管理者の責任において決定されなければならない。
- いろいろな団体が様々な技術者認定を行っているが、道路橋の構造や部材の機能、変状現象の評価のみならず部材としての状態の評価に関する知識を求めているものもあるなど、これらの資格等を有する者の技能の内容や水準は様々である。したがって、定期点検時にはこれらの資格等の有無や種類のみによることなく、省令に定める技能を有する者に該当するかどうかについて管理者が適切に判断して、道路橋に関する

る知識を有する者が、定期点検の品質管理に携わる技術者として適切に配置されなければならない。

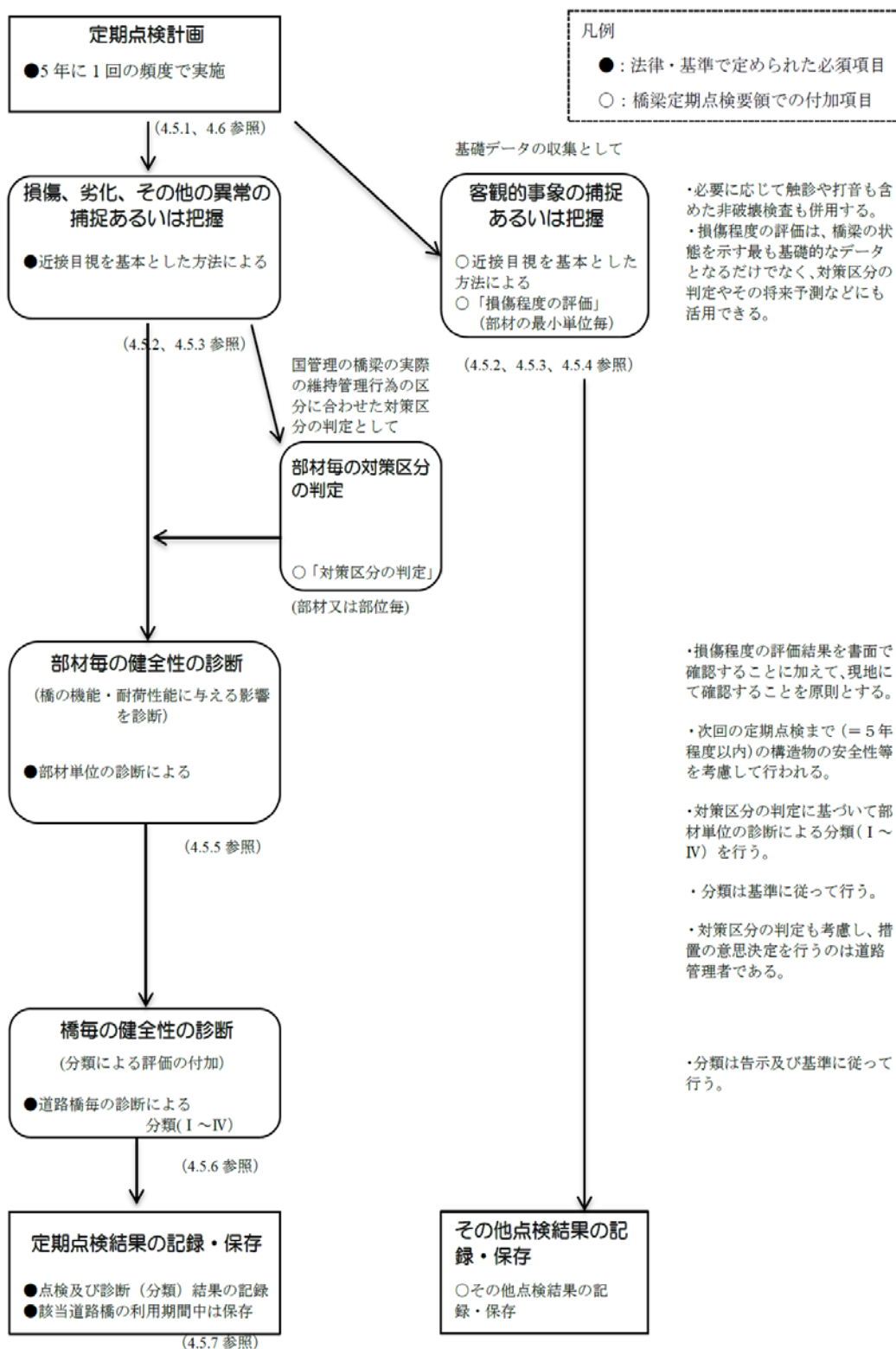


図-4.5.1 国が管理する道路橋に対する定期点検の一般的な実施フロー

4.5.1 定期点検の頻度

定期点検は、5年に1回の頻度で実施することを基本とする。しかし災害や交差物件との協議など様々な事情により実務上は数ヶ月程度のずれは避けられないことも多いと考えられることから、5年に1回の頻度を「基本」としている。

一方で、リスクマネジメントの観点からは、なるべく5年を大きく越えることがないよう準備を行ってできるだけ5年間隔となるように計画的に実施するのがよい。

なお、点検時に把握される状態の情報を劣化予測などに活用する場合にも、等間隔で得られている情報の方が扱いやすい場合が多い。

4.5.2 点検項目

定期点検では、対象橋梁毎に必要な情報が得られるよう、診断を行う者が橋に近接し、全橋、全径間、全部位・部材に対して、損傷の種類毎に状態の評価を行う。

道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）における判定の評価単位を表-4.5.1に示す。「その他」は、部材名が特に明示されていない全部位・部材のことである。たとえば、付属物も「その他」として含まれる。道路管理者によっては付属物の定期点検要領を別に定めていることもあるが、その場合には、それぞれの定期点検要領の適用範囲を明確にしたうえで、いずれかの要領を用いて橋に設置されている付属物の点検を行う。なお、「その他」に含まれる部材の分類は、国土交通省が管理する道路橋や標識・照明柱に対する点検要領である「橋梁定期点検要領」、また、「付属物（標識、照明施設等）の点検要領」の部材の分類を参考にできる。

表-4.5.1 判定の評価単位（道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局）

上部構造			下部構造	支承部	その他
主桁	横桁	床版			

道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）における変状の種類を表-4.5.2に示す。橋毎の健全性の診断を行うにあたり、橋の耐荷力に大きく影響を与えることが多い代表的な損傷については、その種類を特定して記録することが将来の維持管理の合理化に活用可能な情報としても有効であると考えられることから具体的にその種類を明示する一方、代表的な損傷種類以外は「その他」としている。すなわち、点検項目は、構造物の使用に係わる機能に留まらず、部材の機能や耐久性に影響がありそうな全ての変状（損傷や異常）が対象であり、記録としてどこまで分類するのかによらず、定期点検では全ての変状（損傷や異常）、全ての部位・部材が対象となっていることに注意する必要がある。たとえば、国土交通省が管理する道路橋における橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）では、表-4.5.3に示すとおり、実態把握なども目的に損傷の種類を26種に細かく分類しており、より細かく分類して記録する場合には参考になる。

表-4.5.2 変状の種類標準（道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局）

材料の種類	変状の種類
鋼部材	腐食、亀裂、破断、その他
コンクリート部材	ひびわれ、床版ひびわれ、その他
その他	支承部の機能障害、その他

表-4.5.3 損傷の種類（橋梁定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）

材料の種類	損傷の種類
鋼部材	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化
コンクリート部材	ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、床版ひびわれ、うき
その他	遊間の異常、路面の凹凸、舗装の異常、支承部の機能障害、その他
共通	補修・補強材の損傷、定着部の異常、変色・劣化、漏水・滞水、異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損、土砂詰まり、沈下・移動・傾斜、洗掘

なお、支承部とは、部位の一つであり、道路橋示方書・同解説（平成24年3月（社）日本道路協会）では、「上部構造と下部構造との間に設置される支承本体、アンカーボルト及びセットボルト等の上下部構造との取付部材、杓座モルタル、アンカーバー等、支承の性能を確保するための部分をいう」とされている。セットボルトについては「支承本体」に、アンカーバーについては「その他」に区分する。また、取付用鋼板のうち、ベースプレートについては「支承本体」に、ソールプレートについては主桁に溶接されることが多いことから「主桁」に区分する。また、制震ダンパー等は、「落橋防止システム」で扱うものとする。

前述のとおり、橋梁付属物は、「その他」部位・部材に含まれる。道路の附属物のうち標識や照明施設の定期点検要領を定め、標識・照明施設等定期点検を別途行う場合には、橋梁と標識・照明施設等のそれぞれの定期点検のいずれで橋梁に付属している標識、照明施設等の定期点検を行うのかを決めておく必要がある。国土交通省が管理する橋梁については、付属物取付け部において橋梁側に変状が生じていないかどうかは、橋梁定期点検の範疇で扱っている。一方、橋梁の付属物のうち標識、照明施設等の本体の定期点検は、付属物（標識、照明施設等）定期点検の範疇で扱っている。これは、付属物本体の定期点検は、その構造や種類に応じてアクセス手段も異なり、また、当該道路橋の定期点検のためのアクセス手段とも異なることもあることを踏まえたものである。

4.5.3 点検の方法（事象の捕捉あるいは把握のための方法）

3. 定期点検の方法

定期点検は、近接目視により行うことを基本とする。
また、必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用して行う。

【補足】

定期点検では、基本として全ての部材に近接して部材の状態を評価する。

近接目視とは、肉眼により部材の変状等の状態を把握し評価が行える距離まで接近して目視を行うことを想定している。

近接目視による変状の把握には限界がある場合もあるため、必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術などを適用することを検討しなければならない。なお、土中部等の部材については、周辺の状態などを確認し、変状が疑われる場合には、必要に応じて試掘や非破壊検査を行われなければならない。

また、近接目視が物理的に困難な場合は、技術者が近接目視によって行う評価と同等の評価が行える方法によらなければならない。

道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）から抜粋

道路橋の定期点検に必要な知識及び技能を有するものが診断に必要な情報を得るための方法が、点検の方法である。点検の方法は、近接目視を基本としている。基本を近接目視としているので、定期点検にて破壊調査や非破壊検査を必ず実施するというものではない。ただし、健全性の診断を適切に行うにあたって、近接目視だけでは必要な情報が得られない場合には、触診や打音等の非破壊検査等を併用するものとされている。それでも、破壊検査までを必ず実施するというものではない。

(1) 必要に応じた触診や打音

様々な変状の状況を正確に把握するために、近接して外観を直接目視することが基本であるが、ボルトのゆるみやコンクリートのうき・剥離などのように外観だけからは把握できない事象もある。したがって、触診や打音も併用する。

また、変色、うき・剥離、ひび割れ状態等からコンクリート内部の鋼材の腐食が疑われる場合には、打音、うき・剥離のたたき落としを行ってからの目視調査等をして、診断に必要な情報を得る必要がある。

■ 死角が生じる例



遠望目視

近接目視

箱桁内部の損傷

狭隘部の損傷

■ ひびわれの例



蜘蛛の巣

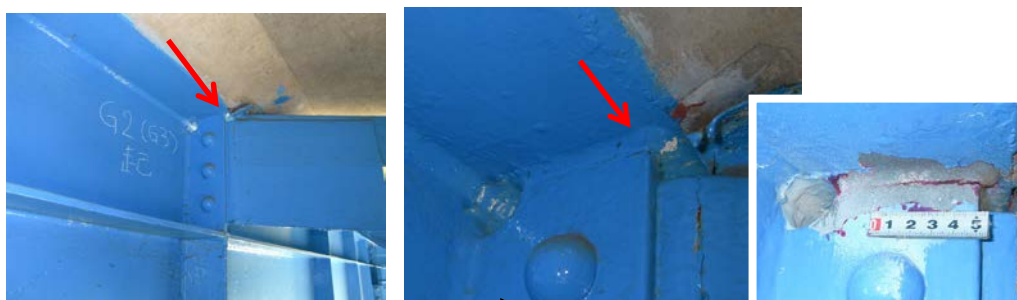
ひびわれ

・見逃しの可能性

・発見できるが正確な
捕捉は困難

・正確な捕捉が可能
(計測も可能となる)

■ 亀裂（塗膜ひびわれ）の例



・見逃しの可能性

・発見できるが、正確な捕捉には詳細な調査が必要

図-4.5.2 近接目視しないと発見できない損傷の例

(2) デジタル機器等の新技術の活用

損傷の有無や広がりなどの捕捉と記録という診断要素がない作業については、記録行為の省力化ができ、点検実施時期の異なる点検記録間の対比などが容易かつ精度よく行える場合もあると考えられる各種デジタル機器等の新技術なども、その信頼性を含めた個別の条件での適用性が確認された範囲で活用することもできる。

適用性の確認にあたっては、点検者が近接して行う目視、触診や打音それぞれ、または併用することにより事象を補足するときと比較可能な条件で、目視、触診や打音それぞれ、

または併用する場合と同程度の捕捉性能を有していることを確認することが考えられる。ただし、具体的な比較の方法について、定まった知見はない。

損傷の種類や位置や程度、部材の機能や状態が構造物の機能や状態にどのように影響するのは構造物ごとに異なり一概ではなく、必ず例外があること、また、損傷部周辺の局所的な応力状態、構造の詳細、環境条件等によって損傷の進行性が変化し得るため、診断では、道路橋について必要な知識及び技能を有するものが個別の事象ごとに評価することが必要である。すなわち、法令に定める診断行為（健全性の診断）は、知識と技能を有する技術者がその知見に基づき、また様々な情報を加味したうえで行うものである。

これらデジタル機器等によって取得されたデータに対して定型的な基準を設けて機械的に健全性の診断のための分類を行い、その結果をそのまま診断結果とするなどの誤った行為が行われることが決してないようにしなければならない。

なお、機器によって信頼性や精度は同じでなく、また同じ機器でも現場の条件によってそれらが大きく変化する場合も考えられるため、機器の選定条件や機器を使用したときの使用状況などに係わる記録の残し方を適切に設定しなければならない。

(3) 埋込み部などの点検の方法

定期点検は、目視を基本としているが、橋や部材の構造によっては埋設部や狭隘部で容易に目視できない部位もある。

点検の本質は、健全性の診断を行うことであり、法令や道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）の主旨に則って、必要がある場合には目視や非破壊検査以外に、部材の一部のはつりなどの破壊調査も行わなければならないが、これはあくまで健全性の診断を適切に行うにあたって必要かどうかで判断すればよい。

健全性の診断のために部材の一部破壊が必要となる場合がある例については以下のようものが考えられる。なおこれらの例に該当する場合に必ず破壊調査や非破壊検査を行う必要があるという訳ではない。また、以下の例を除けば破壊調査や非破壊検査が不要というわけではない。健全性の診断を適切に行うにあたって必要かどうかの観点で、以下の例も参考にし、個別の事件毎に定期点検を行う技術者や健全性の分類について意志決定を行う管理者が実施の是非を判断することとなる。

- 鋼材のコンクリート埋込みについては、当該部位の周辺の状態を確認するとともに、適切な診断のために必要であればはつりなどの調査を行う。
- 橋台のたて壁については、土に接しない側の外観の近接目視により状態を把握する。必要に応じて、土に接する側の状態を確認するための調査を行う。
- 基礎の土中部分については、下部構造全体の沈下や変位の痕跡を確認したり、腐食環境や洗掘環境を確認したりするなど、基礎の変状の程度を診断するために必要な情報を取得する。必要に応じて、試掘などの調査を行う。

また、直接目視ができない場合に、必要に応じてデジタル機器等を用いた非破壊検査を行うことがある場合の例については以下のようなものがある。

- 添架物がある場合や狭隘部（たとえば端横桁背面）においては、診断にあたっては当該部位の周辺の状態や、他の同一部材の状態などから診断に必要な情報を取得する。また、当該部位の周辺の状態や、他の同一部材の状態に基づき、必要に応じて、ファイバースコープやビデオカメラなどのデジタル機器も併用して変状を捕捉する。
- 部材中空部に滞水が疑われる場合には、必要に応じて、非破壊検査などを用いて、より正確な状態の確認を行う。

■近接できない例



添架物がある場合 狭隘な場合（端横桁背面）
→必要に応じてビデオカメラ等の機器も併用する。
同一部材の周囲の損傷状況等も参考にして診断する。

■直接対象箇所を目視できない例



コンクリート埋め込み部
→必要に応じてはつり調査等



鋼床版Uリブ内
→必要に応じて非破壊検査等



フーチングや杭
→必要に応じて試掘や非破壊検査等

図-4.5.3 近接および直接目視が困難な箇所の例

4.5.4 事象の捕捉あるいは把握に関する記録

橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）では、全橋、全径間、全部位・部材に対して近接目視を行い事象の捕捉あるいは把握を行う。その具体的な記録方法は、省令や通知された要領（道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局）では規定されていないため、記録目的と併せて、それぞれの管理者が定めるものである。

(1) 手段

点検の方法にて記載のとおり、様々な変状の状況を正確に把握するために、近接して外観を直接目視することが基本である。また、ボルトのゆるみやコンクリートのうき・剥離などのように外観だけでは把握できない事象もあるので、必要に応じて直接触診や打音をするなど、非破壊検査も併用する。変色、うき・剥離、ひび割れ状態等からコンクリート内部の鋼材の腐食が疑われる場合には、打音、及び、うき・剥離のたたき落としを行うなど、診断に必要な情報を得る必要がある。非破壊検査機器等を用いる場合には、機器の性能や検査者の技量によって評価結果が異なることがあるため、事前に適用範囲や検査方法の詳細について検討しておくことが必要である。

(2) 写真

道路橋定期点検要領（平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）の別紙 2 様式（その 1）（その 2）で用いているように、写真は標準的な記録方法として位置づけられる。経年的に蓄積される客観的事実として経年変化の状況を把握することができるように、また健全性の診断や補修補強の検討を行うなどの維持管理において、定期点検時点での橋の状態を確認できるように、適切な方法で画像情報を取得しておくのがよい。デジタル画像の場合、撮影データの解像度が低いと目視で確認できた状態を正確に再現することが困難となるため、必要な解像度が得られるように撮影することが必要である。カメラやレンズの性能やズームや露出条件によって、解像度が極端に低下したり、画面の周辺部に歪みが生じたり、色調が実際と大きく乖離することがあるため、撮影にあたっては、対象に出来るだけ正対して撮影すると共に、撮影条件の設定にあたっては、カメラの仕様を確認して正確な記録となるように慎重に行わなければならない。

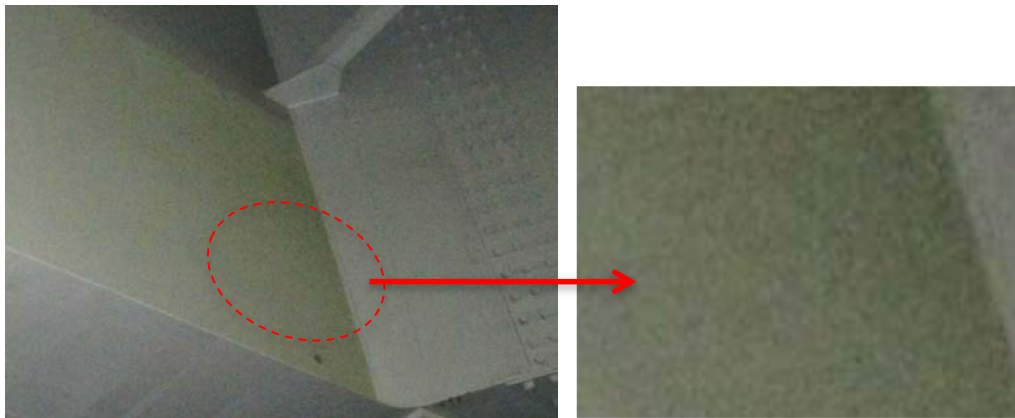
近接目視を行うような一般的な状況では撮影画素数 300 万画素相当程度以上の解像度が望ましく、条件に応じてより大きな画素数が必要となる。

- ・デジタルズームでは、解像度が下がる場合があり注意が必要
- ・露出設定やストロボと連動して、高感度での撮像では画像品質が大きく低下することがある。
- ・「デジタル写真管理情報基準（案）平成 20 年 5 月 国土交通省」も参考になる。



解像度が低い場合：

ひびわれの判別や、文字の読み取りが困難となっている。



暗所での撮影：

感度を上げたため画像にノイズが多い。

図-4.5.4 デジタルカメラによる撮影例

損傷箇所の拡大写真のみでは損傷原因の推定を誤る場合があるので、損傷周囲の状況や付帯施設等も確認できるように近接及び全体がわかる写真の記録も残すとよい。

また、損傷の進行の有無などが対比しやすいように、写真撮影方向や場所が特定しやすいように画面に目安となるものを写し込むなどの工夫をすることがよく、以前撮影した写真がある場合には、それと同じ位置や向きで写真をとって対比するのが良い。

また対象によっては大きさが写真からは判読できなくなることがあるため、必要に応じてスケールや大きさの目安となるものを写し込むのがよい。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 写真番号 ・ 橋梁名 ・ 部材名 ・ 部材番号(要素番号) ・ 損傷の種類 |
|---|

図-4.5.5 黒板に記入する項目の例



(悪い例) 近接となり過ぎており、発生箇所や寸法が把握できない。
 (良い例) 損傷の位置や寸法が把握でき、必要に応じて拡大写真を添付している。

図-4.5.6 写真撮影例

(3) 損傷図、スケッチ

写真による記録では表現の難しい損傷の広がりや、損傷の特徴等の補足説明のためには、損傷図やスケッチによる記録を残すのがよい。損傷の程度を表すには、その大きさを数値で記録することが有効である。例えばひびわれについては、ひびわれ幅や長さを記録し、剥離や鉄筋露出等は概略の寸法を記録する。なお、これらの情報は、詳細調査や補修・補強の必要性を判断する上での基礎資料となるとともに、次回点検実施時に損傷の進行の有無を判断する上での基準値となる。

以下に、損傷図や文字等で記録を残しておく必要があるものの例を示す。

- ・ コンクリート部材におけるひびわれの状況のスケッチ
 (スケッチには、主要な寸法も併記する。)
- ・ コンクリート部材におけるうき、剥離、変色等の損傷箇所及び範囲のスケッチ
- ・ 鋼製部材の亀裂発生位置、進展の状況のスケッチ
- ・ 鋼製部材の変形の位置や状況のスケッチ
- ・ 漏水箇所など損傷の発生位置
- ・ 異常音や振動など写真では記録できない損傷の記述

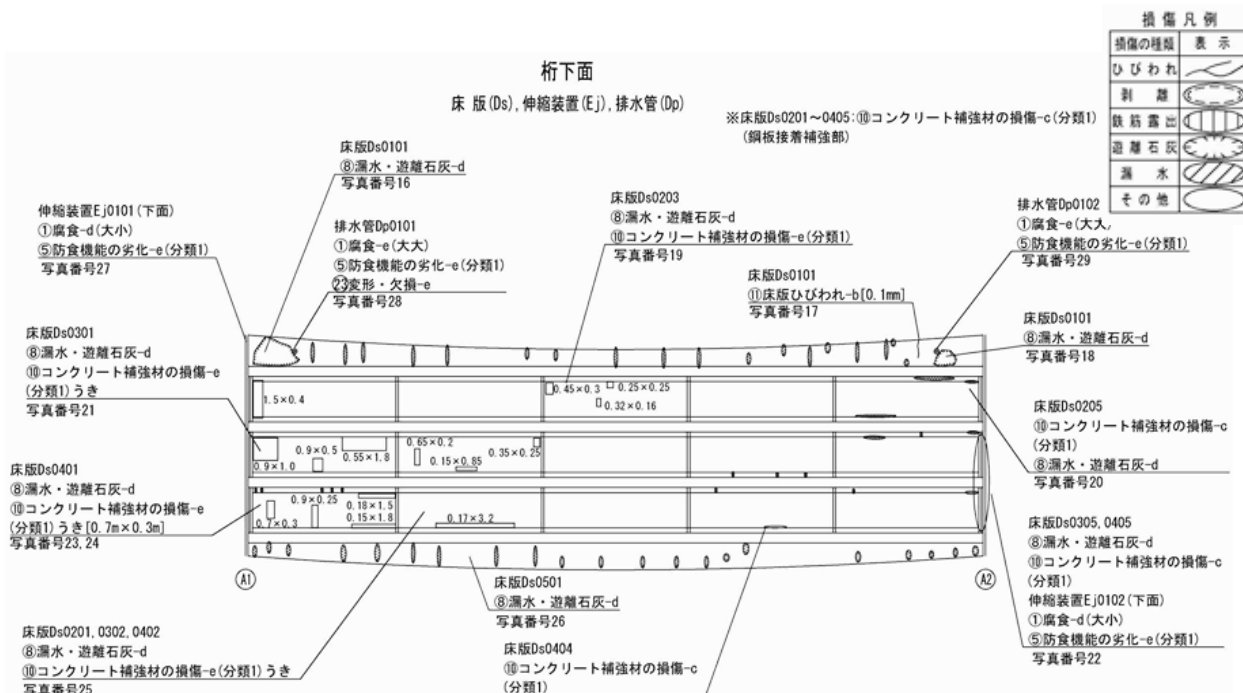


図-4.5.7 損傷図の例

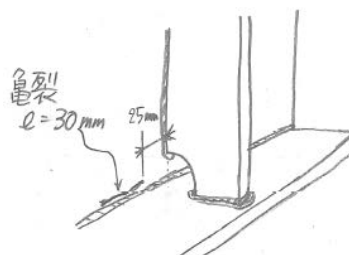


図-4.5.8 スケッチの例

(4) 劣化進行度の数値化及び追跡評価

捕捉あるいは把握した事象(たとえば、変状の外観)の記録をデータとして様々に加工できるように何らかの客観的指標に置き換え、現象としての経年劣化がどのように進行しているのかを分析・追跡しておくことで、橋の構造や建設年代、用いられている技術などの条件毎の劣化特性を明らかにしたり、状態の将来予測に役立てることも考えられる。例えば国管理の道路橋において行われている定期点検(橋梁定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課)では、写真、損傷図、スケッチ、文章等による状態の記録以外に、損傷の種類毎に最大5段階の区分を設定して、その結果を記録することとしている。国管理の道路橋の定期点検ではこれを「損傷程度の評価」と称している。これは以下の目的によるものである。

＜損傷程度の評価の主なポイント＞

- 基礎情報として、予断・主観の入らない外観事実に関する客観情報を記録すること（例えば、予断を与えないかたちで、外観上の損傷の大小のみを伝える）
- 効率的な維持管理を行うための基礎情報として、強度に与える影響などの予断・主観・考察の入らない外観事実に関する客観的な情報を、様々に加工して利用しやすい形として記録すること（例えば、道路橋の状態の将来予測（劣化予測）などへの利用可能な劣化傾向データの分析）
- 過去の点検記録にさかのぼって状態の推移を再確認するときに備えて、予断・主観の入らない外観事実に関する客観的情報を記録すること（例えば、過去にさかのぼった情報であっても、客観的情報同士の相互の比較は容易）

このように、「損傷程度の評価」はあくまで、事象の客観的事実を記録するためのものであり、部材の機能や橋の機能に及ぼす影響を判断するといった観点は含まれない。「損傷程度の評価」は、健全性の診断とは異なり、事実関係の確認と記録であることから、これを行うかどうか、また、行う場合でも、変状の把握方法、評価や記録を行う単位などの結果の残し方については管理者がその情報の活用目的や維持管理計画の立案の考え方に応じて任意で設定すれば良い。

以下に国管理の道路橋において行われている「損傷程度の評価」について解説する。

「損傷程度の評価」では、損傷について、位置、大きさ、程度等の評価は用意された評価基準に従って正確かつ客観的に行う。

損傷程度の評価を行う単位は、必要に応じて部材をさらに細分化した「要素」と呼ぶ単位としている。健全性の診断は部材単位や橋単位が標準であるが、劣化の傾向は、損傷種別に応じて異なるだけでなく、同じ経間の同じ種類の部材の間でも異なること、同一部材の中でも位置により異なることから、維持管理の合理化のための情報を得るためには必要に応じて損傷程度の評価単位を細分化することも有効である。例えば、主桁の腐食の場合、桁端部や支点上は支間中央部などの一般部に比べて環境が厳しい場合が多く、これらの劣化特性を明らかにすることで部分塗装の実施など予防保全が効果を発揮できる補修時期などについての知見が見出せる可能性がある。

損傷程度の区分は、健全性の診断とは異なり、事象の記録の一部であるので、技術者の判断など主観を排除し、客観的な事実関係が正確に評価・記録されるように、「損傷程度の評価」のためのマニュアルが用意されている。損傷種類に応じて定性的な区分をするものと定量的な数値データに応じて区分するもの、あるいはその両方で区分するものがある。損傷の大きさや広がり、経時的に変化する劣化段階を差別化できる特徴（ひびわれの発達、塗膜の消耗など）を指標にした要領の区分方法にしたがい、できるだけ主観を介在させず、機械的に区分する。損傷程度の区分は、一般に a（健全）から e（損傷の程度が大きい）の 5 段階である。また、損傷がなかった場合にも記録漏れなのか実際に異常がなかったのかが混乱しないよう、損傷がないという記録が残るように工夫されている（すなわち a 評価

を行う必要がある)。このように、客観性を保つことで、点検毎に採取されるデータ間で相対比較が行えるような連続性、データの均質性が保持される。詳細は、橋梁定期点検要領（国土交通省道路局国道・防災課 平成26年6月）や「道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）－橋梁損傷事例写真集－（国土技術政策総合研究資料 No. 748、2013、国土交通省国土技術政策総合研究所）」が参考になる。

以上の通り、国土交通省が管理する道路橋に対して行っている損傷程度の評価は、あくまで客観的事実の記録のひとつとして行われるものであり、橋の耐荷性能等へ与える影響度合などの考察は含まない。例えば、極めて小さな亀裂が重大な事態を引き起こす危険性や進展性を有している場合がある。また、全く同じ種類や状態の損傷であっても、損傷が生じている部材がどのような条件の橋の部材なのかによっても橋の耐荷性能に与える影響は同じにはならない。したがって、損傷範囲の大小や変状規模とそれらが部材の性能や橋の機能に及ぼす影響の程度は一对一で対応するものではなく、損傷程度の評価から機械的に診断が行われることがあってはならない。

そして、損傷程度の評価は、その他の定期点検行為とは別の者が行っても、同一の者が行ってもよいが、国管理の橋においては、あくまで客観的事実の記録が目的であり診断で求める技術力を要求するものではないこと、及び、記録を行う対象橋梁数や径間数を踏まえ、その他の定期点検業務とは分離して行っている。

逆に言えば、主観的な要素が含まれた診断結果は劣化事象の純粋な経年変化の段階とは必ずしも一致しないこととなるため、物理的な劣化予測に用いるなどの目的には、主観的要素が入らない客観的事実としての損傷程度の評価のような、主観を伴う診断結果とは別途の情報を用いる方が有効であると考えられている。

4.5.5 部材毎の健全性の診断（対策区分の判定）

定期点検では、当該橋梁の各変状に対して補修等や緊急対応、維持工事対応、詳細調査などの必要性について、次回点検まで（＝5年程度以内を目処）に行う措置方針を決定することが行われ、これに関連する一連の行為を一般に診断と称する。一般には補修・補強等の措置は必要な性能を回復するために部材単位で行われるものであり、まず部材単位で、必要な措置を特定するための診断が行われる。

診断では、原因の推定をしたり、今後の推移に見当をつけたりなども行われるため、部材毎および損傷の種類毎に措置の必要性について検討される。健全性の診断は、その性格からそれを行うに相応しい知見と技能を有するものが行わなければならない。そのため国の行ってきた定期点検でも必要な技術力を有するものが従事することが求められてきた。また国の点検要領では健全性の診断に相当する「対策区分の判定」とは別に、客観的事実関係をマニュアル等に従って記録する「損傷程度の評価」も行われるが、診断に求められる技術力までは必要とされないことから、それぞれの従事者に求められる技術的要件は同じでない。診断における目視は、単に事実関係を描写記録することが目的ではないため、診断に必要な知識と技能を有する技術者が近接して診断に必要な情報を直接目で確認する

ことを基本としている。

客観的な事実関係の情報を取得することが目的の「損傷程度の評価」とは異なり、技術者の知見に基づく工学的診断であることから、機器による調査を行う場合にも診断技術者が行う近接目視も別途行われることが原則である。仮に機器の採用によって診断技術者が近接目視を省略する場合には、技術者が近接目視を行った場合に劣らない品質と信頼性で診断が行えることが保証されることが前提である。

要件を満足する技術者による現地での健全性の診断を外注するのか要件を満たす道路管理者の職員自らが行うのかはいずれでもよい。他方、現場での定期点検行為の調達・実施形態によらず、省令・告示に定めのある「橋単位の健全性の診断」はあくまで道路管理者としての最終的な意志決定としての診断であり、措置の最終的な意思決定は道路管理者が行わなければならない。なお、これらの健全性の診断に関わる技術者に求められる要件については、現在（2014年6月1日）時点で、確定しておらず、実務にあたっては最新の情報により適切に運用される必要がある。

表-4.5.4 に道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）に示された部材単位の健全性の診断の判定区分を示す。この結果を踏まえて次に橋毎の取扱いの判定を行うことから、次に行う橋毎の取扱いの判定と同一の区分が用いられている。損傷の種類や位置や程度、部材の機能や状態が構造物の機能や状態にどのように影響するのかは構造物ごとに異なる。図-4.5.9 に例を挙げるように、ある損傷が道路橋全体の機能又はその一部である耐荷性能に及ぼす影響は一概ではなく、構造特性や部材の機能、当該道路橋の重要度等によって異なること、また、架橋環境条件、損傷部周辺の局所的な応力状態、構造の詳細によって損傷の進行性が変化し得ることから、損傷の長さ、深さ、面積などの定量的な指標から機械的な区分を行おうにも必ず例外がある。そこで、損傷程度を表-4.5.4 の判定区分に当てはめ、その結果措置方針が決まると考えるのではなく、診断では、原因の推定をしたり、今後の推移に見当をつけたりなども行い、部材毎および損傷の種類毎に次回点検までの期間を目安とした措置方針を判断したのち、判断した措置方針に対応して表-4.5.4 の判定区分を決めると考えるのがよい。

具体的には、部材内の変状（異常、損傷）毎に

- 損傷程度の大小
- 異常や損傷が生じている箇所の応力状態
- 当該部材の役割と当該損傷が橋の耐荷性能に与える影響
- 損傷の原因や次回点検までの損傷の進行・拡大の可能性
- その他必要な事項

を考慮して、次回点検までの間に実施する措置方針を工学的に判断する。そして、措置方針に則って、告示に定められた部材の状態Ⅰ～Ⅳのいずれかに分類を行う。損傷原因や次回点検までの損傷の進行・拡大の可能性を診るにあたっては、

- 他の部材の異常や損傷との関連性
- 損傷部周辺の局所的な応力状態や構造の詳細

- 環境条件
- その他必要な事項

を考察する。たとえば、道路橋定期点検要領の付属資料「判定の手引き」の備考には、損傷の種類毎に留意すべき事項の例が記載されているので参考にするのがよい（図-4.5.10、図-4.5.11）。また、「道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）－橋梁損傷事例写真集－（国土技術政策総合研究資料No.748、2013、国土交通省国土技術政策総合研究所）」には、より広範な事例が収められているので、適宜参考にするのがよい。構造の詳細の考察においては、本テキストの3章にある基準類の変遷などの知識も役立つ。

表-4.5.4 部材単位及び橋毎の健全性の診断で用いられる判定区分
（道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局）

区分		定義
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。



図-4.5.9 診断例

鋼部材の損傷	②亀裂	1 / 4
--------	-----	-------

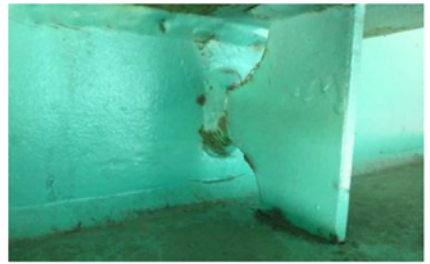
判定区分 II	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。 (予防保全段階)
---------	---



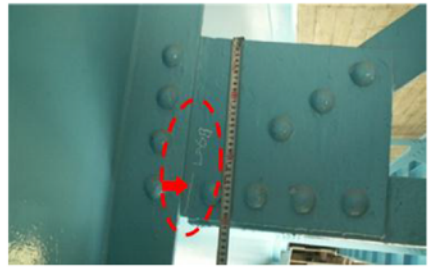
例
進展しても主部材が直ちに破断する可能性は少ないものの、今後も進展する可能性が高いと見込まれる場合



例
進展しても亀裂が直ちに主部材に至る可能性は少ないものの、今後も進展する可能性が高いと見込まれる場合



例
進展しても亀裂が直ちに主部材に至る可能性は少ないものの、今後も進展する可能性が高いと見込まれる場合



例
対傾構や横構などに明らかな亀裂が発生しており、その位置や向きから進展しても直ちに主部材に至る可能性はないものの、放置すると部材の破断に至る可能性が高い場合

備考
■亀裂の発生部位によっては、直ちに主部材に進展して橋が危険な状態になる可能性は高くないと考えられる場合がある。しかし確実に亀裂の進展が見込まれる場合には、亀裂が拡大すると補修が困難になったり大がかりになることも考えられる。

図-4.5.10 道路橋定期点検要領の付属資料「判定の手引き」の例(その1)





その他	舗装の異常	路面
一般的性状	舗装面に、ひびわれやうき、ポットホール、水や石灰分の滲出などの異常が生じている状態	
	例	<p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、床版が著しく損傷していることもある。</p> <p>(コンクリート床版の上面が土砂化していた例)</p>
	例	<p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、床版が著しく損傷していることもある。</p> <p>例えば、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート床版の土砂化 ・鋼床版の疲労亀裂
	例	<p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、床版が著しく損傷していることもある。</p> <p>例えば、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート床版の土砂化 ・鋼床版の疲労亀裂
	例	<p>舗装表面に特異な損傷が見られる場合、床版が著しく損傷していることもある。</p> <p>(鋼床版にデッキ貫通の亀裂が生じていた例)</p>
備考		

図-4.5.11 道路橋定期点検要領の付属資料「判定の手引き」の例(その2)

当該部材の役割と当該損傷が橋の耐荷力に与える影響については、少なくとも、当該部材が主要部材であるのかどうか、橋の耐荷性能に直接的に影響を与える類いの損傷の種類であるのかどうかを考慮する必要がある。「主要部材」とは、国が管理する道路橋の定期点検要領（橋梁定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省道路局国道・防災課）で用いている概念と同じで、部位・部材のうち、損傷を放置しておくで橋の架け替えも必要になると想定される部材の総称と考えてよい。主要部材の例を表-4.5.5 に示す。

表-4.5.5 主要部材（橋梁定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省道路局国道・防災課）

部位・部材区分		
上部構造	主桁	
	主桁ゲルバー部	
	横桁	
	縦桁	
	床版	
	主構トラス	上・下弦材
		斜材、垂直材
		橋門構
		格点
		斜材、垂直材のコンクリート埋込部
	アーチ	アーチリブ
		補剛桁
		吊り材
		支柱
		橋門構
		格点
	ラーメン	斜材、垂直材のコンクリート埋込部
		主構(桁)
	斜張橋	主構(脚)
		斜材
外ケーブル	塔柱	
	外ケーブル	
	PC 定着部	
下部構造	橋脚	
	橋台	
	基礎	

また、通知（道路橋定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省道路局）では、変状の種類について、前述のとおり表-4.5.2 が示されている。橋の耐荷性能に直接影響を与える類いの変状については明示されている一方で、明示されている以外の変状は全て「その他」として扱われている。なお、うきや剥離等があった場合は、第三者被害予防の観点から応急的に措置を実施したうえで、部材の措置方針を決め、部材の状態Ⅰ～Ⅳに分類するとされているので、うきや剥離は診断の対象とする変状の種類としては明示されていない。損傷原因や次回点検までの進行の可能性の診断に、環境条件や交通量などの定期点検のみでは取得されない各種情報が必要な場合には、調査等によりこれを補う必要がある。

診断の記録にあたっては、判定区分の数値だけでなく、その根拠となった原因の推定結

果や考慮された事項などを所見として記録するのがよい。なぜなら、判定区分は、損傷の種類や規模等の外観性状から一定の手順で区分した結果ではなく、知識と技能を有する者が知識と技能に基づいて取扱いを判断した結果であること、また、道路管理者が補修等の範囲や工法の検討などを行う上で参考にできる重要な情報であることによる。診断で考慮した事項や考察した事項について、捕捉あるいは把握した事象（事実）と推定・考察を区別し、論理的かつ簡潔にまとめる。

実際には、表-4.5.4で、全ての部材・損傷の措置方針を表すのは難しい場合も想定される。以下に2例を挙げる。

例1：橋の機能に影響を与えないが、措置を行うべき損傷、たとえば、排水管の破損は、橋の耐久性に影響を与えるなどのおそれがあり、速やかに措置を行うことが望ましいが、橋の耐荷性能に影響を与えないので、健全性の区分がⅢやⅣになることは殆どない。（ただし、仮に、配水管の破損によって道路橋の供用に大きく支障が出ており、橋を通行に供することが困難な事態も想定されるということがあれば、ⅢやⅣになり得るかもしれない。）防食については、防食機能を速やかに回復させることが望ましい状態であっても、橋の耐荷性能に影響を与えないことから、ⅢやⅣになることはない。

例2：各損傷が橋の耐荷性能等、橋の機能に与える影響は様々であり、損傷の位置、種類や程度によってはその後の措置を実施する際の調達の区分が異なることも措置方針として区分しておきたい場合。

そこで、道路管理者毎に、実際の維持管理業務内容に沿った独自の対策区分を定めることも許容される。たとえば、国土交通省の橋梁定期点検要領においては、表-4.5.6の「対策区分の判定」に基づいて部材毎の健全性の診断が行われるが、診断結果の分類区分、着目する部材単位や損傷種類は、いずれも要領（道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局））の定義や内容を包含して対応が整合するようになっているため、基本的に「対策区分の判定」を行うことで、要領が求める「部材毎の健全性の診断」結果も得られるようになっている。

表-4.5.6 国土交通省が管理する橋における橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）での対策区分の判定の区分

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C 1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C 2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事に対応する必要がある。
S 1	詳細調査の必要がある。
S 2	追跡調査の必要がある。

なお、管理者毎に独自に診断の区分を定めている場合でも、道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）の定義や趣旨による「健全性の診断」は行わなければならない。直轄の橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）における「対策区分の判定」のように、判定の定義や部材区分など直接的に表-4.5.4に対応付けできる場合には読み替えて診断結果の分類が行えるが、そうでない場合には、道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）における健全性の診断区分に基づく判定を別途行わなければならない。

因みに、国土交通省が管理する道路橋における橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）の場合には一般には次のような対応となっている。

健全性	対策区分
「Ⅰ」	: A、B
「Ⅱ」	: C1、M
「Ⅲ」	: C2
「Ⅳ」	: E1、E2

この考え方は、広く当てはまる場合が多いと考えられるが、機械的なものでなく、これに合致しない場合には都度判断される。

4.5.6 橋毎の取扱いの区分、橋毎の健全性の診断

定期点検では、道路法施行規則に定められるとおり、橋単位で、その取扱いを表-4.5.4により区分する。道路橋毎の診断は、部材単位で補修や補強の必要性を評価する点検とは別に、道路管理者が保有する道路橋全体の状況を把握するなどの目的で行うものであり、道路橋毎に総合的な評価をつける。部材単位の健全度が道路橋全体の健全度に及ぼす影響は、損傷の進展速度、又は、構造特性や架橋環境条件、当該道路橋の重要度等によっても異なるので、部材単位の健全性の診断とは別に評価を行う。

しかし、ひとつの方法として、部材単位の健全性の判定において橋に与える影響も考慮しながら判定をしておくことで、構造物の耐荷性能に影響を直接的に及ぼす主要な部材に着目して、それらの部材の判定の中で最も厳しい評価で代表させることで、ほとんどの場合には構造物の耐荷性能については安全側の評価を与えると考えて良い。

4.5.7 記録と保存

定期点検における診断結果やその過程で得た橋の状態に関する情報、措置の実施は、維持・補修等の計画を立案する上で参考とする基礎的な情報であり、適切な方法で記録し、保存しておかなければならない。

定期点検の各行為で得られる膨大な情報に関する記録・保存の様式は、管理者ごとに適切に定めるものである。一方、省令では、定期点検の結果並びに措置の内容等について、これらを記録し、当該構造物が利用されている期間中、保存する必要がある旨が規定されている。道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）には、省令・告示に定

める定期点検として最低限取得されることが必要と考えられる情報に特化して記入する場合の様式の例を示している(図-4.5.12)。少なくともここにある情報は記録されることが望ましい。

定期点検の結果は、維持・補修等の計画を立案する上で参考とする基礎的な情報であり、適切な方法で記録し蓄積しておかなければならない。そのため、記録様式を管理者毎に定めるにあたり、点検で得る情報をどこまで詳細に記録するか、また、その記録をどのように維持管理に反映させるかについては、その目的と併せて、管理者毎に適切に定めればよい。

道路橋定期点検要領(平成26年6月国土交通省道路局)の別紙3記録様式の使用にあたっては、以下のように、定期点検結果を総括し、保存するための取扱いが念頭に置かれている。様式(その1)では、表-4.5.7(要領における表-5.2)に区分される部材単位ごとに、最も悪い判定区分と対応する変状の種類を記載する(最も悪い判定区分に該当する変状の種類が複数ある場合には、該当する変状をすべて記載)。上部構造については、主桁、横桁、床版又はこれらに類する主要部材について、それぞれの部材種類に属する各部材の判定結果を整理し、部材種類ごとに最も悪い判定区分結果と対応する変状の種類を記載する。また、下部構造については、表-4.5.7(要領における表-5.2)のとおり、個々の橋脚、橋台、基礎の評価をすべてまとめて下部構造として集約・整理し、記載する。表-4.5.7(要領における表-5.2)ではその他として扱われる部材であっても、それが橋としての診断結果に大きな影響を与える場合には、その他部材区分のところに診断結果を記載しておく。同一部材種類・同一判定区分(最も悪い判定区分)で、変状の種類が異なる損傷がある場合は、該当する変状の種類を全て記載する。様式(その1)の備考欄に、様式(その2)で代表損傷例の写真を記載するにあたって、記載写真が表す部材や変状の位置が分かるようにしておく。そのために、橋の各部材に部材番号を別途付与しておく。状況写真(様式(その2))には、部材種類毎に最も悪い判定区分として様式(その1)に記載した部材や変状について、その状態を説明するために代表的な写真を記載しておく。なお、同一部材種類の複数の部材が最も悪い判定区分に評価されている場合には、様式(その1)の備考欄に記載する部材番号や径間名には、代表的な部材の部材番号や径間名を明示したうえで、複数の径間や部材にわたって同様の判定がされた部材が存在するののかも記載しておくのがよい。様式(その2)の写真は、様式(その1)で明示した部材番号の部材が含まれる写真とする。

このように、様式(その1)や様式(その2)は、総括的な情報をまとめることを念頭においているので、部材番号図、各部材単位・変状単位での診断結果(判定区分や所見)、診断にあたって捕捉あるいは把握された事象などの記録は、各道路管理者で適切な記録方法を定めて保存するのがよい。

道路橋定期点検要領(平成26年6月国土交通省道路局)では、診断結果の記録の単位が表-4.5.7(要領における表-5.2)や表-4.5.8(要領における別紙2付表-1)として示されている。表-4.5.8(要領における別紙2付表-1)は、最も一般的である橋の形式である

桁橋等における主要部材について、標準として部材名を明示してある。一方、表-4.5.7（要領における表-5.2）は、診断結果を総括的に記録、保存するにあたって、表-4.5.8（要領における別紙2付表-1）で部材名が明示されている縦桁、及びその他の上部構造の部材は、いずれも表-4.5.7（要領における表-5.2）では「その他」に集約されている。また、表-4.5.8（要領における別紙2付表-1）で部材名が明示されている橋脚、橋台、基礎は、表-4.5.7（要領における表-5.2）では下部構造に集約されている。

定期点検後に、補修・補強等の措置を行った場合は、「健全性の診断」を改めて行い、速やかに記録に反映しなければならない。

上述のように、道路橋定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局）に添付の様式に記載する情報の根拠となる定期点検結果を記録、保存するにあたって、どこまで詳細に記録し、保存するかについては、各道路管理者にて決めるものである。たとえば、国が管理する道路橋について、実際の維持管理で必要となる情報を記録し、活用してきた実績を重ねてきている、「橋梁定期点検要領（平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課）」の点検調書や「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案）（平成16年3月国土交通省道路局国道・防災課）」が参考にできる。それぞれの道路管理の方針や記録の目的を踏まえて、たとえば点検調書のうち必要な様式を選び、活用するのも一案である。

表-4.5.7 判定の評価単位（道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局）（表-4.5.1を再掲）

上部構造			下部構造	支承部	その他
主桁	横桁	床版			

表-4.5.8 点検項目（変状の種類）の標準

部位・部材区分		対象とする項目(変状の種類)		
		鋼	コンクリート	その他
上部構造	主桁	腐食 亀裂 破断 その他	ひびわれ 床版ひびわれ その他	
	横桁			
	縦桁			
	床版			
	その他			
下部構造	橋脚	ひびわれ その他		
	橋台			
	基礎			
	その他			
支承部				支承の機能障害
路上				
その他				

橋梁名	路線名	所在地	起点側	緯度	43° 11' 02"	
○○橋 (フリガナ) マルマルバシ	国道○号	○○県△△市□□地先		経度	141° 19' 28"	
管理者名	点検実施年月日	路下条件	代替路の有無	自専道or一般道	緊急輸送道路	占用物件(名称)
○○県△△土木事務所	2013.5.○	市道	有	一般道	二次	水道管

部材単位の診断(各部材毎に最悪値を記入)		点検者	(株)○○コンサルタント	点検責任者	△△ □□	
点検時に記録		措置後に記録				
部材名	判定区分 (I~IV)	変状の種類 (II以上の場合に 記載)	備考(写真番号、 位置等が分かる ように記載)	措置後の 判定区分	措置及び判定 実施年月日	
上部構造	主桁	II	腐食	写真1、主桁02	I	2014.8.○
	横桁	II	腐食	写真1、横桁02	I	2014.8.○
	床版	III	ひびわれ	写真2、床版01	II	2014.8.○
下部構造	I					
支承部	I					
その他						

道路橋毎の健全性の診断(判定区分 I~IV)		措置後に記録
点検時に記録 (判定区分) (所見等)		措置後に記録 (再判定区分) (再判定実施年月日)
III	部分的に床版の打ち替えが必要	II 2016.7.○

全景写真(起点側、終点側を記載すること)

架設年次	橋長	幅員
1984年	107m	11.8m



※架設年次が不明の場合は「不明」と記入する。

状況写真(損傷状況)

○部材単位の判定区分がII、III又はIVの場合には、直接関連する不具合の写真に記載のこと。

○写真は、不具合の程度が分かるように添付すること。



上部構造(主桁、横桁)【判定区分: II】	上部構造(床版)【判定区分: III】
写真1  主桁02、横桁02	写真2  床版01
支承部【判定区分: 】	下部構造【判定区分: 】

図-4.5.11 道路橋定期点検要領(平成26年6月 国土交通省道路局)の記録様式

4.6 点検計画

定期点検を効率的かつ適切に行うためには、事前に十分な点検計画を作成する必要がある。点検計画には次の内容が含まれる。

- ・ 既往資料の調査
- ・ 点検項目と方法
- ・ 点検体制
- ・ 現地踏査
- ・ 管理者協議
- ・ 安全対策
- ・ 緊急連絡体制
- ・ 緊急対応の必要性等の連絡体制
- ・ 工程

なお、道路橋の管理者以外の者が管理する占有物件については、別途、占有事業者へ適時適切な点検等の実施について協力を求める。

4.6.1 既往資料の調査及び現地踏査

(1) 既往資料の調査

橋梁台帳及び既存の定期点検結果の記録等を調査し、橋梁の諸元及び損傷の状況や補修履歴等を把握する。これらを事前に知ること、点検の方法(アプローチの方法)を計画することができるほか、構造形式や架橋環境、入手した過年度の点検結果などから損傷の発生位置や進行をある程度推測することができる。

既往資料の例

- ・ 橋梁台帳： 橋梁の基本情報のほか、補修履歴や塗装歴などが書かれている。
- ・ 点検調書： 過去に実施された点検結果(写真、損傷図)が書かれている。
- ・ 設計図書： 一般図や構造図、設計計画書など。
- ・ 路線図： 橋梁の位置や規制図(警察協議)を書くときに利用できる。

確認項目

- ・ 構造形式
- ・ 架設年次
- ・ 適用示方書
- ・ 交通量
- ・ 大型車混入率
- ・ 点検設備(検査路、マンホール)の位置
- ・ その他

(2) 現地踏査

点検に先立ち、橋梁本体及び周辺状況を把握し、点検方法や足場等の資機材の計画立案に必要な情報を得るための現地踏査を実施する。この際、交通状況や点検に伴う交通規制の方法等についても調査し、記録（写真を含む）する。

①点検方法、アクセス方法の確認

- ・安全に効果的な点検が実施できる方法を確認する。
- ・機械足場(高所作業車や橋梁点検車)を使用する場合
 - ・機械の使用限界
 - ・地盤の状況
 - ・架空線
 - ・現地までのアクセス方法
 - ・点検車の駐車場や点検開始までの車両待機場所
 - ・桁下へのアクセス方法
- ・足場を架設する場合（桁内を含む）
 - ・資材の搬入経路
 - ・資材置場
- ・特殊なアクセス方法
 - ・船舶の使用
 - ・ロープアクセス技術



高所作業車



橋梁点検車

図-4.6.1 機械足場を用いた例

②現地状況の確認

- ・入手した資料との整合性（補修履歴がある場合には資料に反映されていない可能性がある）
 - ・橋梁名や旧橋・新橋の区別
 - ・橋梁形式
 - ・起点終点、橋脚番号

- ・付属物の添加（光ケーブル、水道管、照明施設等）
- ・補修・補強の有無
- ・橋歴板、塗装歴
- ・支承条件（固定、可動）

③周辺状況の確認（他機関との協議のための情報）

- ・点検方法に応じて他機関との協議の要否
（道路使用による警察協議、鉄道、河川協議（点検で船を使用する場合など）等）
- ・付近住民への対応（点検橋梁の架設位置や特殊な点検方法、夜間作業時等）

④損傷概要の把握（遠望目視）

- ・損傷の発生量（点検工程を検討する際に活用できる）
- ・著しい損傷（詳細調査や緊急対応が必要と判断される場合がある）

4.6.2 点検準備

(1) 作業計画書の作成

既往資料の調査や現地踏査結果を踏まえ作業計画書を作成する。点検計画により、業務計画書（現地踏査前）及び実施計画書（現地踏査後）の2つを作成する場合がある。

以下に計画書の一般的な内容を示す。

- ・業務内容：業務目的、業務概要、点検対象橋梁一覧などについて記述する。
- ・点検項目と方法：点検の範囲や項目、点検の流れ（フローチャート）、点検方法・などについて記述する。
- ・点検体制（実施体制）：点検組織や連絡体制などについて記述する。
- ・管理者協議：鉄道や警察など協議が必要となる点検橋梁の対応などについて記述する。
- ・安全対策：点検方法（地上、はしご、高所作業車、足場、線上）について記述する。
- ・緊急連絡体制：事故発生時の連絡体制、連絡先を記述する。
- ・緊急対応：緊急対応が必要な橋梁が確認された場合の連絡体制を記述する。
- ・工程：点検順序、必要日数などを記述する。

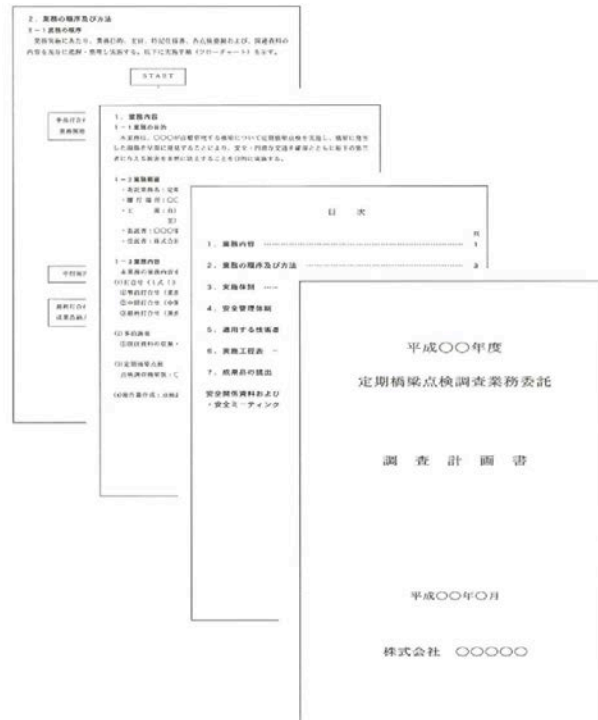


図-4.6.2 作業計画書の例

(2) 協議資料の作成

関係機関との協議が必要な場合は、点検の重点をまとめた計画書を作成(協議書類)する。橋梁点検による関係機関協議では、道路使用による警察協議が必要となる場合が多い。協議用書類として必ず交通管理図を添付しなければならない。また、他の関係機関との協議においても、点検状況のイメージ図などを作成して橋梁点検への理解を求める場合がある。なお、交通管理図の作成は公的機関で監修した「道路占用工事共通指示書」や「道路工事保安施設設置基準」などを参考に作成するとよい。

別記様式第六(第十号関係)

道路使用許可申請書

平成〇〇年〇月〇日

〇〇警察署長殿

住所 〇〇市〇〇区〇〇番地〇

申請者 氏名 〇〇〇〇〇〇センター
〇〇〇〇部 〇〇〇〇
(〇〇)〇〇〇-〇〇〇〇 印

道路使用の目的	橋架調査
場所又は区別	〇〇市〇〇区(国道〇号 〇〇橋6.6m) (国道との交差道路を規制)
期 間	平成〇〇年〇月〇日から平成〇〇年〇月〇日まで 昼間 午前〇時から午後〇時〇分
方法又は形態	交通規制等による規制区域。 規制の状況で交通混雑が生じた場合は一時的に交通解放する。
添付書類	計画書、位置図、規制図
電 話 番 号	住所 〇〇市〇〇区〇〇番地〇 (警) 道路保全技術センター 〇〇支隊 氏名 〇〇 〇〇 電 話 〇〇-〇〇-〇〇〇〇

第 号

道路使用許可証

上記の通り許可する。ただし、次の条件に従うこと。

条 件

平成 年 月 日
警察署長 印

備考 1. 方法又は形態の欄には、工事又は作業の方法、規制区域、行車等の要加入数、通行の制限又は注意警報等について必要な事項を記載すること。
2. 添付書類の欄には、道路規制の場所、方法等明らかにした図面その他の必要な書類を添付した場合には、その複製を提出すること。
3. 申請者の法人であるときは、申請書の欄には、その名称、またその事務所所在地及び代表者の氏名を記載すること。

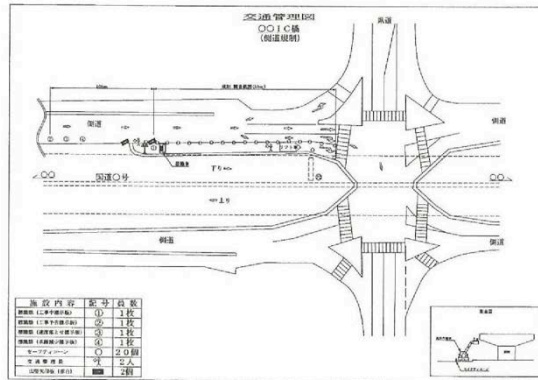


図-4.6.3 道路使用許可申請書、交通管理図の例

(3) 点検作業に必要な用具の用意

i) 点検用野帳の作成

点検用の野帳作成は一般図や現地踏査を参考に、上部構造（橋面と下面）、下部構造の形状図をあらかじめ作成しておくことで、点検時に確認した損傷のスケッチを書き入れることができる。

ii) 服装と持ち物

以下に、近接目視点検が基本である定期点検において、一般的な装備及びに携行することが必要な機械機器の例を以下に示す。

① 装備（着衣等）

- ・作業着（ポケットはファスナー付で用具の落下を防止する）
- ・ヘルメット
- ・安全帯
- ・安全チョッキ（路面上作業時の場合）
- ・安全長靴（必要により踏み抜き防止中敷）、安全靴（脚絆機能のあるもの）
- ・懐中電灯（手持ち以外に、ヘルメット装着可能なものは手が自由になり安全）
- ・胴長（水深の深い場所での調査が予想される場合）
- ・作業用手袋（必要により耐油性ゴム手袋）、防塵マスク、保護ゴーグル

② 装備（点検、調査機器類）

- ・筆記具（野帳、ボールペン、チョーク、黒板など）
- ・点検調査などの様式や図面類
- ・地図

- ・鏡、双眼鏡（高解像度・高倍率のデジタル（ビデオ）カメラでも代用可能）
- ・撮影機器（高解像度・高倍率のデジタル（ビデオ）カメラ、ポールカメラ）
- ・スケール（鋼製巻尺、コンベックス、ノギス、クラックゲージ）
- ・距離計（簡易レーザー測距器など）
- ・下げ振り（傾斜計・水平儀）
- ・水系、検尺ポール、スタッフ
- ・点検ハンマー、打音棒（打診棒）

③装備（工具類）

- ・カッター、小刀
- ・スクレーパ
- ・ワイヤブラシ
- ・ビニールテープ
- ・マーキングスプレー（損傷位置の明示や、立入禁止など安全対策として使用）
- ・防錆スプレー
- ・携帯ノコギリ、鎌等（草刈り用具）

④安全対策

- ・交通規制用資機材（停車板、パトランプ、点滅棒、ラバーコーンなど）
- ・梯子（縄梯子）
- ・脚立
- ・ロープ

⑤その他の資機材

- ・予備バッテリー（乾電池やカメラ用バッテリーなど）
- ・予備メディア類（カメラ・パソコンのデータ保管）
- ・充電器、電源ケーブル（通信機器やパソコンなど）
- ・携帯電話
- ・ラジオ
- ・救急品（絆創膏、包帯など）
- ・酸素濃度計（酸欠となるおそれが想定される箇所での調査が予想される場合）
- ・風速計（高所作業の場合）
- ・熱中症対策キット

⑥その他の備品

- ・ティッシュ（除菌シート・ウェットティッシュ）
- ・雨具
- ・ライフジャケット（船舶への乗船が想定される場合など）
- ・予備燃料
- ・土嚢袋（清掃時のゴミ収集などに利用できる）

(4) その他の準備

機械足場（高所作業車や橋梁点検車）を使用する場合は点検橋梁に適した能力であるかを確認する。非破壊機器などの点検機器を使用する場合は、必ず作動確認を事前に行う。

4.6.3 安全管理

定期点検は供用下で行うことが多いことから、道路交通、第三者及び点検に従事する者の安全確保を第一に、労働基準法、労働安全衛生法その他関連法規を遵守するとともに、現地の状況を踏まえた適切な安全対策について、点検計画に盛り込む必要がある。

主な留意事項は次のとおりである。

- ・高さ 2m 以上で作業を行う場合、点検に従事する者は必ず安全帯を使用する。
- ・足場、橋梁検査路（上部構造検査路、下部構造検査路、昇降設備）、手摺、ヘルメット、安全帯の点検を始業前に必ず行う。
- ・足場、通路等は常に整理整頓し、安全通路の確保に努める。
- ・道路あるいは通路上での作業には、必ず安全チョッキを着用し、必要に応じて交通誘導員を配置し、作業区域への第三者の立ち入りを防止する。
- ・高所作業では、用具等を落下させないようにストラップ等で結ぶ等、十分注意する。
- ・密閉場所で作業する場合は、酸欠状態等を調査の上実施する。
- ・ロープアクセス技術を活用する場合は、関連する指針等を遵守する。

点検時は、通常、橋面あるいは桁下等に自動車交通や列車交通があることから、「道路工事保安施設設置基準(案)」に基づき、これらに十分留意し、安全を確保して作業を行う。

4.6.4 関連法規

点検を行うにあたっての関連諸法令等を表-4.6.1 に示す。(日付は関連法規の施行日を示す)

表-4.6.1 関連諸法令等

関連諸法令等	施行	
労働安全衛生法	S47.6.8	法律第 57 号
労働安全衛生法施行令	S47.8.19	政令第 318 号
労働安全衛生規則	S47.9.30	労働省令第 32 号
クレーン等安全規則	S47.9.30	同上第 34 号
ゴンドラ安全規則	S47.9.30	同上第 35 号
有機溶剤中毒予防規則	S47.9.30	同上第 36 号
酸素欠乏症等防止規則	S47.9.30	同上第 42 号
道路法	S27.6.10	法律第 180 号
道路法施行令	S27.12.4	政令第 479 号
道路法施行規則	S27.8.1	建設省令第 25 号
道路交通法	S35.6.25	法律第 105 号
道路交通法施行令	S35.10.11	政令第 270 号
道路交通法施行規則	S35.12.3	総理府令第 60 号
建設工事公衆災害防止対策要綱	H5.1.12	建設省経建第 1 号
営業線工事保安関係標準示方書	H13.9	(社)日本鉄道施設協会
海上交通安全法	S47.7.3	法律第 115 号
土木工事安全施工技術指針	H13.6	国土交通省大臣官房技術調査課監修
その他関係法令及び規則		鉄道、電力、ガス、NTT 等

4.7 橋梁マネジメントシステム（BMS）

ある程度以上の道路橋資産を有する管理者では、それらに関する膨大となる情報の管理の効率化に加えて、それらの膨大な情報を有効活用して維持管理に資する様々な知見を導き出し、適切かつ合理的な維持管理の実現に繋げたいとのニーズもあることから、道路橋の維持管理支援ツールとして、劣化予測や様々な状態評価指標などの算出を行う機能を有するソフトウェア（橋梁マネジメントシステム（BMS = Bridge Management System）という）が種々開発されている。それぞれのシステムは、様々な機能を有する。例えば、このような橋梁マネジメントシステムを用いる主な目的としては以下のようなものが考えられる。

- 1) 道路管理者が保有する橋梁の状態を、様々な視点から整理し、利用者等に対して説明するため。
- 2) 管理する道路橋全体としての中長期的な維持管理費の推計や、複数の維持管理シナリオを想定した中長期的な維持管理費シナリオの参考比較のため。
- 3) 中長期的な劣化を予測し、予防保全を逐次実施するため。
- 4) その他（特定の事象を有する道路橋の把握や利用者からの要望の記録など）。

一方、複雑な構造物であり、架橋環境など供用後の条件や構造物自体の品質なども千差万別である道路橋の場合、個々の実際の劣化の速度や様態は大きく異なることから、既往のデータから個々の橋に対する精度の高い劣化予測を行うには限界があるなど、これらの橋梁マネジメントシステムによって得られる結果の利用には注意すべき点も多い。

以下、1)～3)について、橋梁マネジメントシステム利用上の留意点を示す。

1)について：

道路管理者にはメンテナンスサイクルに応じた橋梁の管理が求められ、そのためには、橋梁の構造安全性や健全性、補強施策や予防保全施策の進捗状況をわかりやすく説明することが求められるだろう。そこで、これまでも、塩害、アルカリ骨材反応、疲労のような安全性に直結する特定事象を有しており対策が必要な橋梁の数、これらの対策進捗管理のための予防保全率、耐震補強などの進捗管理のための実施進捗率などが国土交通省の管理する橋梁について指標として用いられたことがある。

また、耐荷性（走行車両（車両重量）に対する安全性）、災害抵抗性（地震時や洪水時の荷重に対する安全性）、走行安全性（通常の車両の走行に対する安全性）、及びこれらの総合評価を指標化する方法が、国土交通省国土技術政策研究所にて研究されている（国総研資料第776号、2014など参照のこと）。これは、予防保全率や耐震補強の実施率などの指標も包含する総合的な予防保全や補強事業進捗の管理指標として開発が行われているものである。ただし、このような総合評価指標を維持管理計画上どのように活用するかについてルールや定まった知見はない。また、総合評価指標は、対策が必要な橋

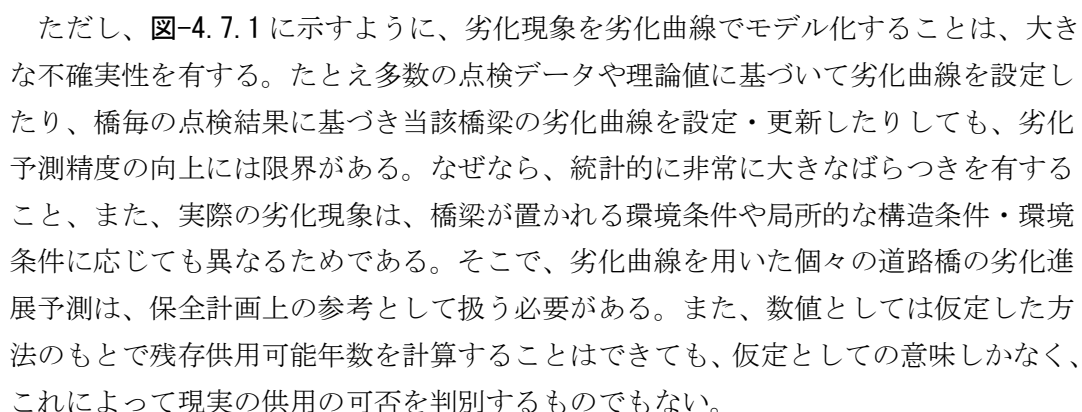
梁を機械的に判別するためのものではない。指標により対策の必要性が低いとされた場合であっても定期点検にて速やかに補修が必要と診断されたものは指標に優先する。

このような管理指標は、他国でも用いられている。たとえば米国では、Sufficiency Rating (SR、充足率) が用いられている。これは、機能的な陳腐化、道路に求められるサービスレベル、迂回路までの距離など利用者に与える影響、定期点検結果に基づいて算出されるものである (Recording and Coding Guide for the Structure, Inventory and Appraisal of the Nation's Bridge, Federal Highway Administration)。最近では、災害後の復旧性などもパラメータとして取り入れた研究も行われているようである。

2)について：

定期点検における対策区分においては、次回点検までの対策の必要性の有無を損傷毎、部材毎に診断する。したがって、速やかに補修が必要と診断されたものは、定期点検結果に基づいて実施されることになる。

一方で、速やかに補修を行う必要がないとされたものであっても、予防保全の観点からは早めに補修を行うのが望ましい場合も多い。そこで、定期点検実施後、部材毎、また損傷種別ごとに中長期的な劣化を予測し、補修時期を常に把握し、計画的に予防保全を実施していくことが考えられる。定期的に打替えが必要な床版、塗替えが必要な塗装、交換が必要な伸縮装置等についても、その打替え時期等を誤差があることを承知したうえで予測し、中長期的な維持管理シナリオの比較を行うなどし、維持管理計画に反映させておくことが考えられる。このためには、各部材の劣化予測機能を有するソフトウェアを活用し、実施時期等の概略を把握することが考えられる。また、各部材の劣化予測に応じた道路橋の総合的な状態評価指標の経年変化を予測し、中長期的な維持管理計画を策定することが考えられる。

ただし、-4.7.1 に示すように、劣化現象を劣化曲線でモデル化することは、大きな不確実性を有する。たとえ多数の点検データや理論値に基づいて劣化曲線を設定したり、橋毎の点検結果に基づき当該橋梁の劣化曲線を設定・更新したりしても、劣化予測精度の向上には限界がある。なぜなら、統計的に非常に大きなばらつきを有すること、また、実際の劣化現象は、橋梁が置かれる環境条件や局所的な構造条件・環境条件に応じて異なるためである。そこで、劣化曲線を用いた個々の道路橋の劣化進展予測は、保全計画上の参考として扱う必要がある。また、数値としては仮定した方法のもとで残存供用可能年数を計算することはできても、仮定としての意味しかなく、これによって現実の供用の可否を判別するものでもない。

さらに、点検結果などの実績から得られる劣化傾向などの特徴は、あくまで過去に建設されたものが、過去の維持管理方法と供用条件のもとで履歴してきたものであり、今後の推移については、実際には今後の供用条件や維持管理の方法などの影響を受けることになる。設計基準や品質管理手法等は時代と共に変化してきており、過去に、現在とは大きく異なる設計基準や品質管理水準のもとで作られた構造物に関する実績

と、近年あるいは現在や今後建設される橋との間で、劣化傾向がどの程度一致あるいは乖離するのかについても知見はない。我が国の道路橋の平均年齢は今のところせいぜい50年程度であり、これらが更なる高齢化にともないどのような劣化傾向を示すのかについても、過去の実績からの推測の信頼性に不明な点が多い。過去のデータに基づく劣化予測の利用にあたっては、こういった点も念頭において行うことが重要である。

3)について：

2)の応用として、損傷ごとの典型的な対策工法と単価を入力することで、中長期的に必要な修繕費の推計を行うことが考えられる。上述のように、個々の劣化曲線による予測不確実性は大きく、一つ一つの橋梁の推計値の誤差や、補修時期の予測誤差は大きい。点検等で得られるデータの統計平均的な劣化曲線を用いることを想定すれば、対象とする橋梁群の数が増えるほどその誤差が橋梁間で相殺されることが期待でき、全体額としての推計については、個々の橋梁に対する推計よりも意味を持つような試算が行える可能性がある。ただし、個々の橋梁についての予測誤差は非常に大きいと考えられること、維持管理技術の開発や物価の変動など将来にわたる不確実要因もあることから、推計値は中長期的な総額参考値や維持管理シナリオの違いによる相互比較のための参考値として扱うべきものである。また推計結果をどのような形で実務に活用するのかについては、推計の信頼性なども考慮して慎重に検討しなければならない。

実際の橋のマネジメントは、定期点検における診断結果や対策区分の判定結果に基づき行われるものであり、速やかな対策が必要と診断されたものは適切な措置を行う。一方、橋梁マネジメントシステムは、予防保全や補強施策の実施を効率的に行うための計画作成支援ツールとして参考になるデータを算出するものであり、参考にできる場合にはこれも適切に考慮すること、また、継続的にデータ精度の向上を図ることで効率的なメンテナンスサイクルの確立に寄与することが期待される。

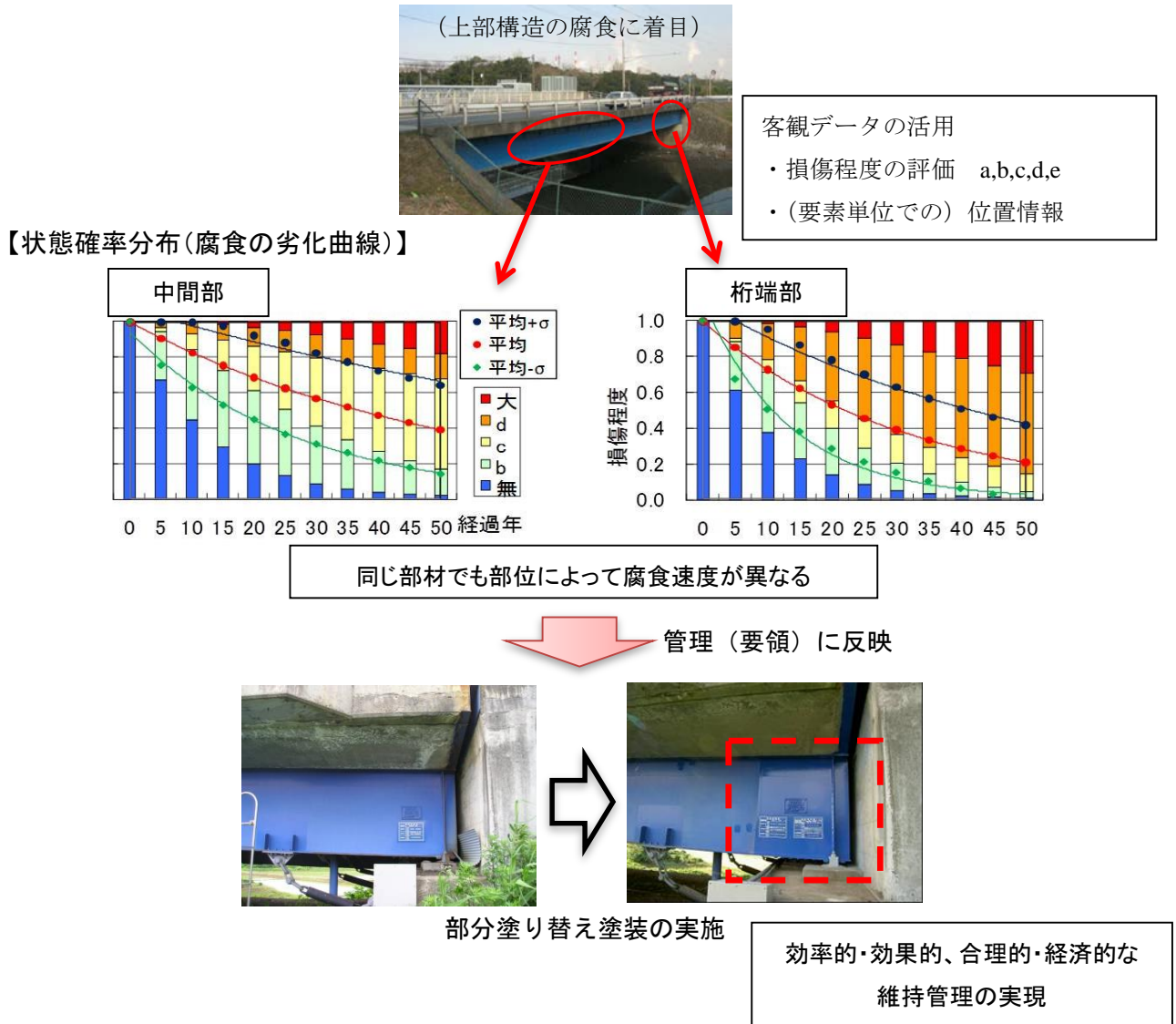


図-4.7.1 状態確率分布とその活用例

5. 橋の損傷

4章と同様に、ここでは2004年（平成16年）以降現在まで国が管理する道路橋に対して行われてきた定期点検で分類している橋の損傷について記載する。ここでは、どの形式の橋でも生じ得る損傷や、どの形式の橋における診断にもあてはまる留意事項を挙げている。橋の損傷については多くの教科書や参考図書もあるので、それらを適宜参照するのがよい。例えば、国が管理する道路橋の定期点検では、道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）が参考図書として用いられている。なお、斜張橋・吊橋・複合橋梁など一般的でない橋の診断を行うにあたっては、適宜それらを専門とする技術者や専門家の意見を聴くなどして診断するとよい。

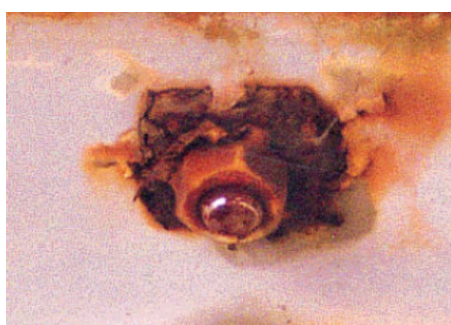
5.1 鋼部材の損傷

5.1.1 防食機能の劣化及び腐食

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

腐食は、普通鋼材では集中的にさびが発生している状態、又はさびが極度に進行し板厚減少や断面欠損（以下「板厚減少等」という。）が生じている状態をいう。耐候性鋼材の場合には、保護性さびが形成されず異常なさびが生じている場合や、極度なさびの進行により板厚減少等が著しい状態をいう。

腐食しやすい箇所は、漏水の多い桁端部、水平材上面など滞水しやすい箇所、支承部周辺、通気性、排水性の悪い連結部、泥、ほこりの堆積しやすい下フランジの上面、塗膜厚が薄くなりやすい溶接部、高力ボルト連結部等である。また、写真5-1.1.1に示すように、普通鋼にステンレス鋼が接触し、雨水が滞水すると普通鋼が著しく腐食することがある。このような例を異種金属間接触腐食という。



(a) 塗装橋にステンレスボルトを用いた場合 (b) 亜鉛めっきされた鋼製金具にステンレスボルトを用いた場合

写真-5.1.1 異種金属間接触腐食

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

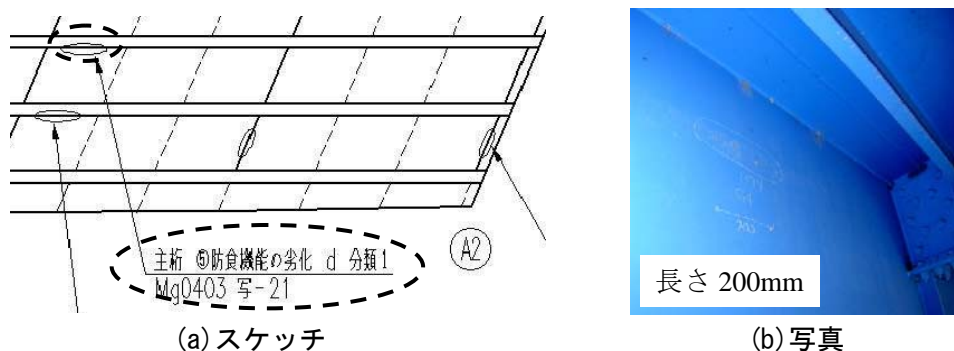
- ・ 鋼部材の状態を正確に把握できるまで塵埃や汚れを除去する必要がある。
- ・ 耐候性鋼材の異常腐食に着目する場合、層状剥離さびのような浮きさびを除去しないと、腐食の進行を把握することができないため、浮きさびを除去する。
- ・ 他の部位のさび汁が付着する場合もあるため、さび汁を除去する必要がある。
- ・ 鋼材に生じた亀裂の隙間に滞水して、局部的に著しい隙間腐食を生じることがある。鋼材に腐食が生じている場合に、溶接部近傍では亀裂が見落とされることが多いので、注意が必要である。
- ・ 鋼トラス橋、鋼アーチ橋の主構部材（上弦材・斜材・垂直材等）が床版や地覆のコンクリートに埋め込まれた構造では、雨水が部材上を伝わって路面まで達することで、鋼材とコンクリートとの境界部での滞水やコンクリート内部への浸水が生じやすいため、局部的に著しく腐食が進行し、板厚減少等の損傷を生じることがあり、注意が必要である。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 基本的には、板厚減少等を伴うさびの発生を「腐食」として扱い、板厚減少等を伴わないと見なせる程度の軽微なさびの発生は「防食機能の劣化」として扱うのが良い。
- ・ 板厚減少等の有無の判断が難しい場合には、「腐食」として扱うのが良い。
- ・ 耐候性鋼材で保護性さびが生じるまでの期間は、さびの状態が一樣でなく異常腐食かどうかの判断が困難な場合があるものの、板厚減少等を伴わないと見なせる程度の場合には「防食機能の劣化」として扱うのが良い。
- ・ ボルトの場合も同様に、減肉等を伴うさびの発生を腐食として扱い、板厚減少等を伴わないと見なせる程度の軽微なさびの発生は「防食機能の劣化」として扱うのが良い。
- ・ 鋼コンクリート合成床版の底型枠（底鋼板等）は、鋼部材として扱う。
- ・ 腐食を記録する場合、塗装などの防食機能にも損傷が生じていることが一般的であり、これらについても同時に記録する必要がある。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 腐食を記録する場合、塗装などの防食機構にも損傷が生じていることが一般的であり、これらについても同時に記録するのがよい。
- ・ 腐食の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.1.1に示す。



(a) スケッチ

(b) 写真

図-5.1.1 鋼部材の防食機能の劣化の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 防食機能の劣化及び腐食に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

防食機能の劣化及び腐食に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.1.1に示す。

表-5.1.1 防食機能の劣化及び腐食の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 床版ひびわれからの漏水 ・ 舗装下への防水層の未設置 ・ 排水装置設置部からの漏水 ・ 伸縮装置の破損部からの漏水 ・ 自然環境（付着塩分） ・ 凍結防止剤の堆積 ・ 土砂詰り・滞水 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 断面欠損による応力超過 ・ 応力集中による亀裂の発生・進展 ・ 主桁と床版接合部の腐食は、桁の剛性低下、耐荷力の低下につながる

部材の表面に、各部材からの漏水、または土砂詰りなどにより滞水が生じると、水や塩類などの影響により塗装などの防食機能が劣化する。防食機能が劣化して水や酸素と鋼材などの金属が直に接するようになると、これらの化学反応によってさびが生じる。水と酸素が供給され続けると化学反応も続くため、板厚減少や断面欠損などの腐食につながる。

異種金属間接触腐食とは、電位の異なる金属が接触し、そこに電解質溶液が存在すると金属間に腐食電池が形成され、電位の低い金属（以下「卑な金属」という。）が酸化し、腐食することをいう。

表-5.1.2 海水中における金属の電位の例^{5.1)}

((公社) 日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧、2014.3 より)

卑 ↑ ↓ 貴	マグネシウム
	亜鉛
	アルミニウム合金
	軟鋼, 鋳鉄
	ステンレス鋼 "Types304, 410, 430" (活性態)
	ステンレス鋼 "Types316" (活性態)
	ネーバル黄銅, 黄銅, 丹銅
	鉛
	ステンレス鋼 "Types410" (不動態)
	ステンレス鋼 "Types430" (不動態)
	銅
	ステンレス鋼 "Types304" (不動態)
	ステンレス鋼 "Types316" (不動態)
	チタン

注) 表中の活性とはブラスト直後のように不動態皮膜がなく化学反応の生じやすい状態を示す。不動態皮膜とは、耐食性を持つ膜。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

ii-1) 塗装

塗装とは、鋼材表面を塗膜で覆うことによって腐食の原因となる水と酸素から鋼材を遮断する防食方法の一つであり、最も採用実績の多い腐食対策である。

【各層の役割】

道路橋の塗装では、耐久性と防食性に優れる防食被覆となるように、機能や特性の異なる複数の塗料を組合せて多層の被膜を形成している。

①防食下地および下塗り塗料

直接的な鋼材の防食は、直接鋼材と接触している最下層の下地塗装がその機能を担い、過去より防食性の優れた塗料が用いられてきた。特に近年の塗装では、鋼材より卑な電位をもち犠牲防食効果（異種金属間接触腐食参照）が期待できる亜鉛を含有した塗料（ジンクリッチペイント）が用いられた重防食仕様とよばれる塗装系が主流となっている。さらに、鋼材面と密着し犠牲防食効果を有する防食下地と、防食下地と密着して水、酸素、塩類などの腐食因子の浸透を抑制する機能を有する下塗り塗料に分けている。また、下塗り塗料を塗付したときに発泡を防ぐために、多孔性の防食下地の上にミストコートと呼ばれる塗料を塗付する。

②中塗り塗装

下地と上塗り塗装の一体性を確保するために、付着性に優れる中塗り塗装が、上塗り塗装と下塗り塗装の間に何層か塗り重ねられ、塗膜全体が形成される。

③上塗り塗装

塗膜の劣化を防止して耐久性を確保するために、塗膜の最外層に腐食因子の遮断効果や紫外線を始めとする様々な環境作用に対する耐候性に優れた塗料が上塗り塗装として施工される。近年は、ポリウレタン樹脂やフッ素樹脂を主体とした塗料が多く用いられている。

点検においては、このような塗装の構造や各層の役割などを理解して、塗膜の変状の状態が防食機能の観点でどのような影響を及ぼしている状態なのか、または予防保全の観点なども踏まえて補修などの措置を行う必要性についても考慮した診断を行うことが重要となる。

塗装仕様は、新しい材料の開発なども踏まえて時代と共に変化しており、点検においては現在使われていないものも含めて様々な塗装仕様を対象となるため、どのような塗装仕様なのかについて考慮して診断するのが良い。

また、供用年数が経った橋では、塗装の補修や更新が行われていることが多い。このとき完全に塗装を除去して新たに塗装を行っている場合もあるが、上塗り塗装や中塗り塗装など一部のみを再塗装している場合も多く、その場合、これまで規定された塗装仕様にはない多層の積層や材料が用いられている可能性もあるため、点検においては、塗替え塗装の履歴の確認を行うとともに、診断において考慮するのが良い。

過去から現在に至るまでの道路橋に使われてきた塗装仕様の詳細については、「鋼道路橋防食便覧」「鋼道路橋塗装・防食便覧」「塗装便覧」などが参考になる。

塗料の種類や膜厚、または層数が時代と共にどのように変化してきたかを把握するため、以下に、過去に道路橋で使われたことのある代表的な塗装仕様を挙げる。

表-5.1.3 (その1) 昭和46年塗装便覧 外面塗装系の例 (A-1 塗装系)

塗装種別	前処理	工場塗装			現場塗装		
		下塗り1層	下塗り2層	中塗り	中塗り	上塗り1層	上塗り2層
A-1	1種ケレン 金属前処理塗料 長ばく用 80g/m ²	鉛丹さび 止ペイン ト1種 200g/m ²	鉛丹さび 止ペイン ト2種 180g/m ²			長油性フタル酸樹脂系・中塗り 120g/m ²	長油性フタル酸樹脂系・上塗り 100g/m ²

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を示す。

表-5.1.3 (その2) 平成2年塗装便覧 外面塗装系の例 (A-1 塗装系)

塗装種別	前処理	工場塗装			現場塗装		
		2次素地調整	下塗1層	下塗2層	中塗	上塗1層	上塗2層
A-1	ブラスト処理 長ばく形エッチングプライマー 130g/m ² (15μm)	動力工具処理	鉛系さび止めペイント1種 170g/m ² 35μm	鉛系さび止めペイント1種 170g/m ² 35μm		長油性フタル酸樹脂塗料中塗 120g/m ² 30μm	長油性フタル酸樹脂塗料上塗 110g/m ² 25μm

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を、(単位 μm) は目標膜厚をそれぞれ示す。

表-5.1.3 (その3) 平成17年塗装・防食便覧 外面塗装系の例 (C-5 塗装系)

塗装種別	前処理	工場塗装					
		2次素地調整	防食下地	ミストコート	下塗	中塗	上塗
C-5	ブラスト処理 無機ジンクリッチプライマー 160g/m ² (15μm)	ブラスト処理	無機ジンクリッチペイント 600g/m ² 75μm	エポキシ樹脂塗料下塗 160g/m ²	エポキシ樹脂塗料下塗 540g/m ² 120μm	ふっ素樹脂塗料用中塗 170g/m ² 30μm	ふっ素樹脂塗料上塗 140g/m ² 25μm

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を、(単位 μm) は目標膜厚をそれぞれ示す。



写真-5.1.2 塗装にはがれが生じた例 (塗膜が広く剥離し、下塗りが露出している。)



写真-5.1.3 塗装にはがれが生じた例 (塗装が施工不良である場合、層間剥離が生じることがある。)

なお、塗装では経年の劣化による変状以外に、飛来物の衝突などによって塗膜の一部が局部的に損傷することもある、この場合、全体的に進行する劣化とは異なり、その部位近傍で急速に腐食が発生・拡大することがあるので注意が必要である。

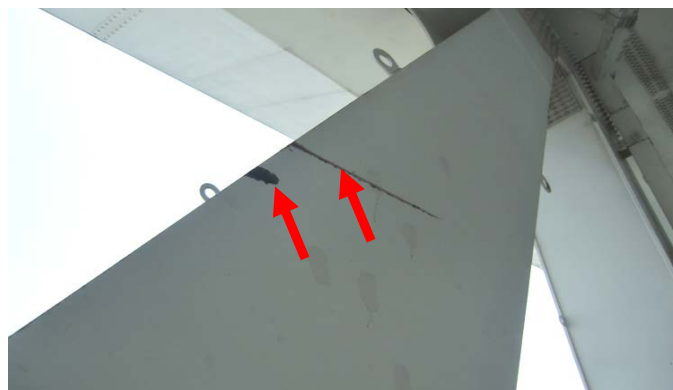


写真-5.1.4 鋼トラス橋の斜材の擦過痕部
(擦過痕部の鋼板が露出してさびている。)

また、施工不良によって良好な被膜が形成されていない場合には、例えば層間剥離によるうきや剥がれなどの特徴的な変状が見られることがある。このような施工方法が原因となっている疑いのある変状は、既に顕在化している箇所以外にも、同時に施工された他の部位でも同様の変状が直ぐに現れることもあるので気をつけるのが良い。また塗装全体の経年劣化が進んでいない段階であれば、施工品質に起因する不良については早期に是正することで本来の耐久性を回復させやすく、予防保全の観点から合理的となることもある。



写真-5.1.5 連結部の塗膜のわれ、うき



写真-5.1.6 鋼部材エッジ部の膜厚不足

ii-2) 溶融亜鉛めっき

溶融亜鉛めっきは、鉄に対して犠牲防食効果を有する卑な金属である亜鉛による被膜で鋼材表面を覆う防食方法であるが、塗装と異なり、鋼材と亜鉛はめっきを施す過程でできる合金層を介して一体化しており、明確な境界がないことが特徴である。また、表面側に形成される純亜鉛の層には、施工直後よりその表面に不動態被膜が形成され、亜鉛層自体の腐食が抑止される。

点検においては、道路橋のように長期に使用する中で亜鉛層は徐々に消耗していくため、防食機能が損なわれていないかどうかを判断することが求められる。このとき、溶融亜鉛めっきは上記の特徴を有しているため、純亜鉛の層が消耗して合金層が現れるようになるときび色がみられるようになるが、合金層が十分に残っている段階では犠牲防食効果は期待できる（写真-5.1.8参照）。

ただし、塩分の影響を受けるところでは、表面に不動態被膜が形成されず、めっき層が急速に消耗することがある。また、塗装と同様に、施工不良などによる品質の異常が見られる場合には、防食機能が劣るか早期に失われることもあり、その結果、写真-5.1.9のように鋼材の板厚減少にまで腐食が進展する場合もあることに注意するのが良い。

溶融亜鉛めっきに関する詳細については、「鋼道路橋防食便覧」が参考になる。



写真-5.1.7 溶融亜鉛めっきの例



写真-5.1.8 一部にさびが現れた例



写真-5.1.9 めっき層が消耗して
鋼材の板厚減少が生じた例

ii-3) 金属溶射

溶射とは、融解した亜鉛や亜鉛-アルミニウム合金などを熔融状の微粒子として適切な下地処理を施した鋼材表面に吹き付け、皮膜を形成することにより、鋼材表面から水と酸素を遮断する防食方法である。

熔融亜鉛めっき同様に、鋼材に対して卑な金属による被膜では犠牲防食効果による高い防食性能が期待される。ただし、溶射の場合、熔融亜鉛めっきのように合金層の形成によって母材と一体化しているわけではなく、塗装同様に母材表面に膜を密着させたものである。そのため、点検においては、防食機能の劣化が生じた場合、塗装のように表面にわれが生じることがあり、熔融亜鉛めっきと異なる状態であることを考慮するのが良い（写真-5.1.10 参照）。



写真-5.1.10 金属溶射の例

また、用いられる合金の種類や被膜の形成方法には様々な方法が開発され、採用されている。点検にあたっては、どのような仕様であるのかについても考慮して診断するのが良い。

金属溶射に関する詳細については、「鋼道路橋防食便覧」が参考になる。



写真-5.1.11 金属溶射にさびが生じた例

ii-4) 耐候性鋼材

耐候性鋼材とは、腐食速度を低下できる合金元素を添加した低合金鋼であり、鋼材表面に生成される緻密なさび層（保護性さび）により腐食の原因となる水と酸素から鋼材を保護し、さびの進展を抑制する防食方法である。なお、耐候性鋼材では、過去には表面に塗装をした仕様で用いられていたこともあり、この場合は塗装として防食の管理を行えば良い。

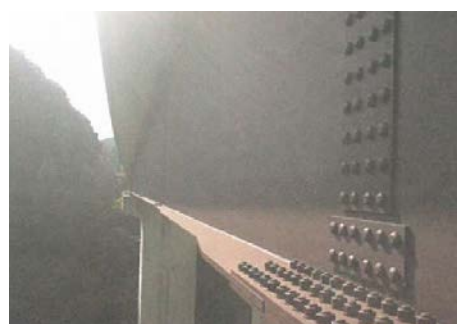


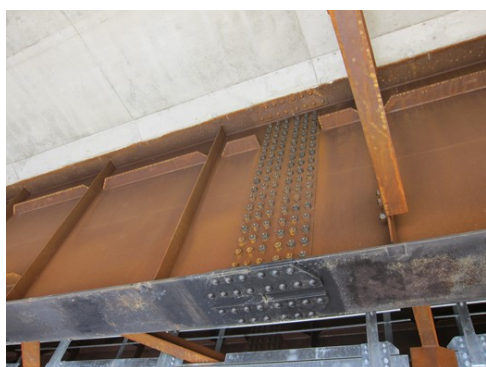
写真-5.1.12 耐候性鋼材の例

現在ではある程度までの塩分環境下であれば保護性さびの形成が期待できる新しい耐候性鋼材も開発されているが、過去に多く使われてきた耐候性鋼材では、塩分環境下では保護性さびが形成されず腐食の抑制が期待できない。また架橋後に良好な保護性さびが形成されるためには、適度な乾湿繰り返しが生じるなどの適当な環境下にあることが求められる。そのため例えば桁端部で絶えず浸潤状態となり、結露や滞水や漏水などの影響を受ける部位では異常腐食（保護性でないさびの形成と腐食の進展）が生じることがあることに注意が必要である。



写真-5.1.13 耐候性鋼材の異常腐食の例

鋼材の表面に保護性さびが形成されるまでには、通常数年以上の時間を要し、その間は、鋼材表面は徐々に色調が変化するとともに、さび汁が流れ出すこともある。また良好な保護性さびが形成されるのかどうかは一定の時間を経過しないと判断することが難しいことが多い。また一旦保護性さびが形成されても、例えば架橋後に凍結防止剤の散布の影響を受けるなど環境不適合が生じると、保護性さびが消滅し異常腐食を生じようになるため、点検では各部位の環境の現状や架橋時点からの変化の推移についても注意するのが良い。



(a) 表面処理（下フランジ）と裸処理（ウェブ） (b) 一部がはがれてさびが露出した例

写真-5.1.13 耐候性鋼材の表面処理

なお、保護性さびの形成促進や、さび汁の流出防止などの目的で、施工段階より鋼材表面に薬剤（表面処理材）による措置が行われることもある、この場合、無処理の場合と外観が異なるため注意が必要である。耐候性鋼材に関する詳細については、「鋼道路橋防食便覧」が参考になる。

(4) 正しい診断のための留意点

防食機能の劣化及び腐食の診断を行うに当たっての留意点を、事例の写真とともに以下に示す。

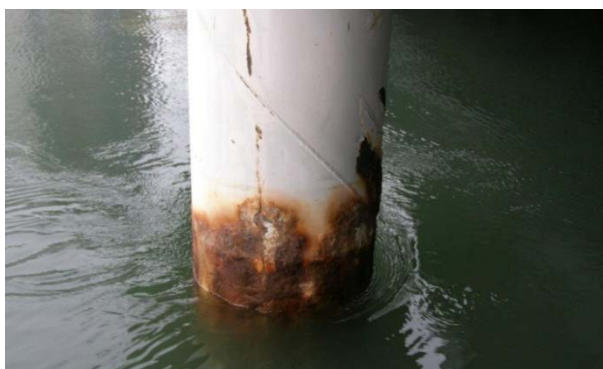


【部位】塩分の多い環境にある主桁の外側面

【状態】ウェブの外側面の全面に塗膜の剥離やさびが生じている。

【留意点】塩害環境では、塗装の劣化速度が速く、防食機能の低下により、鋼材の腐食が広範囲にわたり、急速に進展することがある。断面欠損が進行すると耐荷力に影響を与える可能性がある。

写真-5.1.14 鋼橋の防食機能の劣化の診断における留意点



【部位】河川上の汽水域にあるパイルベント橋脚

【状態】水面付近で、著しいさびが生じている。

【留意点】河川の水面付近では、流木等の衝突により塗膜が損傷し、さびが生じることがある。局所的な腐食が進行していないのか注意が必要である。

写真-5.1.15 鋼構造の腐食の診断における留意点



【部位】伸縮装置下側の主桁端部

【状態】伸縮装置からの漏水跡が見られる。

【留意点】非排水型の伸縮装置でも、機能の劣化により、漏水が生じることがあり、その漏水により桁端部が集中的に腐食することがある。

写真-5.1.16 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】箱桁内面下フランジ

【状態】排水管の引き込みのウェブ開口部から管を伝って浸入した漏水と、下フランジのさびが生じている。

【留意点】局所的な腐食による断面欠損が進行すると耐荷力に影響を与える可能性がある。



箱桁内部の導水板と導水孔
(縦断勾配の低い箇所に設置)



排水管引き込み用の箱桁ウェブ開口部
(損傷した橋とは別の橋)

写真-5.1.17 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】箱桁内面下フランジ

【状態】鳩などが排水管やマンホールなどの隙間から侵入、営巣し、糞などが堆積している。

【留意点】放置すると下フランジが腐食し、場合によってはガスの発生や酸素濃度の低下などを招き、点検作業に支障をきたす可能性がある。隙間に鳥害ネットが設置されていない場合や、マンホールふたを閉め忘れた場合に、鳥が侵入することがある。

写真-5.1.18 鋼橋の腐食の診断における留意点 (地震の影響による局部座屈も発生)



写真-5.1.19 鋼橋の腐食の診断における留意点

- 【部位】トラスの上弦材（内側）
- 【状態】箱型断面の上弦材内側に著しいさびが生じている。
- 【留意点】開口部から浸入した飛来塩分は、閉鎖空間では洗い流されずに、腐食を促進させることがある。



- 【部位】床版にトラス斜材が貫通する部分（はつり前）
- 【状態】床版上面と斜材の境界付近にさびが生じている。
- 【留意点】コンクリートに埋め込まれた鋼材では、埋め込み部材が著しく腐食していることがある。

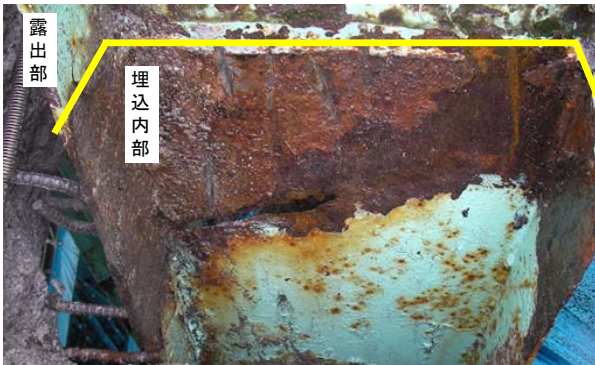


写真-5.1.20 鋼橋の腐食の診断における留意点

- 【部位】床版にトラス斜材が貫通する部分のコンクリート内部（はつり後）
- 【状態】埋め込まれていた部材に断面欠損に至る著しいさびが生じている。
- 【留意点】埋め込み部材の内部で腐食が進行していても、橋面からは僅かな兆候しか見られないことがある。



写真-5.1.21 鋼橋の腐食の診断における留意点

埋め込み境界部の状態や、貫通部の裏側からのさび汁の析出などで腐食を疑えることもある。



写真-5.1.22 鋼橋の腐食の診断における留意点

【部位】 検査路の歩廊

【状態】 板厚が薄い形鋼が使用される検査路のめっき部材に、著しいさびが生じている。

【留意点】 板厚が薄い場合、めっき厚が薄く腐食しやすい。また、著しい腐食が生じた検査路の床部材を点検員が踏み抜いた事故も生じているため、使用に際しては、事前に確認すること。



写真-5.1.23 鋼部材の腐食の診断における留意点

【部位】 PC 鋼棒

【状態】 ステンレス製のシースに覆われた PC 鋼棒が著しくさびて破断している。
(注：写真はシースを解体した状態)

【留意点】 異種金属が直接接触していなくても、水分などで電氣的に接触すると、異種金属接触腐食が生じることがある。



写真-5.1.24 鋼部材の腐食の診断における留意点

【部位】支点上対傾構

【状態】塗替塗装した支点上対傾構の下弦材における減厚した部分にさびが生じている。

【留意点】塗替塗装をした場合、さびが除去しきれていないと、再度、早期にさびが発生することがある。



写真-5.1.25 鋼橋の腐食の診断における留意点

【部位】主桁端部の下フランジ付近

【状態】ウェブと下フランジの溶接部近傍に断面欠損を伴う著しいさびが生じている。

【留意点】断面欠損や板厚減少が伴う場合、耐荷力が大きく低下していることがある。



写真-5.1.26 鋼橋の腐食の診断における留意点

【部位】主桁端部

【状態】支承と下フランジに土砂堆積とさびが見られ、ウェブとの溶接部に亀裂が生じている。

【留意点】土砂の堆積は、伸縮装置の止水・排水機能の低下を伴うことがある。伸縮装置などの他の部材による診断において留意する。



写真-5.1.27 鋼橋の腐食の診断における留意点

【部位】支承本体

【状態】支承及び主桁に断面欠損を伴う著しいさびと、支承機能の障害が見られ、下フランジには亀裂が生じている。

【留意点】支承近傍で著しい下フランジの板厚減少や断面欠損が生じると、支承部の機能が大きく低下することがある。



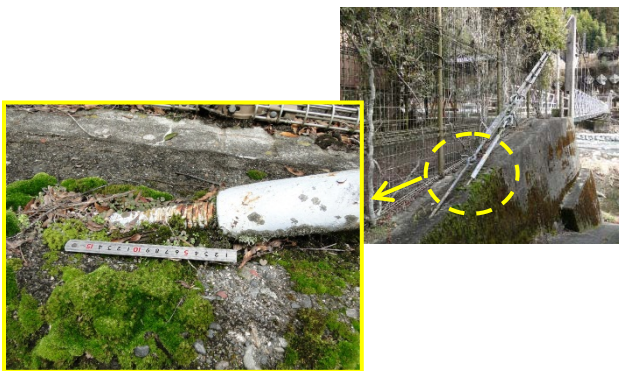
【部位】トラス格点部
【状態】連結板やリベットの周りにさびが生じている。
【留意点】トラスの格点部は、損傷した場合に構造全体系への影響が大きいため、腐食によるガセットの板厚減少により耐荷力を損なう可能性のある部位である。

写真-5.1.28 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】支柱下端部
【状態】上路アーチ橋の支柱下端に防食機能の劣化とさびが生じている。
【留意点】支柱及びアーチリブを伝った雨水が滞水しやすい箇所である。一方、疲労亀裂の可能性もある部位でもあり、注意する。

写真-5.1.29 鋼橋の腐食の診断における留意点



【部位】小規模吊橋ケーブルの定着部
【状態】定着部が腐食している。
【留意点】主ケーブルの定着部では腐食により破断に至る可能性がある。

写真-5.1.30 鋼部材の腐食の診断における留意点

5.1.2 亀裂及び破断

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

亀裂とは、鋼材に生じた亀裂である。鋼材の亀裂は、応力集中が生じやすい部材の断面急変部や溶接接合部などに多く現れる。

亀裂は鋼材内部に生じる場合もあり、この場合は外観性状からだけでは検出不可能である。

亀裂の大半は極めて小さく、溶接線近傍のように表面性状がなめらかでない場合には、表面きずやさび等による凹凸の陰影との見分けがつきにくいことがある。なお、塗装がある場合に表面に開口した亀裂は、塗膜われを伴うことが多い。

破断とは、鋼部材が完全に破断しているか、破断しているとみなせる程度に断裂している状態をいう。

床組部材や対傾構・横構などの2次部材、または高欄、ガードレール、添架物やその取り付け部材などに多くみられる。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 点検時に亀裂に着目する場合、塵埃や汚れを除去しないと、正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで塵埃や汚れを除去する必要がある。
- ・ 耐候性鋼材の異常腐食の部位における亀裂に着目する場合、層状剥離さびのような浮きさびを除去しないと、正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで浮きさびを除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 鋼材の亀裂損傷の原因は外観性状からだけでは判定できないことが多いので、位置や大きさなどに関係なく鋼材表面に現れたわれは全て「亀裂」として扱うのが良い。
- ・ 鋼材のわれや亀裂の進展により部材が切断された場合は、「破断」として扱うのが良い。
- ・ 断面急変部、溶接接合部などに塗膜われが確認され、直下の鋼材に亀裂が生じている疑いを否定できない場合には、鋼材の亀裂を直接確認していなくても、「防食機能の劣化」に加えて「亀裂」としても扱うのが良い。
- ・ 腐食や亀裂が進展して部材の断裂が生じており、断裂部以外に亀裂や腐食がない場合には「破断」としてのみ扱い、断裂部以外にも亀裂や腐食が生じている場合にはそれぞれの損傷としても扱うのが良い。
- ・ ボルトやリベットの破断、折損は、「破断」ではなく、「ゆるみ・脱落」として扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録と留意点

亀裂の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.1.2に示す。このとき、板組や溶接線との位置関係についてできるだけ正確に記録するのがよい。

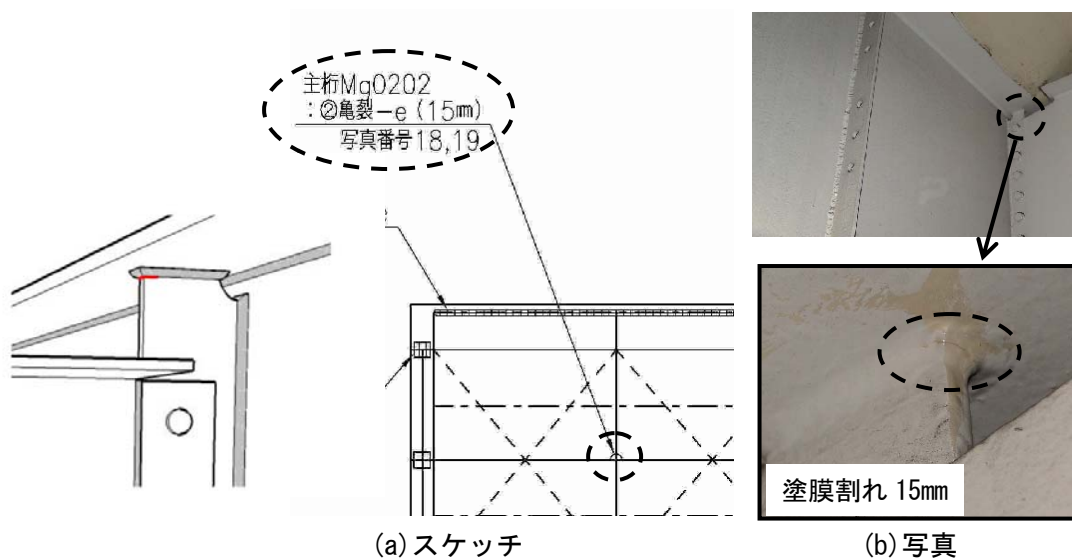


図-5.1.2 鋼部材の亀裂の記録方法の例

- ・ ただし、板組や溶接線の位置が明確でない場合にはその旨を明記し、目視で確認された以外の板組と溶接線の位置関係を記録してはならない。また、推定による溶接線を記録する場合にもこれらの情報が図面や外観性状などだけから推定したものであることを明示しなければならない。
- ・ なお、塗膜われを生じている場合などで鋼材表面の開口を直接確認していない場合には、その旨を記録しておかなければならない。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 亀裂及び破断に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

亀裂及び破断に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.1.4に示す。

表-5.1.4 亀裂及び破断の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 支承の状態（機能障害による構造系の変化） ・ 路面の不陸による衝撃力の作用 ・ 腐食の進行 ・ 主桁間のたわみ差の拘束（荷重分配機能） ・ 溶接部の施工品質や継手部の応力集中 ・ 荷重偏載による構造全体のねじれ ・ 活荷重直下の部材の局所的な変形 ・ 風や交通荷重による疲労、振動 ・ 腐食、応力集中 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亀裂による応力超過 ・ 亀裂の急激な進行による部材断裂 ・ ボルト連結部の腐食によるボルトのゆるみ・脱落

風や交通荷重などの繰り返し作用により、鋼部材の応力集中箇所などには疲労を原因とした亀裂が生じる場合がある。また、腐食の進行により部材の断面欠損が大きくなると、欠損部に生じる応力集中などによって亀裂が生じる可能性がある。大規模地震による影響や車両等の衝突によって生じる過大な応力や変形に起因して部材の一部に亀裂（や割れ）が生じる場合もある。

さらに、疲労や腐食の進展、または過大な応力や変形によって破断が生じる。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

ii-1) 疲労対策

道路橋の部材で亀裂が生じる代表的な原因は疲労である。ただし疲労亀裂が生じる要因は様々であり、亀裂が発見されてもそれに関わる要因を全て明らかにすることは困難なことも多い。また他の原因で生じた亀裂では小さな応力の繰り返しによっても亀裂が進展することがある。

道路橋の設計基準では、溶接施工に関する様々な規定が導入されてきた。しかし現在の知見から振り返った場合、過去の溶接技術や溶接継手に求められた品質要求、鋼材の品質などは、様々な点で現在の基準による場合に比べて亀裂の発生・進展の防止に対して十分でない点も多い。

そのため、例えば、現在は用いられないような溶接性に劣る鋼材が用いられている場合に施工段階で「割れ」が生じる、板組によっては良好な溶け込みが出来ていないなどにより疲労上の弱点となっていることもある。

このような場合、本来は疲労亀裂が生じないような応力や継手であっても亀裂が発生または進展することもある。

また、疲労耐久性に劣る溶接継手の排除や、疲労耐久性に配慮した溶接品質要求、応力

による疲労照査など、道路橋の疲労設計は2002年の道路橋示方書で初めて一律に義務づけられたものであり、それ以前の設計による道路橋では、そういった対策が行われていない橋がほとんどである。そのため過去に作られた橋の場合、現在の荷重環境や応力振幅の大きさによらず、溶接継手部では亀裂が発生する可能性があるものも多くある。点検にあたっては、特に溶接継手部については亀裂が発生していないかどうかを慎重に確認する必要がある。なお一旦生じた亀裂や亀裂状の割れ等の欠陥部からは、本来疲労亀裂を生じないような小さな応力の繰り返しによっても亀裂が進展することがあるので注意が必要である。

なお、過去の損傷事例については、1997年に「鋼橋の疲労」（日本道路協会）にとりまとめられている。また、最新の損傷事例、及び補修・補強事例は、2012年に「道路橋補修・補強事例集（2012年版）」（日本道路協会）^{5.2)}にまとめられている。

疲労亀裂は、溶接部で生じることが多いが、風によって部材が振動する場合などでは母材の一般部で亀裂が発生することもある。またねじの凹部や傷の存在などで極めて大きな応力集中が生じる箇所は亀裂が生じることがある。

このように、亀裂が生じる箇所は必ずしも溶接部だけではないため、定期点検においては全ての部位で近接目視を行い亀裂の有無を確認しなければならない。なお、塗装などの被覆がある場合、亀裂が生じていても塗装割れが生じるまで外観では認識できないことも多い。また溶接部に塗膜割れがあっても必ずしも亀裂を伴うとは限らない。点検においてはこのことに注意し、必要に応じて非破壊検査を実施する、詳細調査を課すなどの対応も検討しなければならない。

ii-2) 腐食対策

5.1.1(3)ii)で記述したとおりである。

なお、腐食部では亀裂が確認しにくくなるため注意が必要である。また腐食によって断面欠損が生じた場合、欠損部で応力集中を生じ疲労亀裂となって進展する可能性もあるため著しい腐食部では亀裂の有無の確認も重要である。

ii-3) 耐荷力の確保

局部の応力集中や疲労亀裂や腐食による断面欠損以外に、鋼部材で亀裂や破断に至るケースとして、大規模地震時に生じる過大な応力や変形によって部材の一部に亀裂（や割れ）が生じる場合、車両等の衝突による過大な応力や変形による場合などがある。過大な応力による場合には、当該部位以外にも損傷が生じている可能性があるため注意が必要である。

また部材が破断している場合、その部材が橋のなかでどのような役割を担っていたのかによって、橋全体の安全性に大きな悪影響が生じていることがあることに気をつける必要がある。



写真-5. 1. 31 車両の衝突による破断の例



写真-5. 1. 32 地震による支承サイド
ブロックの破断の例



写真-5. 1. 33 吊橋ケーブル定着部の破断の例

(4) 正しい診断のための留意点

亀裂及び破断の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】主桁上フランジと垂直補剛材の接合部

【状態】塗膜割れが生じている。

【留意点】明らかに亀裂が発生していないと確認できる損傷以外は「亀裂」として扱う。また、塗膜上からの外観による判断である旨がわかるように記録することが重要である。

写真-5.1.34 鋼橋の亀裂の診断における留意点

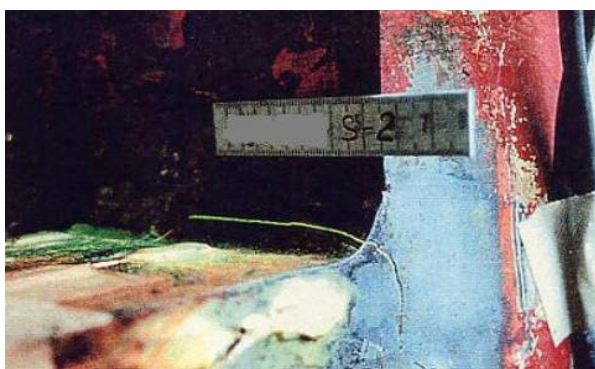


【部位】桁端部の主桁上フランジ

【状態】さびが発生した上フランジに板厚減少に伴う亀裂が生じている。

【留意点】断面欠損や板厚減少が伴う場合、耐荷力が大きく低下している可能性がある。この場合は、「亀裂」「腐食」「防食機能の劣化」の3項目で扱うのが良い。

写真-5.1.35 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】鋼製橋脚隅角部

【状態】磁粉探傷試験による亀裂の確認

【留意点】疲労損傷の発生が疑われる塗膜われを確認した場合は、当該箇所の塗膜を除去して磁粉探傷等の非破壊試験を行い、亀裂の有無を確認する。

写真-5.1.36 鋼橋の亀裂の診断における留意点（亀裂部の塗膜を除去した後）



写真-5.1.37 鋼橋の亀裂の診断における留意点

【部位】 垂直補剛材上端の溶接部
 【状態】 垂直補剛材上端の溶接接合部に亀裂が生じている。
 【留意点】 横桁がウェブのみで主桁と連結されている構造では、大きな局部応力が作用し、亀裂が生じることがある。



写真-5.1.38 鋼橋の亀裂の診断における留意点

【部位】 鋼床版デッキプレートと垂直補剛材との溶接部
 【状態】 溶接接合部に生じた亀裂からさび汁が析出している。
 【留意点】 亀裂から漏水している場合、橋面への貫通亀裂である可能性が高く、舗装にも損傷が生じていることがある。



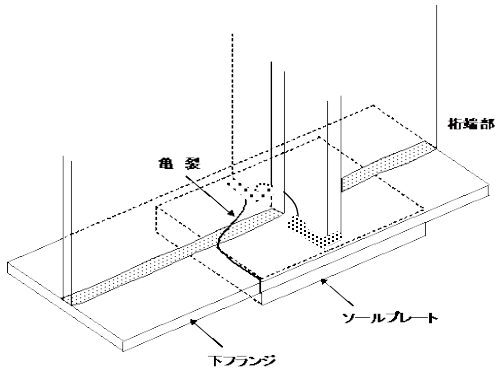
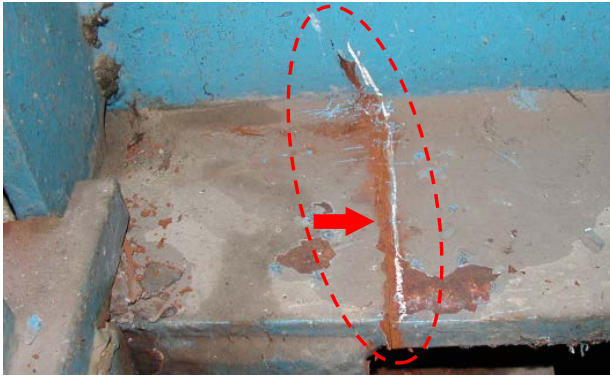
磁粉探傷試験前（塗膜厚除去前）



磁粉探傷試験後（塗膜厚除去後）

写真-5.1.39 鋼橋の亀裂の診断における留意点

塗膜割れの下に、長さ、幅ともに塗膜割れより大きな鋼材の亀裂が生じている。
 (注：亀裂の有無や範囲の正確な把握には、塗膜を除去しての湿式磁粉探傷が行われる。
 右の写真は、写真撮影用に乾式磁粉を行ったものである。)



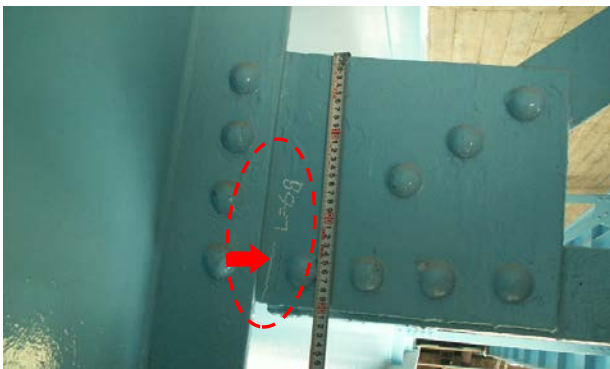
【部位】主桁下フランジのソールプレート
ト前面

【状態】下フランジからウェブに進展した亀裂が生じている。

【留意点】支承ソールプレート前面の主桁下フランジとの接合部付近は、支承機能不全や板厚の急変などによって大きな応力が発生することが多く、亀裂の発生例も多い。下フランジを進展した亀裂がウェブに達すると、ウェブ内へ進展することが多く、その場合主桁が破断するなど危険な状態となることがある。

亀裂の発生箇所は、ソールプレートと主桁下フランジ間の支間中央側すみ肉溶接の止端部、ルート部、または主桁下フランジとウェブ間の溶接部がある。

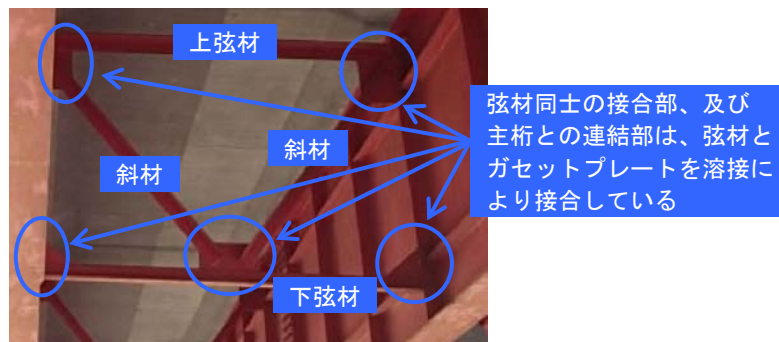
写真-5.1.40 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】対傾構接合部

【状態】対傾構接合部のガセットプレートに、亀裂が生じている。

【留意点】ガセットプレートには実構造と設計上の仮定が異なる場合に、大きな局部応力が発生することがある。特に耐荷力設計において二次部材として扱われるものは注意する。



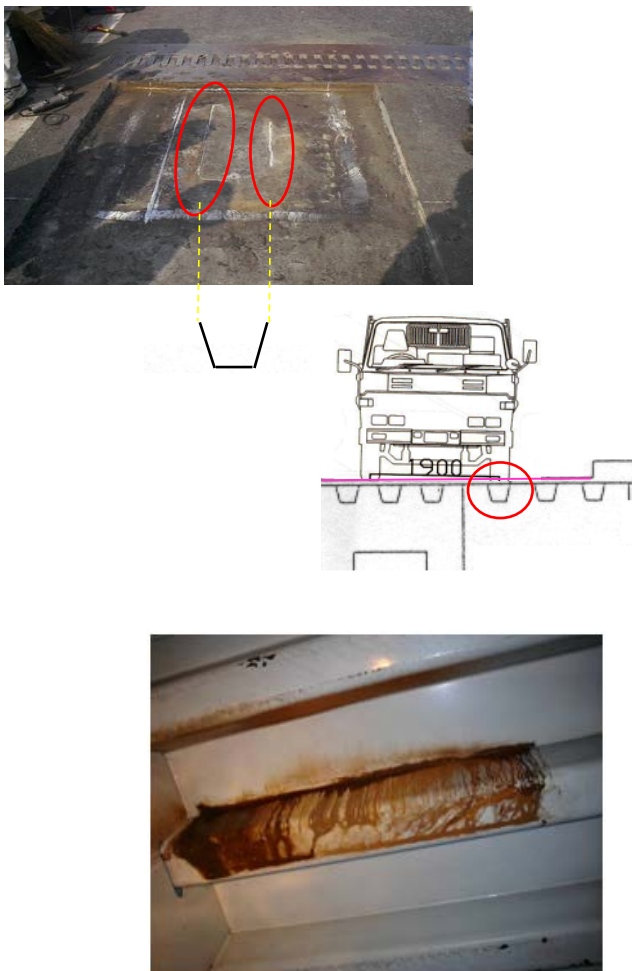
対傾構の構造 (他の橋の例)

写真-5.1.41 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】 中路式アーチ橋の支柱
 【状態】 端部の最も短い支柱の両側から、線状の亀裂が生じている。
 【留意点】 支柱とアーチリブが剛結された格点部では、大きな応力変動が生じることがある。特に、短い支柱は二次応力の影響が大きく、損傷が発生することがある。

写真-5.1.42 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】 デッキプレート
 【状態】 デッキプレート上面に亀裂が生じている（上写真）。溶接ビードに進展した亀裂から漏水している（下写真）。
 【留意点】 デッキプレートと縦リブ(Uリブ)との縦方向溶接継手のルート部から進展した亀裂は、デッキプレートを貫通することがある。デッキ内進展亀裂は密閉された U リブ内の溶接ルート部から発生・進展するため、目視点検では亀裂の状態を直接確認することが困難である。舗装のひびわれなどから推定できることがある。
 また、舗装から雨水が亀裂に浸入し、鋼床版の腐食や U リブの滞水が生じることもある。

写真-5.1.43 鋼橋の亀裂の診断における留意点



【部位】トラス橋の斜材（孔加工部）

【状態】トラス橋の斜材（孔加工部）の格点部近傍が破断している。

【留意点】格点部近傍の孔加工部は斜材の橋軸直角方向の変形やねじれ変形により応力集中や大きな変動応力が発生しやすく、他の斜材にも損傷が生じることがある。

また、片側の破断により他方への応力が大きくなり、損傷が広がる可能性があること、斜材の損傷は橋全体の安全性に影響することに留意すること。

写真-5.1.44 鋼橋の亀裂の診断における留意点

5.1.3 ゆるみ・脱落

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

ボルトにゆるみが生じる、ナットやボルトが脱落している状態をいう。ボルトが折損しているものも含む。

ここでは、普通ボルト、高力ボルト、リベット等の種類や使用部位等に関係なく、全てのボルト、リベットを対象としている。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 点検時にボルトのゆるみ・脱落に着目する場合、ボルトやナットが容易に回転するだけでなく、座金や連結板周辺のすべり跡も確認する必要がある。

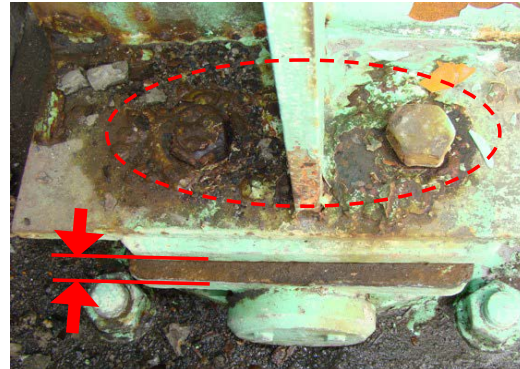


写真-5.1.45 支承の移動によりボルトの脱落が疑われる例

- ・ ボルトの脱落に着目する場合、ボルト軸部が切れて軸力が作用せずに孔部に残置しているだけの場合があるため、ボルトに締付け力が作用しているか、確認する必要がある。
- ・ 鋼橋の下に道路や歩道がある場合、ボルトが脱落すると、下の通行者へ直撃または接触する第三者被害が生じる危険性があるため、確認時には下へのボルトの落下に注意する必要がある。
- ・ 遅れ破壊を生じる可能性のあるボルト継手であっても、実際に遅れ破壊が生じるのかどうか、またはその時期について予測することは困難である。そのため予防保全的に全てのボルトを遅れ破壊を生じないボルトに更新せずに、遅れ破壊が実際に生じた段階で、同じ条件（材料、施工、環境など）の他のボルトを合わせて交換することとしている場合もある。この場合、仮に遅れ破壊が生じても第三者被害が生じないように落下防止措置などの対策を講じておくとともに、破断したことが点検などで



(a) ボルトキャップの例



(b) ボルトネットの例

写真-5.1.46 ボルト脱落の対策

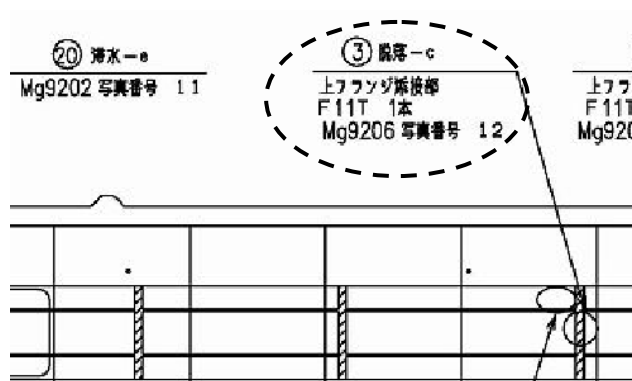
容易に確認できるようにしておくのが良い。また一旦遅れ破壊が始まると同条件のものも次々と破断しはじめる可能性もあることに注意が必要である。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 支承ローラーの脱落は、「支承の機能障害」として扱うのが良い。
- ・ 支承アンカーボルトや伸縮装置の取付けボルトも対象とする。前者の損傷を生じている場合には、「支承の機能障害」としても扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録と留意点

- ・ ゆるみ・脱落として記録する場合には、各損傷の数やボルトの種類(材質)を記録するのがよい。
- ・ ゆるみ・脱落の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.1.3に示す。



(a) スケッチ



(b) 写真

図-5.1.3 ボルトのゆるみ・脱落の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考となる事項

i) ゆるみ・脱落に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

ゆるみ・脱落に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.1.5に示す。

表-5.1.5 ゆるみ・脱落の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
ボルト連結部全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高力ボルト (F11T、F13T) の遅れ破壊 ・ 活荷重及び衝撃による振動 ・ 風や交通荷重による振動 ・ ボルト連結部の腐食 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルト本数不足による連結部のすべり ・ 連結部のすべりは、桁の異常な変形、致命的な損傷につながる ・ ボルト本数不足による支持された付属物等の脱落

現在、道路橋示方書に規定されている高力ボルトの強度 (F10T) より高強度のボルト (F11T、F13T) は、腐食などでボルト中に侵入集積した水素により鋼材の強度が低下する一方で、腐食などにより応力集中が生じることで、突然脆性的に破壊する遅れ破壊現象が生じる。

遅れ破壊が生じなくても、腐食による断面欠損により応力集中が生じ、破断する場合もある。地震時に大きな力が作用する支承部のように、地震などの影響によって過大な応力や変形が生じることでボルトが破断する場合もある。

また、風や交通荷重、または衝撃による振動に起因してボルトがゆるみ、さらに脱落に至る可能性もある。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

ii-1) 遅れ破壊対策

現在、道路橋示方書に規定されている高力ボルトの強度 (F10T) より高強度のボルト (F11T、F13T) は、過去に突然脆性的に破壊する遅れ破壊現象を生じたことから、1980年の改訂以降、道路橋における使用が禁止されている。遅れ破壊とは、高い応力下で使用されている特定の鋼材で一定の経年後に亀裂が発生する現象をいう。

(4) 正しい診断のための留意点

ゆるみ・脱落の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】横桁

【状態】ボルトが脱落している。

【留意点】鋼床版に施工されたボルトでは、舗装下に浸入した水によって腐食が進行することがある。

写真-5.1.48 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



【部位】支承セットボルト

【状態】支承のセットボルトにゆるみが生じている。

【留意点】地震の影響の場合、他のボルトにも損傷が見られることが多い。
外観上破断が確認されない場合でも、打音検査により破断が確認されることもある。

写真-5.1.49 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点

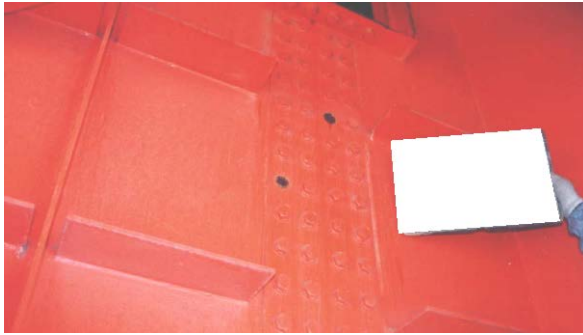


【部位】桁端の落橋防止構造

【状態】桁端の落橋防止構造のボルトが折損している。

【留意点】地震の影響の場合、主桁の変形や亀裂にも注視する。

写真-5.1.50 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



【部位】横桁

【状態】ボルトが脱落している。

【留意点】F11T など過去に使われた高力ボルトでは遅れ破壊が生じることがある。その場合、同材料・同条件下にある当該橋のボルトは連鎖的に破断が起きる危険性がある。

写真-5.1.51 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



写真-5.1.52 破断したボルトの例



【部位】主桁の継手部

【状態】多数のボルトが破断している。

【留意点】破断したボルトの連結部で防食機能の低下や腐食が見られる場合、同材料・同条件下にある当該橋のボルトは連鎖的に破断が起きる危険性がある。

写真-5.1.53 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点



【部位】支承サイドブロック

【状態】サイドブロックのボルトが破断している。

【留意点】地震後には、サイドブロックのボルトの破断が見られることがある。上揚力への抵抗力が喪失している場合、余震などに対する注意が必要である。

写真-5.1.54 ボルトのゆるみ・脱落の診断における留意点

5.2 コンクリート部材の損傷

5.2.1 コンクリートのひびわれ

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

ひびわれとは、外力や変形の拘束、アルカリ骨材反応によるコンクリート内部の膨張圧や鉄筋腐食の膨張などによって、コンクリート部材の表面にひびわれが生じることである。

道路橋にこれまで見られている代表的なひびわれのパターンとそれらに関わる事項や特徴は次のとおりである。

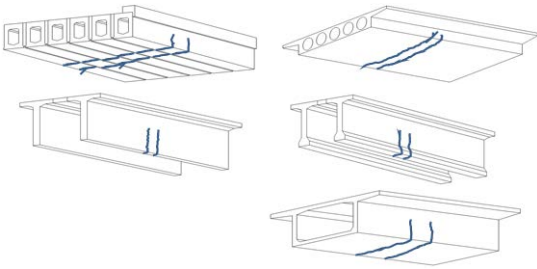

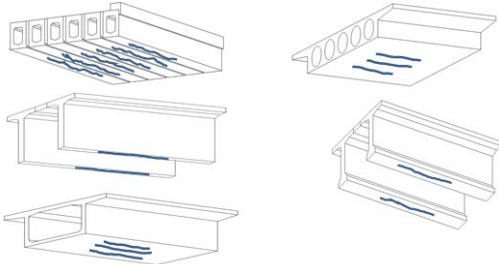

ひびわれパターン	写真	主な要因
<p>①支間中央部、主桁直角方向の桁下面又は側面の鉛直ひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリートの曲げ引張応力がひび割れ発生限界を超過） ・コンクリート硬化前に支保工が沈下した可能性がある
<p>②支間中央部、主桁下面縦方向ひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・内部主方向鉄筋の腐食膨張の可能性はある ・PC 鋼材グラウト不良の可能性はある ・ASR に起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある

図-5.2.1 ひび割れパターン(その1)

ひびわれパターン	写真	主な要因
<p>③支間 1/4 部、主桁直角方向の桁下面又は側面の鉛直又は斜めひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・応力超過、プレストレス損失などが疑われる。
<p>④支点部、支点付近の腹部に斜めに発生しているひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリートの斜引張応力がひび割れ発生限界を超過） ・コンクリート硬化前に支保工が沈下した可能性がある
<p>⑤支点部、支承上の桁下面又は側面に鉛直に発生しているひびわれ</p> <p>⑥支点部、支承上の桁側面に斜めに発生しているひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・桁端が回転拘束を受けている可能性がある ・支点部の水平移動が拘束されることで、支承上の局部応力が過大となったことが疑われる ・支圧応力を超過した可能性がある
<p>⑦ゲルバー部のひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ゲルバー支承部の水平移動が拘束されることで、支承上の局部応力が過大となったことが疑われる
<p>⑧支点部、連続桁中間支点部の上側の鉛直ひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリートの曲げ引張応力がひび割れ発生限界を超過）

図-5.2.1 ひび割れパターン(その2)







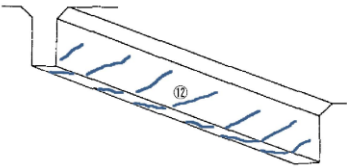

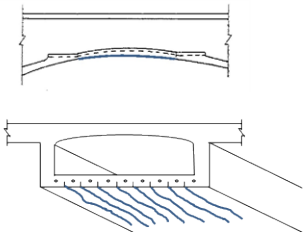

ひびわれパターン	写真	主な要因
<p>⑨ 亀甲状、くもの巣状のひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ ASR、凍害なコンクリート自体の劣化が疑われる。 ・ 乾燥収縮、自己収縮が疑われる。
<p>⑩ 桁の腹部に規則的な間隔で鉛直方向に発生しているひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ スターラップの腐食膨張が疑われる。
<p>⑪ ウェブと上フランジの接合点付近の水平方向のひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 打設ロット打継ぎ間隔不備により、先に打ち込んだコンクリートの沈降やコールドジョイントが疑われる。
<p>⑫ 桁全体に発生している斜め45°方向のひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 応力超過、プレストレス損失などが疑われる（コンクリート負担ねじり応力の超過分を、鉄筋が負担している）。
<p>⑬ 支間中央部、変断面桁の下フランジのPC鋼材に沿ったひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 桁高変化があり下床版の軸線が変化していることによる PC 鋼材緊張力の腹圧力の影響が疑われる。 ・ 下床版幅が広く、大きな断面力が作用

図-5.2.1 ひび割れパターン(その3)


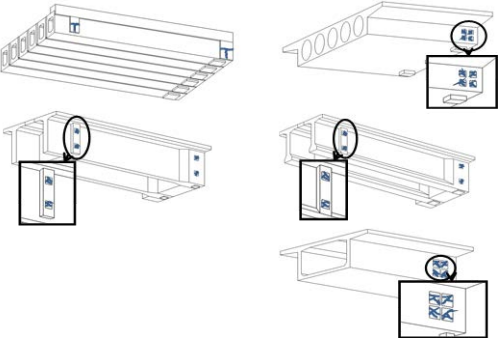
ひびわれパターン	写真	主な要因
<p>⑭支間 1/4 部、PC 連続中間支点付近の反局部の PC 鋼材に沿ったひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・ PC 鋼材グラウト不良が疑われる。 ・ コンクリート硬化前に中間支点が沈下した可能性がある。
<p>⑮支間 1/4 部、PC 連続中間支点の変局点付近の PC 鋼材に直交したひびわれ</p> 		<p>応力超過、PC 鋼材配置形状の不備によるプレストレス不足などが疑われる。</p>
<p>⑯ PC 鋼材定着部、偏向部付近のひびわれ (ア) 定着突起周辺</p> 		<p>定着突起を境としたプレストレス量の差により、定着突起前面に橋軸方向引張応力が発生する (コンクリートの引張応力が引張強度を超過)。</p>
<p>(イ) 後埋めコンクリート部</p> 		<p>雨水等で PC 定着部の後埋め部の劣化が疑われる。</p>
<p>(ウ) 外ケーブル定着部</p> 		<p>プレストレスによる応力超過、補強筋不足が疑われる。</p>

図- 5.2.1 ひび割れパターン(その4)

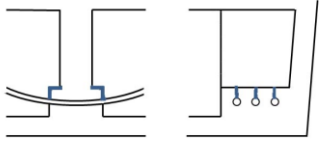

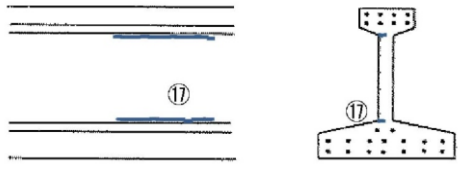

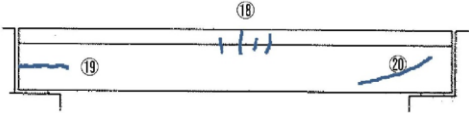

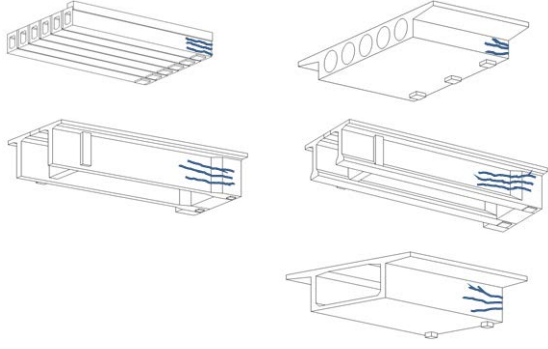

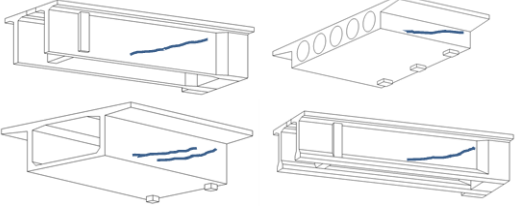

ひびわれパターン	写真	主な要因
<p>(エ) 偏向部</p> 		<p>プレストレスによる応力超過、補強筋不足が疑われる。</p>
<p>⑰ PC鋼材が集中している付近のひびわれ</p> 		<p>ASR に起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある。</p>
<p>⑱ 支間中央部、主桁上フランジ付近のひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・分割施工時(断面高さ方向)のコンクリート収縮拘束 ・応力超過、プレストレス過多による桁の上ぞりなどが疑われる。
<p>⑲ 支点部、主桁の腹部に水平なひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・PC 鋼材定着部前面の支圧応力による引張応力の発生 ・ASR に起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある。 ・コンクリート水和熱に伴う内部拘束作用
<p>⑳ シースに沿って生じるひびわれ</p> 		<ul style="list-style-type: none"> ・PC 鋼材グラウト不良が疑われる。 ・ASR に起因する膨張圧がプレストレス方向と直交する橋軸直角方向に作用し、ひび割れた可能性がある。

図- 5.2.1 ひび割れパターン(その5)

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

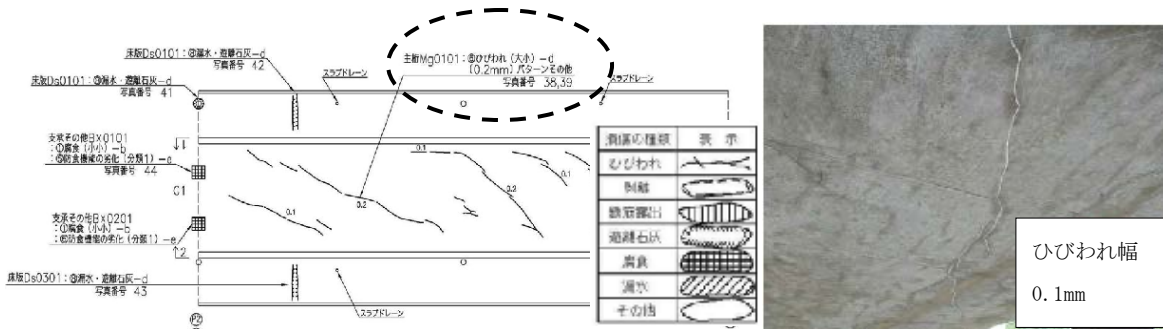
- ・ ひびわれの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ ひびわれ以外に、コンクリートの剥落や鉄筋の露出などその他の損傷が生じている場合には、別途それらの損傷としても扱うとよい。
- ・ 床版に生じるひびわれである「床版ひびわれ」とは、区別する。
- ・ PC定着部においては当該部位でのみ扱い、当該部位を含む主桁等においては当該部位を除いた要素において評価するとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ ひびわれの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.2に示す。



(a) スケッチ

(b) 写真

図-5.2.2 ひびわれの記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートのひびわれ発生原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表- 5.2.1 に示す。

表-5.2.1 コンクリートのひびわれ発生原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計強度不足 ・ 支承の機能不全 ・ 地震 ・ 凍結融解 ・ プレストレス不足 ・ 締固め不足 ・ 養生の不良 ・ 温度応力 ・ 乾燥収縮 ・ コンクリート品質不良 ・ 後打ちによるコールドジョイント ・ 支保工の沈下 ・ 早期脱型 ・ 不等沈下 ・ 環境 ・ 水 	応力超過によるひびわれの進行 劣化による耐荷力の低下 ひびわれによる鉄筋の腐食 漏水、遊離石灰の発生

同一の路線における同年代に架設された橋梁と比べて損傷の程度に大きな差があり、環境や地域の状況など一般的な損傷要因だけでは説明できない場合において、以下に示す特定の事象が確認できる場合は、基本的に詳細調査を行う必要がある。詳細調査は、4章を参照のこと。

- ・ アルカリ骨材反応の恐れがある事象において
 - ・ コンクリート表面に網目状のひびわれが生じている
 - ・ 鉄筋やPC鋼材の方向に沿ったひびわれが生じている
 - ・ 微細なひびわれ等に白色のゲル状物質の析出が生じている
- ・ 塩害の恐れがある条件において
 - ・ 道路橋示方書等によって、塩害対策を必要とする地域に架設され、鉄筋やPC鋼材に沿ったひびわれやうきが生じている
 - ・ 凍結防止剤の散布がある道路区間に架設され、鉄筋に沿ったひびわれやうきが

生じている

- ・架設時の資料より、海砂の使用が確認され、鉄筋に沿ったひびわれやうきが生じている
- ・架橋付近に、塩害損傷橋梁が確認され、鉄筋に沿ったひびわれやうきが生じている
- ・点検等によって、錆汁など塩害特有の損傷が現れており、鉄筋に沿ったひびわれやうきが生じている

コンクリートに発生するひびわれは、鉄筋腐食が先行するもの、ひびわれが先行するもの、劣化によるものなどがある。

鉄筋腐食が先行する例として、中性化や塩害などが原因で鉄筋に腐食が生じ、鉄筋腐食の進行に伴い錆による膨張でかぶりコンクリートにひび割れが生じる。

ひびわれが先行する例として、コンクリート内部の水分が乾燥すると収縮現象が生じ、この収縮変形が鉄筋などに拘束されるとコンクリートに引張応力が発生し、これが引張強度を超えるとひび割れが生じる。そこに外部から劣化因子が浸入し鉄筋腐食を進行させ、ひびわれ幅は拡大する。

劣化による例として、アルカリ骨材反応のように、コンクリート中の水酸化アルカリと骨材中の反応性骨材との化学反応により生成されるアルカリシリカゲルが、吸水に伴い膨張して発生するひびわれや、凍害のようにコンクリート中の水分が凍結した際の膨張圧によって発生するひびわれや、繰返し荷重の影響によって発生するひびわれがある。

また、施工時の品質不良による例として、支保工の変形や水和熱による温度応力などの初期ひびわれ、コンクリートを打ち重ねる時間が長いために一体化されずに不連続な面となるコールドジョイントにより生じるひびわれもある。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

ii-1) 塩害

塩害とは、コンクリート中に存在する塩化物イオンの作用により鋼材が腐食し膨張して、コンクリートにひびわれや剥離などを発生させる現象をいう。

コンクリートは多孔質であるため、海からの飛来塩分や、凍結防止剤に含まれる塩化物がコンクリート表面に付着すると、塩化物イオンがコンクリート内部に拡散浸透して、著しい鉄筋の腐食等を引き起こす。フレッシュコンクリート中の塩化物総量に関する基準は、1986年のコンクリート中の塩化物総量規制（建設省技調発第285号 昭和61年6月2日）により、コンクリート中の塩化物イオン量が 0.3kg/m^3 以内に規制されたため、これ以降に建設された構造物では、内在塩化物イオンによる塩害の可能性は小さい。



写真-5.2.1 塩害による損傷

しかし、それ以前に建設されたコンクリート部材には、建設当初から多量の塩化物イオンが含まれるものが見られ、内在塩化物イオンによる著しい塩害が生じる場合もある。また、道路橋の塩害対策のかぶりは、「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説」（日本道路協会）^{5.3)}に準じていたが、平成14年度の道路橋示方書で、塩害の影響による最小かぶりが規定された。

ii-2) アルカリ骨材反応（ASR）

アルカリ骨材反応は、コンクリート中の水酸化アルカリと骨材中の反応性骨材との化学反応により生成されるアルカリシリカゲルが、吸水に伴う膨張によって、コンクリートにひびわれや剥離、ポップアウトなどを発生させる現象をいう。アルカリ骨材反応に関する基準は、1986年のJISの改定により、アルカリ骨材反応の抑制方法を購入者に報告することが義務付けられ、化学法やモルタルバー法で試験し、無害と判断された骨材でなければならないと規制された。詳細は5.5.2アルカリ骨材反応を参照のこと。



写真-5.2.2 アルカリ骨材反応による亀甲状のひびわれ

ii-3) 中性化

中性化とは、大気中の二酸化炭素がコンクリート内に侵入し、コンクリート中の水酸化カルシウムが徐々に炭酸カルシウムになり、コンクリート中のアルカリ性が失われていく現象をいう。一般に、二酸化炭素濃度が高い環境で、湿度が低く、温度が高いほど、中性化の進行が早いといわれている。



写真-5.2.3 中性化による地覆部外側の剥離・鉄筋露出



写真-5.2.4 フェノールフタレインによる調査例（コア）

ii-4) 凍害

凍害とは、コンクリート中の水分が凍結した際の膨張圧によって発生するものであり、長年にわたる凍結と融解を繰り返すことによってコンクリート組織が徐々に劣化する現象をいう。凍害を受けた構造物は、表面にスケーリング、微細なひびわれ及びポップアウトなどの劣化が発生する。また、凍結防止剤等に由来する塩化物イオンを含み水が周囲にある場合に、凍害が著しく促進される。



写真-5.2.5 凍害による
スケーリング（地覆部）



写真- 5.2.6 ポップアウト（主桁）

《メモ》

- ・ポップアウトとは、凍害やアルカリ骨材反応などにより、表層下の骨粒子などが膨張し破壊して、表面が円錐状に剥離・剥落することである。骨材の品質が悪い場合によく発生する。
- ・スケーリングとは、凍害などにより、コンクリートのペースト部分が劣化し、表面が薄片状に剥離、剥落することである。コンクリートの品質が悪い場合や適切な空気泡が連行されない場合によく発生する。
- ・フェノールフタレインは、1%のエタノール溶液を噴霧し、pH10程度以上のアルカリ性（未中性化）の場合は赤紫色を表し、中性化している場合は着色しない。

ii-5) ゲルバー部のひびわれ

コンクリート橋のゲルバー部では、断面急変部での応力集中や衝撃荷重の繰返しにより斜めのせん断ひびわれが生じて、落橋や緊急対応した事例が発生している。ひびわれの発生位置は、内部の配筋状況等によって損傷位置が異なり、支承から発生する場合、断面急変部から発生する場合、桁の内部に発生する場合などの事例が見られる。

定着桁の先端に斜めのひびわれと、伸縮目地部からの漏水痕が見られる。ゲルバー部の外観で確認できるひびわれだけでは、部材の損傷状態の全貌を把握することは困難である。



写真-5.2.7 ゲルバー部のひび割れ



写真-5.2.8 ゲルバー部のひび割れ



写真-5.2.9 ゲルバー部の落橋防止システム



写真-5.2.10 ゲルバー部の鋼板巻き立て工法

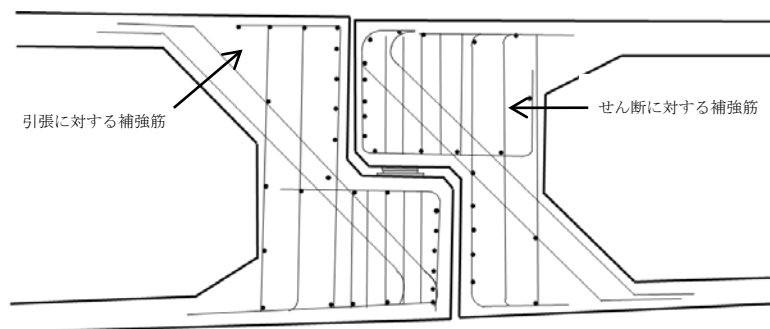


図-5.2.3 ゲルバー部の配筋 (例)

ii-6) 腐食

コンクリート部材内部には鉄筋やP C鋼材など様々な鋼材が存在するが、雨水の到達により腐食を生じる事も多い。

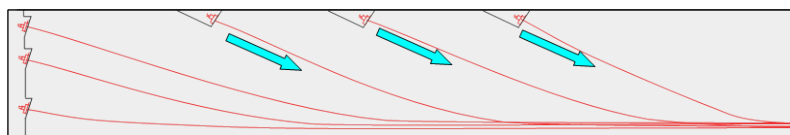


図-5.2.4 桁上縁での定着部から雨水が浸入



写真-5.2.11 路面（床版）から雨水が浸入のおそれ



写真-5.2.12 プレテンション桁やセグメントの打継目から雨水浸入のおそれ



写真-5.2.13 定着部の後埋め部から遊離石灰・後埋め部剥落（定着部腐食）

かぶり不足の場合、滞水した雨水が内部に浸透しやすく、鉄筋やPC鋼材が腐食しやすい。また、セパレータの孔やスペーサー部分から雨水が浸入するおそれもある。

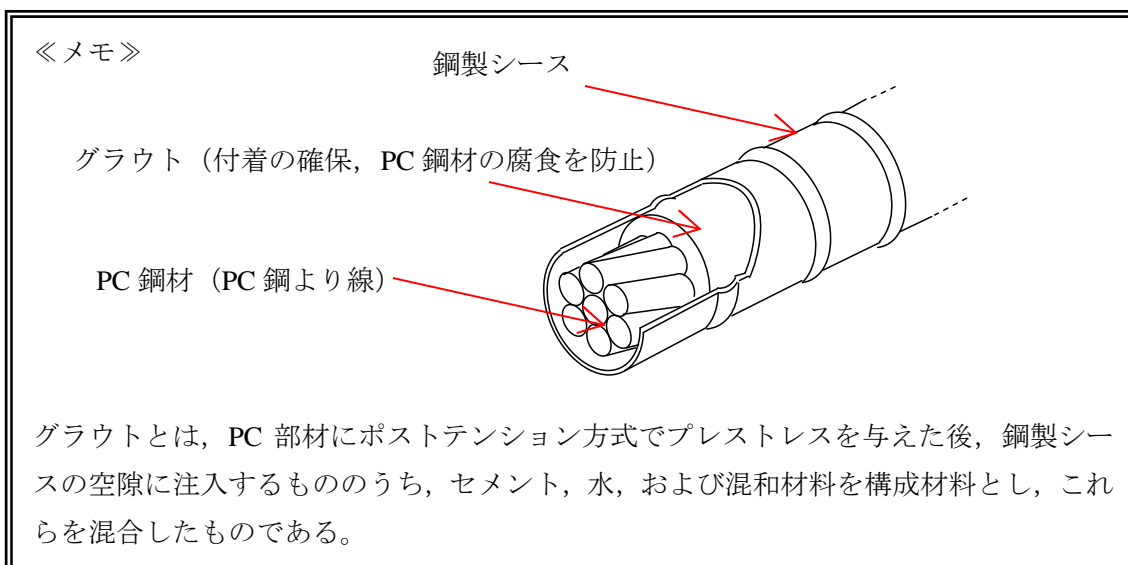
排水管から水が漏れ滞水し、コンクリート内に水が浸透しコンクリート内のシースやPC鋼材が腐食を起こす。腐食が広がるとPC鋼材が破断してしまう可能性もある。



写真-5.2.14 排水管からの漏水とPC鋼材の腐食



写真-5.2.15 鉄筋の腐食



(4) 正しい診断のための留意点

ひびわれの診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.2.16 ひび割れの診断における留意点

【部位】主桁の補修箇所

【状態】内部鋼材の腐食や、ひびわれの再発・拡大などの再劣化により、塗膜とコンクリートにひびわれが生じている。

【留意点】ひびわれ幅が大きい場合、浮き、剥落に進展することがある。コンクリート塗装をしている場合には、ひびわれが塗膜のみなのか、コンクリートにも発生しているのかを注視する必要がある。



写真-5.2.17 ひび割れの診断における留意点

【部位】主桁の端部

【状態】伸縮装置からの凍結防止剤を含む漏水により鉄筋等の腐食が生じ、錆汁を伴うひびわれが生じている。

【留意点】内部鉄筋が腐食している場合、コンクリートの浮きやはく離をとともうことがある。



写真-5.2.18 ひび割れの診断における留意点

【部位】橋台のたて壁

【状態】アルカリ骨材反応の影響により塗装で補修したたて壁の全面に、漏水跡と亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】補修後の表面被覆上に現れるひびわれは、補修前からのひびわれの拡大や補修後に発生したひびわれの一部であることがある。



【部位】橋脚張出部

【状態】アルカリ骨材反応の影響により白色の滲出物を伴う亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】ひびわれから著しい漏水や石灰分の析出がある場合、内部で著しく劣化が進行していることがある。

写真-5.2.19 ひび割れの診断における留意点



【部位】主桁のウェブ

【状態】主桁のコールドジョイント
(注：矢印はコールドジョイント)

【留意点】打重ね境界位置に明確なひびわれがあり、変色や漏水がある場合、内部に水分が浸入して劣化が進行していることがある。

写真-5.2.20 ひびわれの診断における留意点

コールドジョイントは、部材断面の広範囲で発生していることがあり、漏水や遊離石灰の析出、錆汁、広範囲の浸潤が見られる場合、内部で劣化が進行していることがある。

また、中性化を早め、耐久性に影響する場合がある。



【部位】箱桁内の横桁

【状態】PC 定着部付近にひびわれが見られる（注：ひびわれをチョークでマーキングしている。）

【留意点】貫通孔箇所や、荷重集中点では、不適切な施工や設計で考慮されない応力状態が生じると、ひびわれが発生することがある。

写真-5.2.21 ひびわれの診断における留意点

コンクリート橋では、施工段階や施工直後から、乾燥収縮や弱材齢時の型枠の移動、設計での考慮と整合しない架設時応力の発生など様々な要因で、ひびわれが生じることがある。完成系への影響を見極め、耐荷性能のみならず耐久性についても所要の性能が得られるよう、必要な対策を速やかに行うことが重要である。



【部位】 T型橋脚のはり部

【状態】 片持ちはり部分の上側に鉛直ひびわれが見られる。(注：ひびわれをチョークでマーキングしている。)

【留意点】 片持ちはりの上面から側面下方に向かうひびわれは、はりの過大な曲げ応力によることがある。

写真-5.2.22 ひびわれの診断における留意点

はり部材では、過大な曲げ応力の発生や曲げ耐力の不足によって、曲げひびわれが生じることがある。曲げひびわれの場合、ひびわれは部材側面に鉛直方向に伸びることが多い、また、ひびわれ幅に応じて内部鋼材に過度の負担が生じていることがある。



【部位】 ゲルバー部

【状態】 定着桁の先端に斜めのひびわれと、伸縮目地部からの漏水痕が見られる。

【留意点】 ゲルバー部の外観で確認できるひびわれだけでは、部材の損傷状態の全貌を把握することは困難であるため、コア抜きや CCD カメラ等で詳細調査を行う必要がある。支承部付近には、せん断耐力の不足によって、斜め方向のひびわれが生じることがある。

写真-5.2.23 ひびわれの診断における留意点



他のひび割れと異なり、脆性的な破壊と落橋に至る恐れもある。

P C 鋼材定着部又は偏向部付近のひびわれ (注：ひびわれをチョークでマーキングしている。)

写真-5.2.24 ひびわれの診断における留意点

5.2.2 コンクリートの剥落・鉄筋露出

(1) 一般的性状・損傷の特徴

コンクリート部材の表面が剥離している状態を剥離、剥離部で鉄筋が露出している場合を鉄筋露出という。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・剥落・鉄筋露出の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

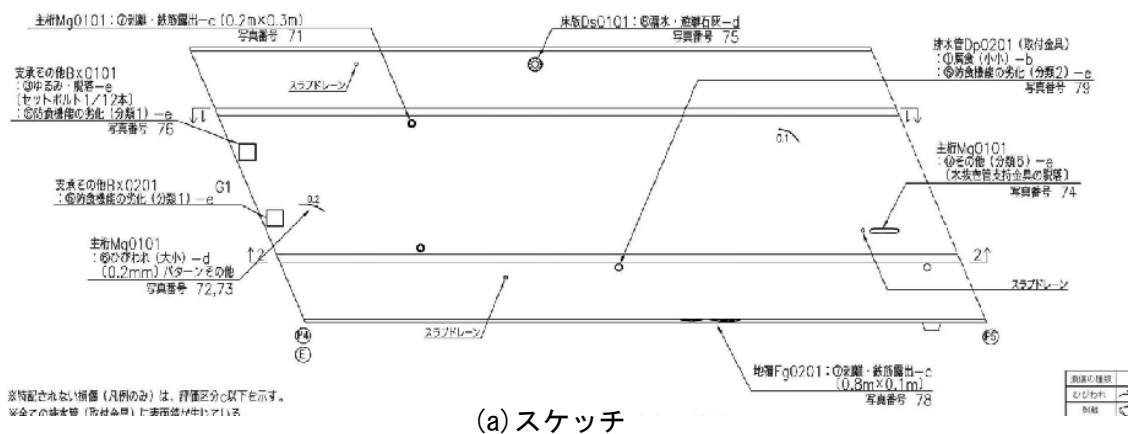
ii) 他の損傷との関係

- ・剥離・鉄筋露出とともに変形・欠損（衝突痕）が生じているものは、別途、それらの損傷としても扱うとよい。
- ・「剥離・鉄筋露出」には露出した鉄筋の腐食、破断などを含むものとし、「腐食」、「破断」などの損傷とは区別するとよい。
- ・床版に生じた剥離・鉄筋露出は、「床版ひびわれ」以外に本項目でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・剥離・鉄筋露出の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を

図-5.2.5 に示す。



(a) スケッチ



(b) 写真

図-5.2.5 剥落・鉄筋露出の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートの剥落・鉄筋露出原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.2に示す。

表-5.2.2 コンクリートの剥落・鉄筋露出原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none">・かぶり不足、豆板、打継目処理と浸透水による鋼材腐食・コンクリートの中酸化、塩害、アルカリ骨材反応・後埋コンクリートの締固め不足、鉄筋の不足・締固め不足・脱型時のコンクリート強度不足・局部応力の集中・衝突または接触・鉄筋腐食による体積膨張・火災による強度低下・凍結融解・セメントの不良・骨材の不良(反応性及び風化性骨材)	<p>断面欠損による耐荷力の低下 鉄筋腐食による耐荷力の低下 輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、床版機能の損失</p>

コンクリートのひびわれのメカニズムで述べたようにコンクリートにひびわれが生じ、さらに鉄筋腐食が進行し、かぶりコンクリートが比較的薄い場合などには、かぶりコンクリートが剥がれ落ちる状態となり、このかぶりコンクリートが剥がれ落ちている状態を剥離という。このとき、コンクリートの剥離により鉄筋が露出している状態を鉄筋露出という。さらに、鉄筋腐食による鉄筋断面の減少などにより耐荷力の低下につながることもある。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

5.2.1 ひびわれの(3) ii)を参照する。

(4) 正しい診断のための留意点

剥離・鉄筋露出の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】主桁

【状態】塩害対策として表面被覆を行っている箇所に、剥離・鉄筋露出が生じている。

【留意点】塩害の補修部では、脱塩が完全に行えなかったり、塩分や水分の再浸入により、再劣化が生じることがある。

写真-5.2.25 剥離・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】橋脚梁部

【状態】白色の析出物を伴う亀甲状のひびわれと、一部で剥離が見られる。

【留意点】ASRが生じている場合、ひびわれて劣化したコンクリートが、比較的大きな塊で落下することがある。

写真-5.2.26 剥離・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】地覆

【状態】コンクリートの剥離・鉄筋露出が生じている。

【留意点】凍結融解が繰り返される部位では、広範囲に表面が劣化して剥落することがある。

写真-5.2.27 剥離・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】主桁

【状態】コンクリート桁下面の一部に、車両等の衝突によると疑われる、断面欠損が生じた例

写真-5.2.28 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】主桁

【状態】コンクリートの剥離、鉄筋の著しい腐食、更には破断が見られる。

【留意点】塩害環境では、広範囲に同時に鉄筋の腐食が進行していることがある。

写真-5.2.29 剥落・鉄筋露出の診断における留意点



【部位】橋脚梁部の下面

【状態】はりの根元付近で広く剥離と鉄筋の著しい腐食が見られる。

【留意点】勾配のある部材では、箇所によっては広くかぶり不足となっていることがある。また、伝い水によって損傷が促進されることがある。

写真-5.2.30 剥落・鉄筋露出の診断における留意点

張出し部、地覆、壁高欄外側、はり先端、傾斜した下面など構造的に伝い水が表面を流れやすい部位では、剥離が生じやすい。また、桁端部、排水枡周囲、地覆部では、路面排水の滞水や部材への浸入が損傷を促進させることがある。特に、凍結防止剤を含む路面水は塩害を引き起こすので、深刻な影響を与えることがある。T桁等において上縁定着しているものでウェブ側面にひび割れや剥落があるものは、グラウト内に水が入り込んでいる可能性があるため、必要に応じて非破壊検査や微破壊検査でグラウト内の滞水を調査する。

5.2.3 漏水・遊離石灰

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

漏水・遊離石灰とは、コンクリートの打継目やひびわれ部等から、水や石灰分の滲出や漏出が生じている状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・漏水・遊離石灰の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・排水不良などでコンクリート部材の表面を伝う水によって発生している析出物、また、外部から供給されそのままコンクリート部材の表面を流れている水については、「遊離石灰」とは区別するとよい。
- ・ひびわれ、うき、剥離など他に該当するコンクリートの損傷については、それぞれの項目でも扱うとよい。
- ・床版に生じた漏水・遊離石灰は、「床版ひびわれ」以外に本項目でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・漏水・遊離石灰として記録する場合には、漏水のみか、遊離石灰が発生しているかの区分や錆汁の有無について評価するとよい。
- ・漏水・遊離石灰の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.6に示す。

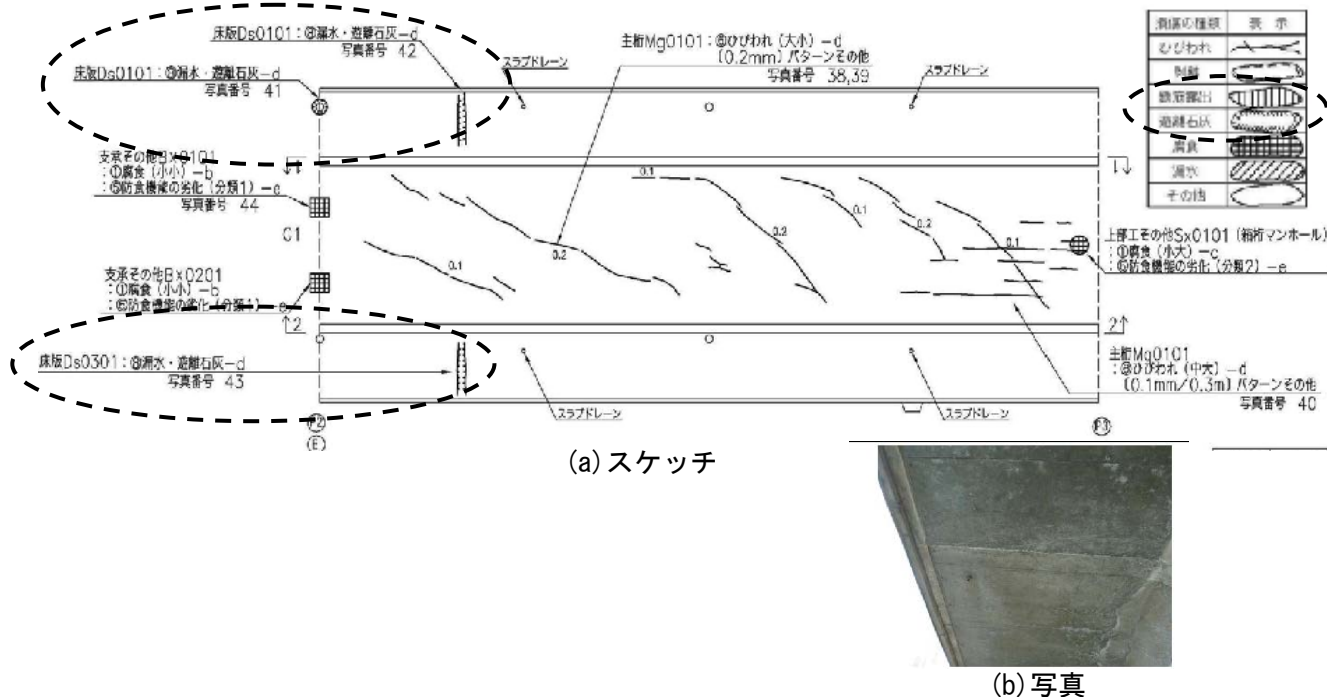


図-5.2.6 漏水・遊離石灰の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートの漏水・遊離石灰の原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.3に示す。なお、コンクリートのひびわれからの漏水や遊離石灰の析出は、ひび割れ内部に水が浸入していることを意味し、部材内部への水の供給は著しく劣化を促進させることがあるため、漏水や遊離石灰の析出に関与している水の供給経路について注意する必要がある。また水の侵入経路や部材構造によっては、漏水や遊離石灰の析出が生じていることが、すなわち部材を貫通したひび割れが生じていることを意味する場合もあるため、ひびわれの範囲や部材性能への影響の評価ではこのことにも注意する必要がある。



写真-5.2.31 貫通ひびわれが疑われる事例

表-5.2.3 コンクリートの漏水・遊離石灰の原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 漏水の進行 ・ 締固め不十分 ・ ひびわれの進行 ・ 防水層未施工 ・ 打設方法の不良 ・ 打継目の不良 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれによる鉄筋の腐食 伸縮装置の劣化 合成桁では主桁の剛性低下 非合成桁でも合成作用の損失 コンクリートの中酸化による床版機能の損失 コンクリートの劣化

コンクリート近傍の鋼材が腐食しその錆が雨水などとともに流れる、又はコンクリート中の鉄筋が腐食して膨張しひびわれが生じたところに雨水や地下水が通過すると、さび汁

となりコンクリート表面に付着する。後者の場合には、遊離石灰を伴う場合もある。

遊離石灰は、コンクリート中の可溶成分やコンクリートの周辺の可溶成分が水分の移動によりコンクリート表面に移動し、表面での水分の蒸散や二酸化炭素などの吸収によって、溶解していた成分が析出することである。遊離石灰そのものが構造物の信頼性を損なうことは少ないが、中性化や塩害が原因で遊離石灰が生じている場合などには、これらの劣化が進行して鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートにひびわれが発生していることが多い。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

5.2.1 ひびわれの (3) ii) を参照する。

(4) 正しい診断のための留意点

漏水・遊離石灰の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】 地覆

【状態】 ひびわれから遊離石灰が生じており、錆汁の混入が認められる。

写真-5.2.32 漏水・遊離石灰の診断における留意点



【部位】 床版（補強鋼板）

【状態】 鋼板接着箇所の継目からの顕著な漏水と、鋼板の腐食が見られる。

【留意点】

鋼板裏面の錆が進行すると、補強鋼板とコンクリート床版とに剥離が生じ、耐荷力の減少につながることもある。

写真-5.2.33 剥落・鉄筋露出の診断における留意点

コンクリート床版では、内部の劣化状況が下面からしか判断できないことが多く、特に鋼板接着や底鋼板付き床版では、漏水や遊離石灰・錆汁の状況から床版コンクリートの劣化状態を推測することが重要となる。また、局部的に劣化が進行すると、広くひびわれが生じないまま床版の抜け落ちに至ることがある。

5.2.4 コンクリートの抜け落ち

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

コンクリート床版（間詰めコンクリートを含む）からコンクリート塊が抜け落ちることをいう。床版の場合には、亀甲状のひびわれを伴うことが多い。間詰めコンクリートや張り出し部のコンクリートでは、周囲に顕著なひびわれを伴うことなく鋼材間でコンクリート塊が抜け落ちることもある。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 抜け落ちの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 床版の場合には、著しいひびわれが生じていてもコンクリート塊が抜け落ちる直前までは、「床版ひびわれ」として扱うのがよい。
- ・ 剥離が著しく進行し、部材を貫通した場合に、「抜け落ち」として扱うのがよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 抜け落ちとして記録する場合には、抜け落ちた部位の鉄筋の状態や周辺の状態についても記録するとよい。
- ・ 抜け落ちの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.7に示す。

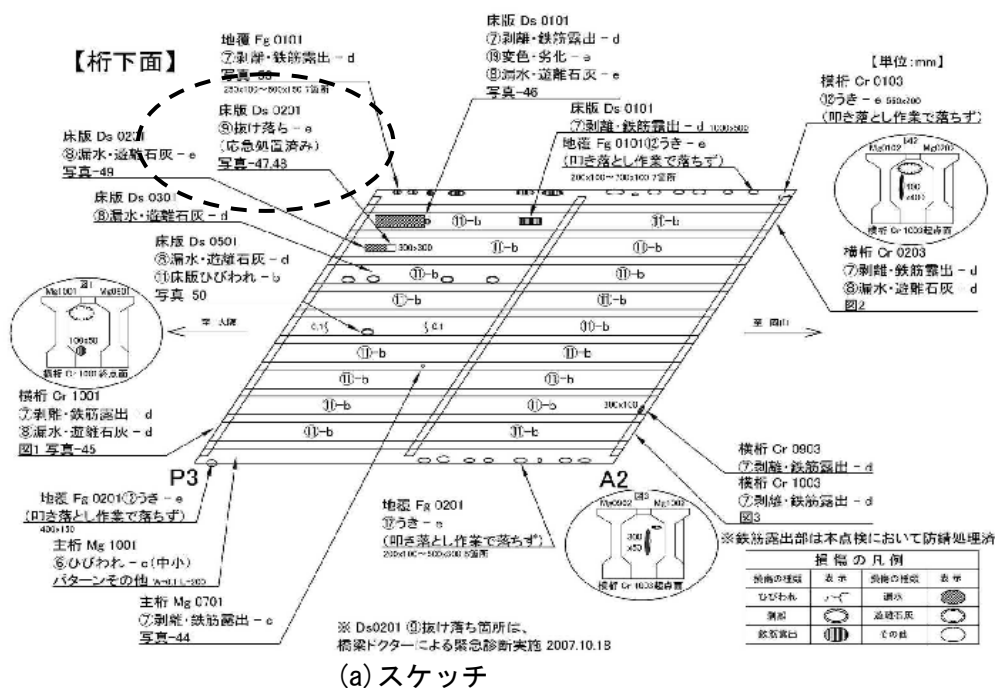


図-5.2.7 抜け落ち記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

コンクリートの抜け落ち原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表- 5.2.4 に示す。

表-5.2.4 コンクリートの抜け落ちと懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート床版	・ ひびわれ、漏水、遊離石灰の進行	・ 輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、床版機能の損失

床版に発生したひびわれが、輪荷重による繰返し荷重などの影響により貫通ひびわれに発展し、そこに雨水等が浸入するとすりへり現象が生じ鋼材の腐食とともにコンクリートの塊が抜け落ちる。雨水などの浸入があると急激に進行する損傷である。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

PCT 桁の間詰め部において、無筋で抜け落ちにつながる恐れがある状況などにおいては、詳細調査を実施することが妥当と判断できる場合がある。ちなみに、以下の PCT 桁の間詰め部において、無筋の可能性があると知られている。

- ・ プレテンション桁の設計が 1971 年以前、または竣工年が 1974 年以前の橋梁
 - ・ ポストテンション桁の設計が 1969 年以前、または竣工年が 1972 年以前の橋梁
- 必要に応じて、鉄筋探査（電磁波レーダーや電磁誘導法）を行い、無筋かどうか確認する。

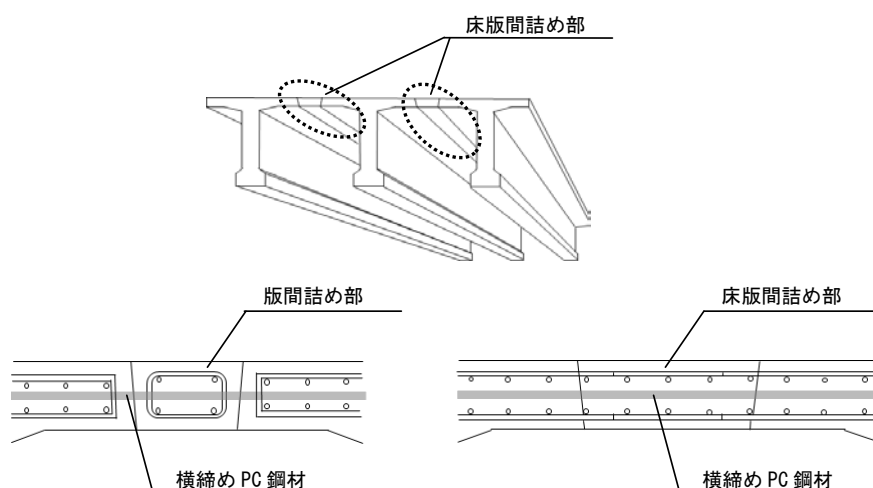


図-5.2.8 間詰め部の構造および配筋

床版では、疲労などによって床版コンクリートの破壊が進むと、部分的に床版コンクリートが抜け落ちることがある。床版の抜け落ちでは車両の陥没や横転などの大事故に繋がる可能性もあるため、注意が必要である。

床版コンクリートが抜け落ちる場合、その前段階で部分的に貫通ひび割れが形成されていることが多く、床版ひびわれから著しい漏水や遊離石灰の析出が見られる場合には、床版コンクリートが抜け落ちる可能性をも念頭に注意して点検することが必要である。

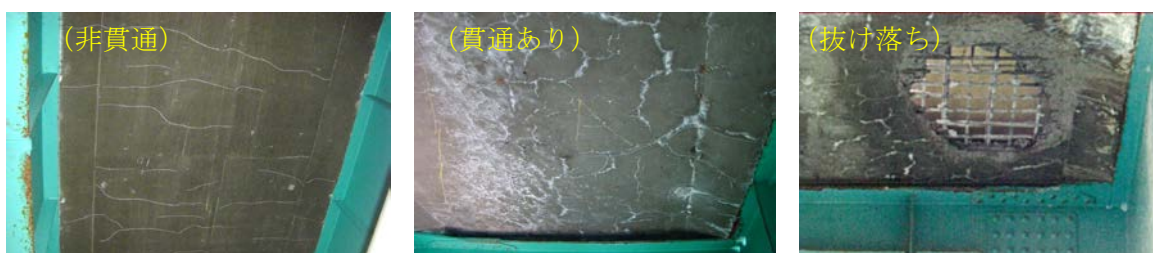


写真-5. 2. 34 床版ひびわれの状態

(4) 正しい診断のための留意点

抜け落ちの評価を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5. 2. 35 抜け落ちの診断における留意点

【部位】床版間詰め部
【状態】間詰めコンクリートが落下している。(抜け落ち部の黒いものは舗装)
【留意点】古いT桁ではT桁フランジ端部にテーパがないので、間詰めとの境界部が劣化すると、間詰めコンクリートが大きな塊で抜け落ちることがある。



写真-5.2.36 抜け落ちの診断

における留意点

ロック化している、抜け落ちた箇所の近傍や前後で舗装に顕著なひびわれが生じている、石灰分のせき出が広がっている、過去に同じ車線位置で補修が繰り返されている、ひび割れは顕著でないなどのいずれか、または組み合わせが見られることが多い。

【部位】床版

【状態】輪荷重位置で、床版のコンクリートが鉄筋を残して落下している。

【留意点】抜け落ちが生じた床版では、抜け落ち部周辺あるいは車線方向の同じ位置で、舗装に凹凸や顕著なひびわれ、過去の補修痕が認められることがある。

床版コンクリートでは、鉄筋を残してコンクリートだけが落下することが多い。抜け落ち前には、鉄筋に沿って格子状にコンクリートがブ

鋼板で補強している場合や、剥落防止のシートが貼られている場合などは、下からは損傷状況は確認できないので、上面から舗装に異常がないか確認する。必要であれば、舗装を剥いで床版上面に異常がないか確認することもある。また、下から鋼板等に対して打音検査を行い、うきなどを示す異常音がないか確認する。



写真-5.2.37 抜け落ちの診断における留意点

5.2.5 補修・補強材の損傷

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

鋼板、炭素繊維シート、ガラスクロスなどのコンクリート部材表面に設置された補強材料や塗装などの被覆材料に、うき、変形、剥離などの損傷が生じた状態をいう。

また、鋼部材に設置された鋼板（あて板等）による補修・補強材料に、腐食等の損傷が生じた状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 抜け落ちの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 補強材の損傷は、材料や構造によって様々な形態が考えられる。また、漏水や遊離石灰など補強されたコンクリート部材そのものの損傷に起因する損傷が現れている場合もあり、これらについても補強材の機能の低下と捉え、橋梁本体の損傷とは区別してすべて本項目「補修・補強材の損傷」として扱うとよい。

補修・補強材の分類は次によるとよい。

ア) コンクリート部材への補修・補強材

分類	補修・補強材料
1	鋼板（補強鋼板等）
2	繊維（繊維補強シート、剥落防止材等）
3	コンクリート系（巻立てコンクリート等）
4	塗装（保護塗装等）

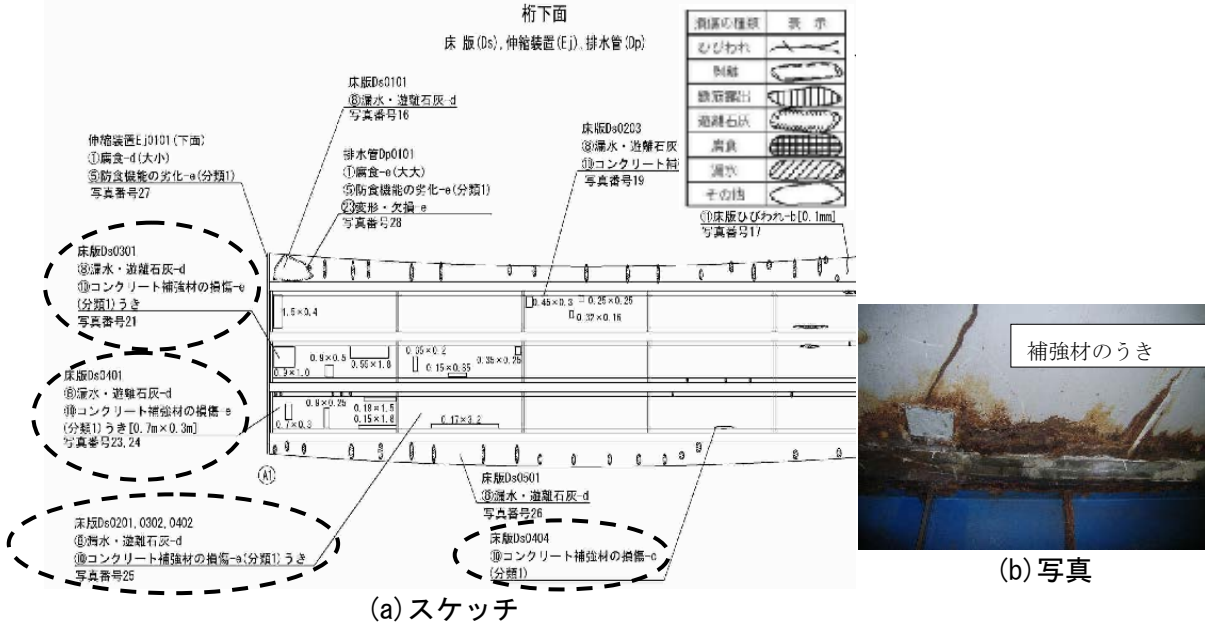
イ) 鋼部材への補修・補強材

分類	補修・補強材料
5	鋼板（あて板等）

- ・ **分類3**においてひびわれや剥離・鉄筋露出などの損傷が生じている場合には、それらの損傷としても扱うとよい。
- ・ **分類4**は、「防食機能の劣化」としては扱わないとよい。
- ・ **分類5**において、鋼部材に設置された鋼板（あて板等）の損傷は、この項目のみで扱い、例えば、「防食機能の劣化」や「腐食」と区別するとよい。一方、鋼板（あて板等）の損傷に伴い本体にも損傷が生じている場合は、本体の当該損傷でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

・補強材の損傷の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.9に示す。



(a) スケッチ
図-5.2.9 補修・補強材の損傷の記録方法の例

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

補修・補強材の損傷原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.5に示す。

表-5.2.5 補修・補強材の損傷と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材への補修・補強材全般	<ul style="list-style-type: none"> 床版のひびわれ進行による漏水 防水層の未施工 架橋環境 	鋼板断面欠損による床版機能の低下 主構造の腐食へと進行
鋼部材への補修・補強材全般	<ul style="list-style-type: none"> 応力集中 架橋環境 	主構造の腐食へと進行 主構造の亀裂の再進行

コンクリート部材の補修・補強について、例えば床版に発生したひびわれの進行や防水層の未施工などにより、床版上面から雨水が浸入し、床版下面に滞水することにより鉄筋の腐食を進行させ、補強材にうき、剥離が生じる。また、鋼板などの補強材の腐食を進行させることがある。

鋼部材の補修・補強材について、例えば漏水などによる水や塩分の供給によって塗装などの防食機能が劣化し、さらに鋼材の腐食を進行させる。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

昭和 54 年に道路橋の維持および補修の実務上の手引き書として、「道路橋補修便覧」^{5.4)}がとりまとめられた。

既往の代表的な補修補強工法の例



写真-5.2.38 床版劣化対策
(分類1: 床版の補強鋼板)



写真-5.2.39 耐震補強
(分類3: コンクリート巻立て)



写真-5.2.40 疲労対策
(分類1: 桁の補強鋼板)

(4) 正しい診断のための留意点

補修・補強材の損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.2.41 補修・補強材 (鋼板) の損傷の診断における留意点

【部位】床版の補強鋼板 (分類1)

【状態】漏水があり、腐食が進行した鋼板が脱落している。

【留意点】床版防水機能の劣化や、床版の貫通ひびわれが生じていることがある。



写真-5.2.42 補修・補強材 (繊維) の損傷の診断における留意点

【部位】床版の排水管貫通部の繊維シート (分類2)

【状態】排水管とコンクリート床版との間に漏水が発生し、繊維シートに剥離が生じている。

【留意点】補強材の剥離部では、コンクリートの劣化も進行していることがある。



【部位】主桁の保護塗装と断面修復部（分類4）

【状態】主桁に顕著なひびわれと錆汁の滲出が見られる。

【留意点】塩害対策では、浸透した塩分の除去が不完全な場合には、早期に再損傷が生じることがある。

写真-5.2.43 補修・補強材（塗装）の損傷の診断における留意点



【部位】主桁の保護塗装（分類4）

【状態】主桁の保護塗装箇所に剥離・鉄筋露出が見られる。

写真-5.2.44 補修・補強材（塗装）の損傷の診断における留意点

保護塗装の施工後に、コンクリート部材の劣化が進行した場合には、保護塗装部にもひび割れや剥離が発生することがある。この場合、塗膜下の状態の全てを外観のみから把握することはできない。

5.2.6 床版ひびわれ

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

鋼橋のコンクリート床版を対象としたひびわれであり、床版下面に一方又は二方向のひびわれが生じている状態をいう。また、コンクリート橋のT桁橋のウェブ間（間詰め部を含む。）、箱桁橋の箱桁内上面、中空床版橋及び箱桁橋の張り出し部のひびわれも対象である。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- 床版ひびわれの状態を正確に把握できるように汚れを除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- 床版ひびわれの性状にかかわらず、コンクリートの剥離、鉄筋露出が生じている場合には、それらの損傷としても扱うとよい。
- 床版ひびわれからの漏水、遊離石灰、錆汁などの状態は、本項目で扱うとともに、「漏水・遊離石灰」の項目でも扱うとよい。
- 著しいひびわれが生じ、コンクリート塊が抜け落ちた場合には、当該要素では「抜け落ち」として扱うとよい。
- 床版ひびわれが生じている場合、舗装の異常も生じている可能性があるため、確認するのがよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- 床版ひびわれの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.2.10に示す。

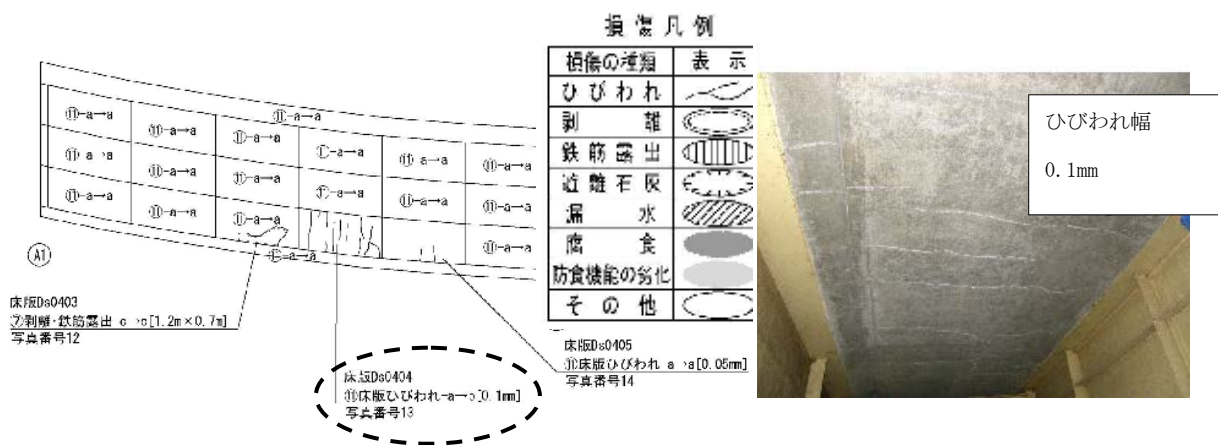


図-5.2.10 床版ひびわれの記録方法の例（注：ひびわれはチョークでマーキングしている）

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

床版ひびわれの原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.6に示す。

表-5.2.6 床版ひびわれと懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none">・ 設計耐力不足・ 主桁作用による引張応力の作用・ 乾燥収縮・ 配力鉄筋不足・ 支持桁の不等沈下・ 温度変化による桁の変形・ 水の浸透	<ul style="list-style-type: none">漏水や遊離石灰の進行等疲労耐久性の低下床版の抜け落ち

活荷重が繰り返し作用する疲労や、過積載車両の通行が原因となり、床版コンクリートの耐久性・耐荷力の低下によりひびわれが生じる。また、古い年代に建設された床版（例えば昭和48年以前）では、現在の床版に比べて床版厚さが薄く、鉄筋量も少ないため疲労の影響も大きくひびわれが発生しやすく、さらにそれが進行すると抜け落ちに至る危険性もある。

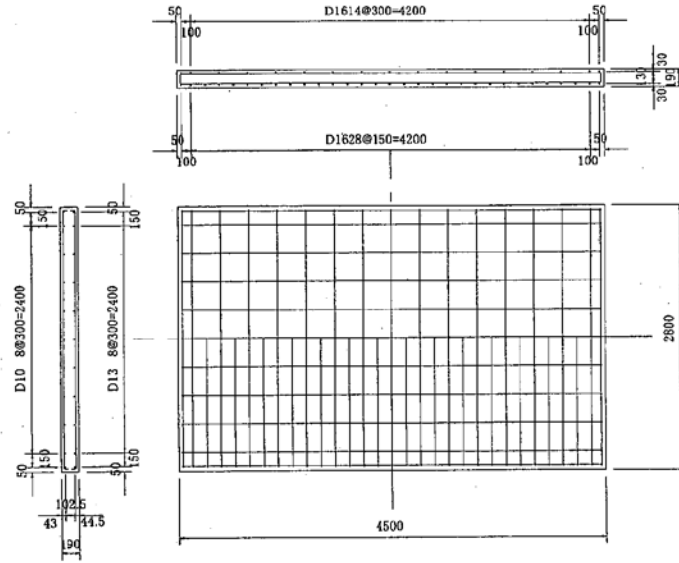
ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

最小床版厚に関する基準は、昭和31年に鋼道路橋設計示方書で初めて規定されるようになり、当時の床版厚さ140mm（有効版厚110mm）以上であったが、「昭和40年頃、鉄筋コンクリート床版の疲労と考えられる損傷が問題となったため」規定の最小床版厚が160mmに引き上げられたほか、設計輪荷重、設計曲げモーメント、大型の自動車交通量に対する割増し、鉄筋の許容値、配力鉄筋等の規定が見直された。平成6年の道路橋示方書から現在と同様の設計になっている。

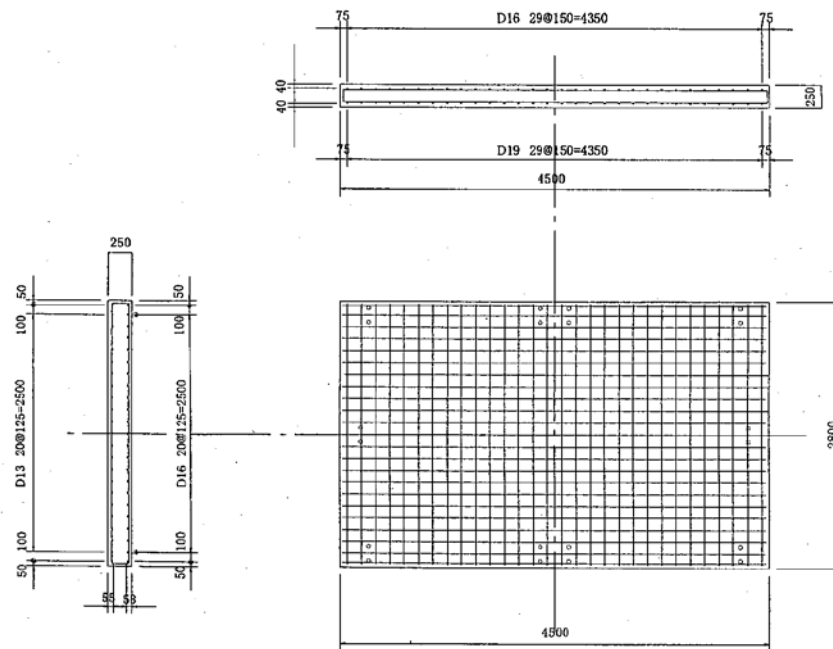
表-5.2.7 道路橋示方書における床版の基準の変遷

基準	後輪軸重 (tf)	活荷重曲げモーメント (tf*m) ※1		配力鉄筋量	許容応力度 (kgf/cm ²)		最小版厚 (cm)	
		主鉄筋	配力鉄筋		鉄筋	コンクリート		
1926 (大正15)	道路構造に関する細則案 (内閣府) P=4.5(T-12) ~ P=2.25(T-6)	-	-	-	1200	45	-	
1939 (昭和14)	鋼道路橋設計士方書 (案) (内閣府) P=5.2(T-13) ~ P=3.6(T-9)	-	-	-	1300	$\sigma_{28}/3 \leq 65$	-	
1956 (昭和31)	鋼道路橋設計士方書 (日本道路協会)	$(1+i) \times (0.4 \times P \times (L-1) / (L+0.4))$ ただし、 $2.0 < L \leq 4.0$	-	主鉄筋の25%以上	1300	$\sigma_{28}/3 \leq 70$	14 (有効版厚11)	
1964 (昭和39)	鋼道路橋設計士方書 (日本道路協会)		-	主鉄筋の27%以上	1400	$\sigma_{28}/3 \leq 70$		
1967 (昭和42)	鋼道路橋一方鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋設計要領 (建設省)		$0.8 \times (0.12 \times L + 0.07) \times P$	$0.8 \times (0.10 \times L + 0.04) \times P$	左記に対する照査により決定	1400 (余裕1200)	$\sigma_{28}/3 \leq 100$	3L+11 ≥ 16
1968 (昭和43)	鋼道路橋の床版設計に関する暫定基準 (案) (日本道路協会)					1400		3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、不等沈下考慮)
1971 (昭和46)	鉄筋コンクリート床版の設計について (建設省) P=8.0(T-20), P=5.6(T-14)					付加曲げモーメントを生じる場合は別途		1400 (余裕1200)
1973 (昭和48)	道路橋示方書 (日本道路協会)	付加曲げモーメントを増し				1400		3L+11 ≥ 16
1978 (昭和53)	道路鉄筋コンクリート床版の設計・施工について (建設省)	大型車交通量1000台/(日・方向)以上で20%増し	$0.8 \times (0.10 \times L + 0.04) \times P$ 大型交通量1000台/(日・方向)以上で20%増し		1400 (余裕1200)	$\sigma_{28}/3 \leq 100$	3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、不等沈下考慮)	
1980 (昭和55)	道路橋示方書 (日本道路協会)							
1990 (平成2)	道路橋示方書 (日本道路協会)							
1994 (平成6)	道路橋示方書 (日本道路協会)	P=10.0 (T荷重片側)	2.5 < L \leq 4.0で、1.0+(L-2.5)/12を割増し		1400 (余裕1200)		3L+11 ≥ 16 (大型車交通量、不等沈下考慮)	
1996 (平成8)	道路橋示方書 (日本道路協会)							

※1:連続版で主鉄筋が車両進行方向に直角の場合



(a) 鋼道路橋設計示方書 (昭和39年) による床版供試体配筋図



(b) 道路橋示方書（平成 8 年）による床版供試体配筋図

図-5. 2. 11 床版供試体配筋図の例^{5. 5)}

（「国総研資料第 28 号：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験、2002.3.」より引用）

(4) 正しい診断のための留意点

床版ひびわれの損傷の診断を行うに当たっての留意点を、实例の写真とともに以下に示す。

図-5. 2. 12には状態が悪化していく様子の典型を模式的に表した。しかし、状態の悪化が進む速度は、ivやvへ状態への悪化が進むほど千差万別であり、診断に当たっては、図- 5. 2. 13に示すように、ひびわれへの水の浸入の有無、過去の床版補修の履歴などに注意する。



【部位】床版下面

【状態】格子状のひびわれと遊離石灰が見られる（図-5. 2. 12 の状態 iv 遊離石灰ありに対応した例）。

【留意点】床版下面への雨水の浸入や、それによる損傷促進の兆候が顕著に見られる場所では、橋面舗装の劣化や排水勾配など路面排水状態に問題があることがある。

写真-5. 2. 45 床版ひびわれの診断における留意点



図-5.2.12 の状態 ii に対応した例

- <ひびわれ性状>
主として 1 方向のみ
- <ひびわれ間隔>
概ね 1.0m 以上
- <ひびわれ幅>
0.05mm 以下
- <漏水・遊離石灰>
なし

写真-5.2.46 床版ひびわれの損傷状態（注：ひびわれはチョークでマーキングしている）



図-5.2.12 の状態 iv に対応した例

- <ひびわれ性状>
格子状
- <ひびわれ間隔>
0.5m～0.2m
- <ひびわれ幅>
0.2mm 以下が主、一部に 0.2mm 以上も存在
- <漏水・遊離石灰>
なし

写真-5.2.47 床版ひびわれの損傷状態（注：ひびわれはチョークでマーキングしている）



【部位】床版上面

【状態】床版上面のコンクリートにひびわれが見られる。（注：新設橋の舗装施工前の状況）

【留意点】床版上面に開口したひびわれは、供用開始後の雨水の浸透のリスクが大きくなるため、補修しておく必要がある。

写真-5.2.48 コンクリート補修材（塗装）の損傷の診断における留意点

床版上面にひびわれが生じると、床版内部に容易に水が浸透し、内部鋼材の腐食やひびわれが進行しやすい。防水層を施工する場合であっても、供用後の舗装工事で防水層が損傷したり、防水層自体の劣化、排水システムの不具合が生じることもあるため、舗装打ちかえ時などに床版上面のひびわれは補修しておくことが橋の予防保全上、重要である。



状態 iv 2方向ひび割れ
漏水・遊離石灰 なし

状態 iv 2方向ひび割れ
漏水・遊離石灰 あり

状態	1方向ひびわれ			2方向ひびわれ		
	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰
状態 i		損傷なし	なし	—		
状態 ii		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ 最小ひびわれ間隔は概ね1m以上 最大ひびわれ幅は0.05mm以下 (ヘアークラック程度) 	なし	—		
状態 iii		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在) 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.5m程度以上 ひびわれ幅は0.1mm以下が主 (一部には0.1mm以上も存在) 	なし
状態 iv		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない 最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在) 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.5m~0.2m ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在) 	なし
		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない 最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在) 	あり		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは問わない ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在) 	あり
状態 v		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	なし		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは0.2m以下 ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	なし
		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは主として1方向のみ ひびわれ間隔は問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	あり		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれは格子状 格子の大きさは問わない ひびわれ幅は0.2mm以上が目立ち、部分的な角落ちも見られる 	あり

「状態」の数字が大きいほど、劣化が進行していると考えてよい。

図-5.2.12 床版ひび割れの性状の進行の例 (これだけにはよらないので、図-5.2.13 も参照のこと)




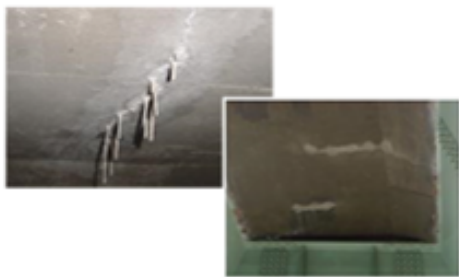
判定区分 II	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。 (予防保全段階)	
	例	顕著な漏水はないものの、床版全体に広く格子状のひびわれが発達している場合
	例	ひびわれは比較的少ないものの、明らかな貫通ひび割れ(漏水、石灰分の析出)がある場合
	例	床版内部への雨水の浸入が顕著に生じており、放置すると急速に劣化が進むと見込まれる場合
	例	ひびわれは比較的少ないものの、明らかな貫通ひび割れ(漏水、石灰分の析出)がある場合
備考	■床版に貫通ひびわれが生じている場合、放置すると急速に劣化が進行する可能性が高い。また雨水の浸入は床版の劣化を著しく促進する。 ■うきや剥離があると、コンクリート片が落下する危険性がある。	

図-5.2.13 床版ひびわれの判定区分の例(その1)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より


判定区分 Ⅲ	<p>構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。 (早期措置段階)</p>
	<p>例</p> <p>漏水を伴う密に発達した格子状のひびわれが生じている場合 あるいは、床版下面に広く湿ったひびわれ集中箇所がある場合</p>
	<p>例</p> <p>漏水を伴う密に発達した格子状のひびわれが生じている場合 あるいは、床版下面に広く湿ったひびわれ集中箇所がある場合</p>
	<p>例</p> <p>床版内部に雨水が侵入し、広く鉄筋の腐食が進んでいる場合</p>
	<p>例</p> <p>間詰め部に顕著なひびわれが生じている場合 (間詰め部が脱落することがある)</p>
備考	<p>■床版に広くびび割れが発達したり、雨水の侵入により鉄筋の腐食が進むと広範囲に床版コンクリートが脱落したり、輪荷重によって抜け落ちを生じることがある。</p>

図-5.2.13 床版ひびわれの判定区分の例(その2)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より

判定区分 IV	<p>構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。 (緊急措置段階)</p>
	<p>例</p> <p>床版コンクリートがある範囲で一体性を失っている場合 (輪荷重などの作用で、容易に抜け落ちる状態)</p>
	<p>例</p> <p>顕著な漏水を伴うひびわれがあり、床版下面に明らかなうきや剥離が生じている場合</p>
	<p>例</p> <p>顕著な漏水を伴う格子状のひびわれが密に発達している場合</p>
	<p>例</p> <p>床版下面の一部で石灰分の析出した白いひびわれの発達と浸潤による変色が拡がっている場合 (直上の舗装に陥没やセメント分の噴出痕が見られる場合には、床版上面が土砂化している可能性が高い)</p>
備考	<p>■床版内部に広く雨水の侵入がある場合、床版コンクリートの劣化により突然の抜け落ち事故に至ることがある。</p> <p>■舗装の陥没やセメント分の噴出痕が見られる場合、床版が上面から土砂化するなど著しく劣化している事があり、判断が困難な場合は、詳細調査を行う必要がある。</p>

図-5.2.13 床版ひびわれの判定区分の例(その3)

「道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省 道路局」より

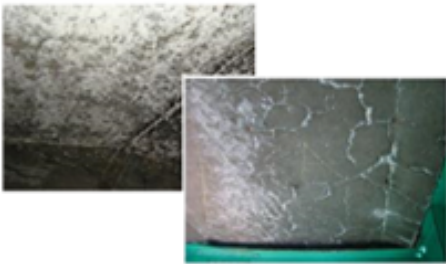

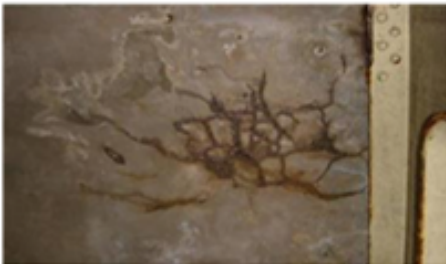
詳細調査が必要な事例	
	<p>例</p> <p>不規則なひびわれが発達したり、全面に顕著な変色が拡がっている場合 (アルカリ骨材反応の併発など複合的な劣化が生じていることがある)</p>
	<p>例</p> <p>床版下面に顕著な浮き・剥離・鉄筋露出が見られる場合 (床版内部で劣化が進行している事がある)</p>
	<p>例</p> <p>床版の一部で、特異な変色や漏水が見られる場合</p>
	<p>例</p> <p>舗装面に特徴的なひびわれや、白色の変色が見られる場合 (舗装下の床版が著しく損傷していることがある)</p>
備考	<p>■塩害やアルカリ骨材反応が深刻化すると補修補強が困難となり、更新せざるをえなくなることがある。塩害やアルカリ骨材反応の疑いがある場合は、詳細調査として、専門家による調査を行い状態の確認とそれらを踏まえた維持管理計画の検討が必要である。</p>

図-5. 2. 13 床版ひびわれの判定区分の例(その4)

「道路橋定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省 道路局」より

5.2.7 うき

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

コンクリート部材の表面付近がういた状態をいう。コンクリート表面に生じるふくらみなどの損傷から目視で判断できない場合にも、打音検査において濁音が生じることで検出できる場合がある。

(2) 損傷の捕捉や記録にあたっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・うきの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ういた部分のコンクリートが剥離している、又は打音検査により剥離した場合には、「剥離・鉄筋露出」として扱うとよい。
- ・コンクリート床版の場合も同様に、本損傷がある場合は本損傷で扱うとよい。

(3) 診断にあたって参考になる事項

i) 原因及びメカニズム

うきの原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.2.8に示す。また、メカニズムについても下記に示す。

表-5.2.8 うきと懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ かぶり不足、豆板、打継目処理と浸透水による鉄筋腐食による体積膨張 ・ 凍結融解、内部鉄筋の錆 ・ コンクリートの中性化、塩害、アルカリ骨材反応 ・ 後埋コンクリートの締固め不足、鉄筋の不足 ・ クラック、漏水、遊離石灰の進行 ・ 締固め不足 ・ 脱型時のコンクリート強度不足 ・ 局部応力の集中 ・ 衝突または接触 ・ 火災による強度低下 ・ セメントの不良 	断面欠損による耐荷力の低下 鉄筋腐食による耐荷力の低下 輪荷重の繰り返しによる損傷の拡大、床版機能の損失

コンクリート部材のかぶり不足が生じている部位では、中性化により鉄筋が腐食し、膨張することによりうきが生じることがある。また、打継目から浸入した雨水により内部の鋼材が腐食しうきが発生することもある。うきは、かぶり部分のコンクリートがういていてコンクリート内部に空洞がある状態であるが、このかぶりコンクリートが剥がれ落ちた状態は剥離という。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

5.2.1 ひびわれの(3) ii)を参照する。

(4) 正しい診断のための留意点

うきの損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】PCT桁橋の床版間詰め部

【状態】コンクリートのうき、剥離・鉄筋露出が見られる。

【留意点】間詰めコンクリート部では、狭い空間に鋼材が輻輳するため締固め不足や充填不良が生じることがある。

写真-5.2.49 うきの損傷の診断における留意点



【部位】主桁ウェブ部

【状態】ウェブ部に広いうき、剥離・鉄筋露出が見られる。

【留意点】下面や側面が表面被覆された部材では、上方からの雨水の浸入が遮断できていなかったり部材内部に水分が残っていると、鋼材腐食が進行することがある。

写真-5.2.50 うきの診断における留意点

コンクリート部材に表面被覆を行う場合、上方からの雨水の浸入を完全に遮断するとともに、既に浸入している水分を除去しておかないと、被覆内部で鋼材の腐食が進行して再劣化することがある。

5.3 その他の損傷

5.3.1 遊間の異常

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

遊間の異常とは、桁同士の間隔に異常が生じている状態をいう。桁と桁、桁と橋台の遊間が異常に広いか、遊間がなく接触しているなどで確認できる他、支承の異常な変形、伸縮装置やパラペットの損傷などで確認できる場合がある。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

・遊間の異常の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・伸縮装置や支承部で変形・欠損や支承の機能障害等の損傷を伴う場合には、それらの損傷としても扱うとよい。
- ・伸縮装置部の段差（鉛直方向の異常）については、「路面の凹凸」として扱うとよい。
- ・耐震連結装置や支承の移動状態に偏りや異常が見られる場合、高欄や地覆の伸縮部での遊間異常についても、「遊間の異常」として扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・遊間の異常の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.3.1に示す。

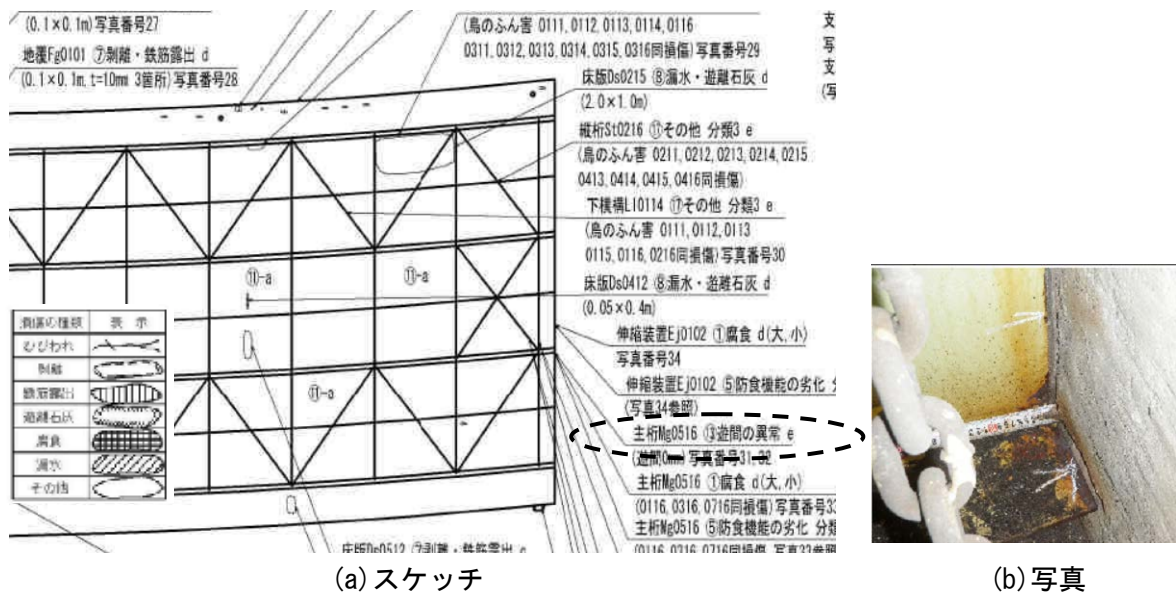


図-5.3.1 遊間の異常の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 遊間の異常の原因とそれに関わる事象

遊間の異常と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.1に示す。

表-5.3.1 遊間の異常と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
伸縮装置	・ 下部工の変状	・ 上部構造への拘束力の作用

地震や洪水時の洗掘などにより下部工が沈下・移動・傾斜することによって桁どうしの間隔に異常が生じることがある。また、支承の傾斜や変形などによって生じることがもある。桁と桁、桁と橋台の遊間が異常に広いか、接触している場合などには、このような損傷が生じている可能性がある。接触により上部構造に過大な荷重が作用していることがあるため、路面、床版、主桁、支承等の変状を注視するとよい。

ii) 道路橋で実施されてきた対策および基準との関係

支承部の設計移動量は、桁の温度変化、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮、プレストレスによる弾性変形、活荷重によって生じるたわみによる上部構造の移動量及び施工の余裕量を考慮して設定する。

(4) 正しい診断のための留意点

遊間の異常に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置

【状態】伸縮装置が破損している。

【留意点】大規模な地震の後では、遊間に異常が生じていなくとも、地震時の異常な移動によって部材に衝突痕や変形などの被害が見られることがある。

写真-5.3.1 遊間の異常の診断における留意点



写真-5.3.2 遊間の異常の診断における留意点

【部位】 支承

【状態】 支承の移動状態の著しい偏りが見られる。

【留意点】 支承の偏りが見られる場合でも、点検時の気温や他の部材の変状等から総合的に状況を判断する。



写真-5.3.3 遊間の異常の診断における留意点

【部位】 主桁端部の伸縮装置及び落橋防止システム

【状態】 伸縮継手の遊間がなくなっている。(写真上)

落橋防止装置の移動状況に偏りが見られる。(写真下)

【留意点】 遊間異常は、伸縮装置、支承、落橋防止装置などに同時に現れる

ことがある。なお、多径間の橋梁では、遊間異常の原因が遊間の属する径間以外にある場合がある。

落橋防止装置や伸縮装置の移動状態の偏りは、当初の遊間設定の考え方や、点検時の温度などの条件も考慮して判断する。

遊間の異常は、地震後における伸縮装置の破損状況や高欄の擦痕から、地震による橋桁の動きの方向や隣接桁間の相対変位量が推測可能である。また、橋の他の部位（支承部、下部構造等）の損傷を疑うきっかけになる。

5.3.2 路面の凹凸

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

路面の凹凸とは、衝撃力を増加させる要因となる路面に生じる橋軸方向の凹凸や段差をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・路面の凹凸の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・発生原因や発生箇所にかかわらず、橋軸方向の凹凸や段差は全て対象とするのがよい。
- ・舗装のコルゲーション、ポットホールや陥没、伸縮継手部や橋台パラペット背面の段差なども対象とするのがよい。
- ・橋軸直角方向の凹凸（わだち掘れ）は、「舗装の異常」として扱うとよい。
- ・下部工の移動や傾斜、支承部に大きな異常が生じた場合には、伸縮装置部に顕著な段差や遊間異常、フェイスプレートの傾斜が現れることがある。逆に、伸縮装置に遊間異常や段差が生じている場合には、下部工や支承に変状が生じていることがある。
- ・沈下を生じにくい橋台と、沈下を生じやすい盛土等の境界部の橋台背面アプローチ部には、両者の沈下量の差により段差が生じやすい。橋台背面に踏掛版がある場合には、路面に傾斜が生じていても大きな段差を生じることは少ないが、踏掛版が施工されていても、その下に空洞が生じていることがある。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・路面の凹凸の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例をに示す。

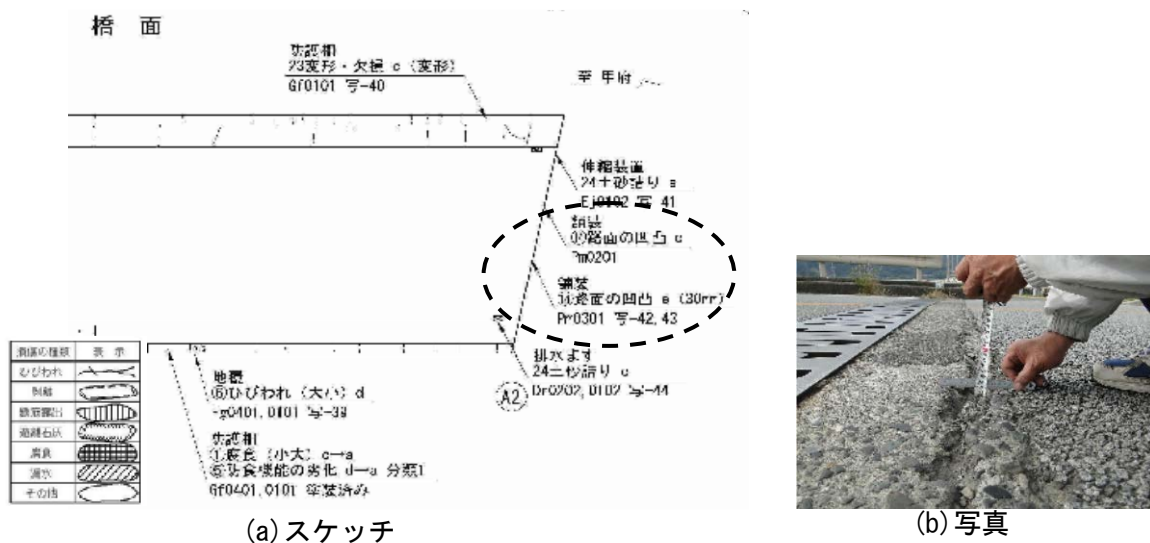


図-5.3.2 路面の凹凸の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 路面の凹凸の原因、メカニズムとそれに関わる事象

路面の凹凸と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.2に示す。

表-5.3.2 路面の凹凸と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
伸縮装置	・ 支承の沈下、セットボルトの破損によるうき上がり	・ 主構造への衝撃力の作用、交通障害

路面の凹凸は、支承の沈下やセットボルトの破損によるうき上がり等により、橋軸方向に段差を生じることがある。車両が頻繁にブレーキをかける箇所に発生しやすい、道路延長方向に規則的に生じる周期の比較的短い波状の凹凸であるコルゲーションも含まれる。また、アスファルト混合物の不足、アスファルトの過加熱、混合不良、水の浸透、締固め不足、あるいは通行荷重の衝撃が原因で舗装表面に局所的な小穴が生じるポットホールも含まれる。

(4) 正しい診断のための留意点

路面の凹凸に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。

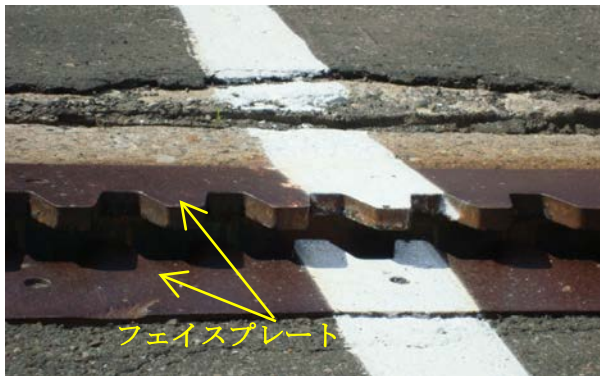


写真-5.3.4 路面の凹凸の診断における留意点

【部位】伸縮装置のフェイスペレート
【状態】伸縮装置のフェイスペレートに著しい段差が見られる。

【留意点】地震の影響による、段差の場合には、同時に下部工の移動や沈下、支承の破損が生じていることがある



写真-5.3.5 路面の凹凸の診断における留意点

【部位】伸縮装置のフェイスペレート
【状態】伸縮装置のフェイスペレートに著しい段差が見られる。

【留意点】地震の影響による、段差の場合には、同時に下部工の移動や沈下、支承の破損が生じていることがある。



【部位】伸縮装置周辺の舗装

【状態】舗装に著しいひびわれと窪みが見られる。

【留意点】踏み掛け版がない橋台では土工部の沈下により、伸縮装置を固定するための裏込め構造を境界として、舗装面に段差やひびわれを生じることがある。正確な原因の把握を診断において留意する。

写真-5.3.6 路面の凹凸の診断における留意点

5.3.3 舗装の異常

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

舗装の異常とは、コンクリート床版の上面損傷（床版上面のコンクリートの土砂化、泥状化）や鋼床版の損傷（デッキプレートの亀裂、ボルト接合部）が主な原因となり、舗装のうきやポットホール等として現出する状態をいう。なお、これら原因による損傷に限定するものではない。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

・舗装の異常の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 他の損傷との関係

- ・点検する事象は、舗装のひびわれやうき、ポットホールであるが、舗装本体の維持修繕を判断するために利用する評価ではなく、床版の健全性を判断するために利用される評価である。
- ・床版上面損傷の影響が下面に及ぶ場合には、他に該当する損傷（床版ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰など）についてそれぞれの項目でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

・舗装の異常の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.3.3に示す。

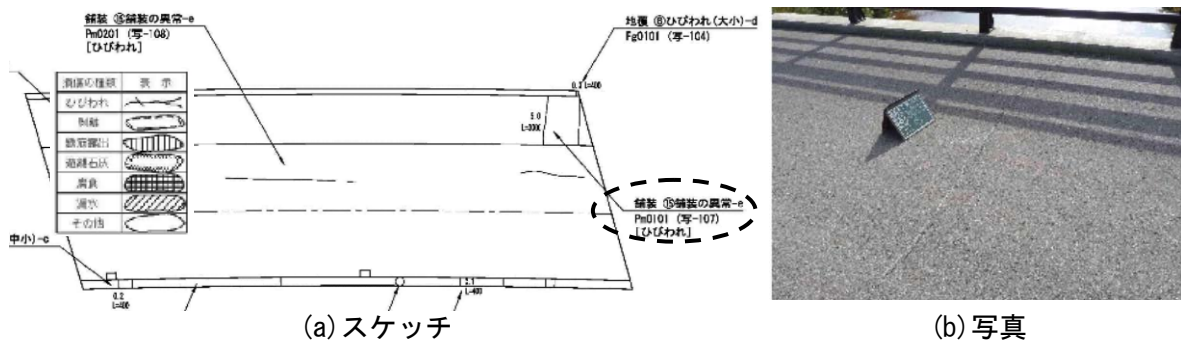


図-5.3.3 舗装の異常の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 舗装の異常の原因、メカニズムとそれに関わる事象

舗装の異常と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.3 に示す。


表-5.3.3 舗装の異常と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none"> ・ アスファルト舗装の劣化 ・ 床版コンクリートの劣化 ・ 大型車の繰り返り走行 ・ 鋼床版 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 輪荷重の繰り返りによる損傷の拡大、床版機能の損失 ・ 床版コンクリートの抜け落ち ・ デッキプレートの亀裂

アスファルト舗装の劣化や床版コンクリートの劣化、大型車の繰り返り走行により、舗装表面に局所的な小穴（ポットホール）やひび割れが生じたり、舗装のうきが生じたりする。大型車の繰り返り走行や舗装の摩耗により、橋軸直角方向に凹凸が生じる現象をわだち掘れといい、降水の滞水を招きすべり抵抗を低下させる。鋼床版舗装厚さの変化位置での鋼板の傾斜・段差はデッキプレートの表面にむらが生じやすくひび割れの原因となる。また、デッキプレートの高力ボルト接合部は舗装の下層厚さが少なくなり変形が生じやすくなる。

《メモ》

ポットホール



ポットホールは、舗装のひび割れが格子状に発達し、部分的に舗装が喪失し、小さい穴が発生する損傷である。交通荷重の繰り返り载荷に起因する。

コルゲーションは、舗装表面の波長の短い波状の凹凸である。

ii) 道路橋で実施されてきた対策および基準との関係

昭和 42 年版のアスファルト舗装要綱で表・基層の合計厚さが、従来の 5～10cm から交通量区分に応じ 5～20cm と大幅に改定された。

(4) 正しい診断のための留意点

舗装の異常に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.3.7 舗装の異常の診断における留意点

【部位】舗装

【状態】蜘蛛の巣状の舗装のひびわれが見られ、石灰分の浸出も確認できる。

【留意点】舗装ひびわれからの浸水により、コンクリート床版が著しく損傷していることがある。



写真-5.3.8 舗装の異常の診断における留意点

【部位】舗装

【状態】伸縮装置と舗装の境界部に段差と陥没の補修跡が見られる。

【留意点】桁端部の舗装ではブロック状に破壊が進むことがあり、車両の通過に伴って飛散するなど、第三者被害の危険性がある。

伸縮継手部と舗装との境界部付近は、段差や滞水が生じやすく、輪荷重による衝撃力の増加と衝撃の繰返しによる床版の損傷が多い箇所である。

5.3.4 支承部の機能障害

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

支承部の機能障害とは、当該支承の有すべき荷重支持や変位追随などの一部又は全ての機能が損なわれている状態をいう。なお、支承ローラーの脱落も対象とする。

また、落橋防止システム（桁かかり長を除く）の有すべき桁移動制限や衝撃吸収機能などの一部又は全ての機能が損なわれている状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 支承部の機能障害の状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。
- ・ 支承部に土砂が堆積している場合には、支承部の機能状態や損傷の有無の確認が困難となることがあるので、土砂を除去するのが良い。

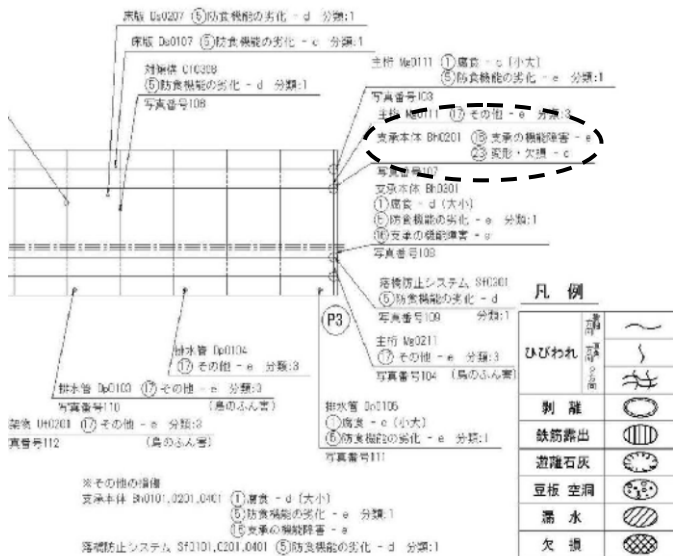
ii) 他の損傷との関係

- ・ 支承アンカーボルトの損傷（腐食、破断、ゆるみなど）や沓座モルタルの損傷（ひびわれ、剥離、欠損など）など支承部を構成する各部材の損傷については、別途それぞれの項目でも扱うとよい。
- ・ 支承部の土砂堆積は、原則、「土砂詰まり」として扱うものの、本損傷に該当する場合は、本損傷でも扱うとよい。

iii) 客観的事実の記録の留意点

支承部の機能障害の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を示す。

- ・ ゴム支承の再利用性の検討に必要な情報の収集。
- ・ 残留変位の計測。
- ・ ゴム支承に生じた最大せん断ひずみの大きさを推測するために、サイドブロックの擦傷痕、桁端部伸縮装置の変状、高欄等の擦傷痕等の周辺状況（桁の移動痕跡）等、橋全体の挙動を裏付ける現地情報を調査。
- ・ 支承が取り付けられている桁側（下フランジ等）に変状がないかを確認。



(a) スケッチ (b) 写真

図-5.3.4 支承部の機能障害の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 支承部の機能障害の原因、メカニズムとそれに関わる事象

支承部の機能障害と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.4に示す。

支承部への土砂等の堆積は支承部を常時湿潤な環境とするため、腐食が進行しやすくなる。支承本体や構成部材に著しい腐食が生じると、可動部の機能障害や腐食断面欠損による耐荷力不足となることがある。

表-5.3.4 支承部の機能障害と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
支承	<ul style="list-style-type: none">床版、伸縮装置の損傷による雨水と土砂の堆積、防水層の未設置腐食による断面欠損斜橋・曲線橋における上揚力作用支承付近の荷重集中支承の沈下、回転機能損失による拘束力の作用	<ul style="list-style-type: none">移動、回転機能の損失による拘束力の発生地震、風等の水平荷重に対する抵抗力の低下主桁のうき上がりにより伸縮装置等に段差が生じる場合がある荷重伝達機能の損失ソールプレート溶接部及びその近傍の応力増加と疲労亀裂の発生・進展

床版や伸縮装置の損傷により雨水や土砂の堆積、防水層の未設置などにより、橋面からの雨水や塩類の供給によって支承部が腐食し、荷重支持や変位追従等の機能が妨げられる状態のことである。また地震による大きな水平力が作用した場合などには、ゴム支承のせん断変形やアンカーボルト・セットボルト・サイドブロック等の破断に至る場合もある。

(4) 正しい診断のための留意点

支承部の機能障害に関する診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】 ゴム支承本体

【状態】 下部工の移動により、支承に異常な変形が見られる。

【留意点】 地震後に異常な残留変形が残ることがある。地震時には残留変形より大きな変形が生じて支承本体に損傷が生じている可能性がある。

写真-5.3.9 支承部の機能障害の診断における留意点



【部位】 鋼製支承本体

【状態】 支承部周辺に土砂が堆積しており、支承本体に腐食が見られる。

【留意点】 土砂の堆積によって、支承の水平変位や回転機能へ支障となる可能性がある。支承部に想定された荷重より大きな力が作用している可能性がある。

写真-5.3.10 支承の機能障害の診断における留意点

5.3.5 その他

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

その他とは、前述の損傷のいずれにも該当しない損傷をいう。例えば、鳥のふん害、落書き、橋梁の不法占用、火災に起因する各種の損傷などを、「その他」の損傷として扱うとよい。橋周辺部の不法占用やゴミ等の不法投棄は、点検や工事の際に障害となるだけでなく、火災になる危険性がある。また、地震等の災害時に行われる緊急の被災調査に、支障となることがある。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。

ii) 客観的事実の記録の留意点

損傷内容の分類は次によるとよい。

表-5.3.5 その他と懸念される構造物への影響

分類	損傷内容
1	不法占拠
2	落書き
3	鳥のふん害
4	目地材などのずれ、脱落
5	火災による損傷
6	その他

・「損傷の種類」に該当しない損傷(鳥のふん害、落書き、橋梁の不法使用等)がある場合、発生位置やその範囲・状況を損傷図にスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.3.5に示す。

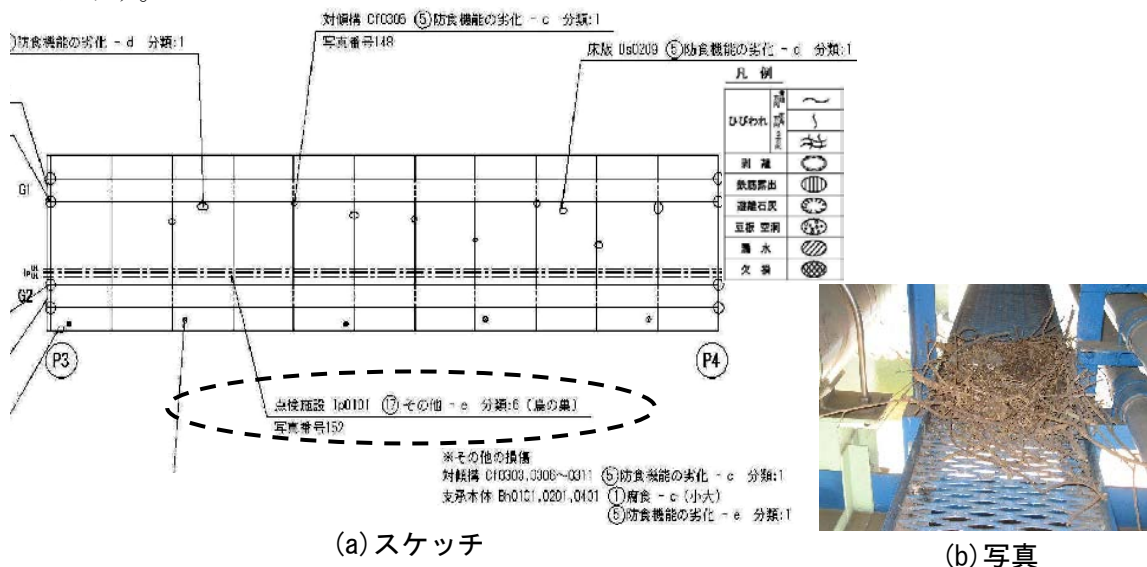


図-5.3.5 その他(鳥の巣)の記録方法の例

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) その他の原因、メカニズムとそれに関わる事象

その他の原因により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.3.6に示す。

表-5.3.6 その他と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人為的損傷 ・ 自然災害 ・ 鳥獣による損傷 ・ 人為的損害 (例えばトラックの衝突) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主桁下フランジの破損 ・ 塗装の劣化、鋼材の腐食

火災によりコンクリート部材の表面にすすが付着して変色し材料強度が低下したり、鋼部材の場合にはボルト接合の継手性能の低下、材料強度の低下など、外観上の変状が見られない損傷が生じていることがある。

また、鳥獣の排泄物や死骸などによって防食機能が劣化したり、落書きによって塗膜が傷つけられたりするなど耐久性に悪影響を及ぼすことがある。

鋼材の力学的特性として、構造用鋼材では 600℃、高力ボルトでは 400℃を超える火害を受けた場合強度低下することが分かっており、様々な仕様の塗装が施される鋼板では、受熱温度に応じて損傷が異なる。加熱供試体と常温供試体との力学的特性の比を図-5.3.6に、受熱温度と塗膜損傷の関係を調査したものの一例を写真-5.3.11に示す。詳細は国総研資料710号（鋼道路橋の受熱温度推定に関する調査）を参照のこと。

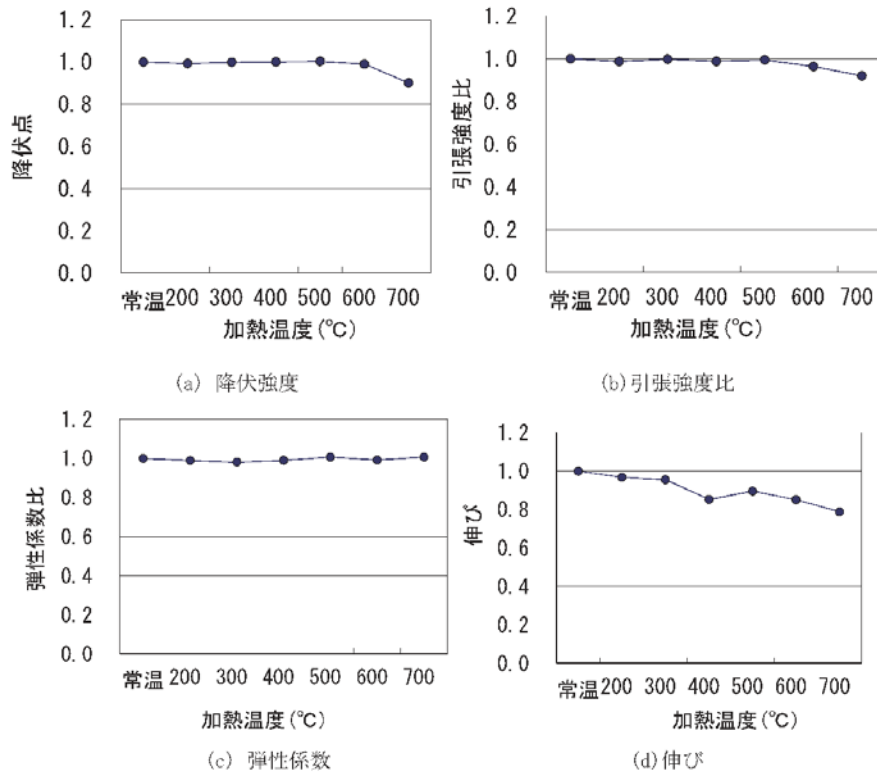


図-5.3.6 加熱供試体と常温供試体との比

鋼板供試体 B-1塗装系			既設道路橋供試体		
温度	ガス炉加熱 (加熱面)	電気炉加熱 (上面)	温度	ガス炉加熱 (加熱面)	電気炉加熱 (上面)
加熱前			加熱前		
200℃			400℃		
300℃			700℃		
400℃					
500℃					
600℃					
700℃					

写真-5.3.11 塗装鋼板損傷見本 (B-1 塗装系)

(4) 正しい診断のための留意点

その他の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】主桁

【状態】桁下で火災が発生し、焼け跡が見られる。

【留意点】鋼桁では、耐荷力を喪失するほど温度上昇すると、支点部での座屈による桁崩壊や主桁の耐荷力喪失により、落橋に至ることがある。

写真-5.3.12 その他の診断における留意点



写真-5.3.13 その他の診断における留意点

【部位】橋下

【状態】不法投棄された自動車焼けこげている。

【留意点】近傍にある構造物は、火災による損傷をうけることがある。近傍の火災より、橋の機能に影響を受けている可能性がある。

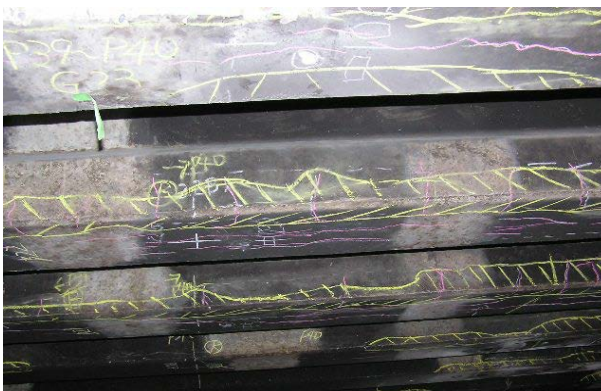


写真-5.3.14 その他の診断における留意点

【部位】主桁

【状態】火災の熱による剥離・鉄筋露出・変色が見られる。

【留意点】コンクリート強度低下のほか、内部の PC 鋼材の強度低下や鉄筋とコンクリートの付着力の低下などの悪影響が生じることがある。

5.4 共通の損傷

5.4.1 定着部の異常

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

定着部の異常とは、PC鋼材の定着部のコンクリートに生じたひびわれから錆汁が認められる状態、またはPC鋼材の定着部のコンクリートが剥離している状態をいう。ケーブルの定着部においては、腐食やひびわれなどの損傷が生じている状態をいう。

定着部の分類は表-5.4.1によるのがよい。表-5.4.1の縦締めとは、橋軸または鉛直方向に沿ってプレストレスを導入していること、横締めとは橋軸に直交する方向にプレストレスを導入していることをいう。

表-5.4.1 定着部の分類

分類	防食機能
1	PC鋼材縦締め
2	PC鋼材横締め
3	その他
4	外ケーブル定着部又は偏向部

斜張橋やエクストラドーズド橋、ニールセン橋、吊橋などのケーブル定着部は、「3 その他」の分類とする。また、定着構造の材質にかかわらず、定着構造に関わる部品（止水カバー、定着ブロック、定着金具、緩衝材など）の損傷の全てを対象として扱う。

なお、ケーブル本体は一般の鋼部材として、耐震連結ケーブルは落橋防止装置として扱う。



製作時の健全な状態の定着部



箱桁内部（上床版）定着部
（後打ちコンクリートの隙間から漏水と遊離石灰の析出）



プレテンション桁の定着部
（定着部に腐食とコンクリートの剥離が生じている）

(a) PC鋼材縦締めの定着部

写真-5.4.1 定着部（その1）



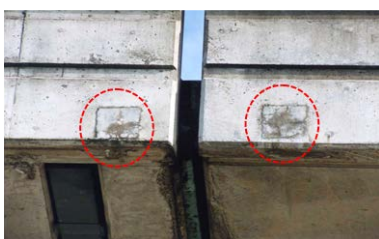
施工時の健全な状態の定着部



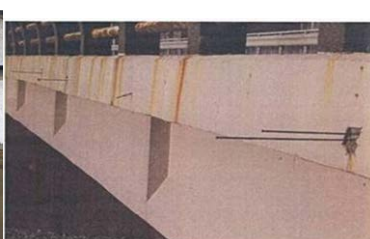
横締め
の定着部
(定着部のコンクリートが剥離し、定着部の鋼材が露出)



横締め
の定着部
(定着部のコンクリートにひびわれ、うきが生じている)



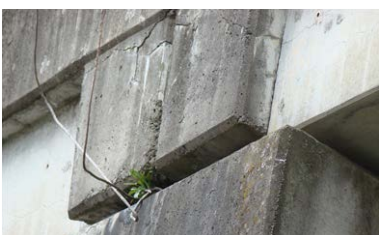
横締め
の定着部
(定着部のコンクリートにひびわれが生じている)



横締め
の定着部
(横締め PC 鋼材が抜け出している)



横締め
の定着部
(横締め PC 鋼材が抜け出している)



プレテンション桁
の定着部
(遊離石灰を伴う幅の広いひびわれが生じている)



主桁端部の定着部
(主桁端部に著しいひびわれと剥離が見られる)



横桁定着部
(コンクリート内部で腐食。写真はコンクリートをはった例)

(b) PC 鋼材横締めの定着部
写真-5.4.1 定着部 (その2)



斜張橋ケーブル定着部（桁側）
（保護カバーがあるため定着部の口元を点検できない）



斜張橋ケーブル定着部（桁側）
（腐食により隙間が生じている）



斜張橋ケーブル定着部（桁側）
（定着部にさび汁が見られる）



斜張橋ケーブル定着部（主塔側）
（保護管に漏水が生じている）



アーチ橋吊材定着部
（上側定着部から漏水が生じている）



吊橋ケーブル定着部
（内部ケーブルが破断している）



エクストラドローズド橋定着部
（斜材のケーブルが破断したことにより桁内の定着部カバーが変形して外れている）



落橋防止システム定着部
（定着部にさび汁が見られる）



落橋防止システム定着部
（定着部にさび汁が見られる）

(c) その他の定着部



外ケーブル定着部
（定着部の鋼材に著しい腐食が見られる）



外ケーブル定着部
（定着突起にひびわれ、うきが
生じている）



外ケーブル定着部
（定着部が腐食している）

(d) 外ケーブル定着部又は偏向具

写真-5.4.1 定着部（その3）

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 定着部では錆汁が発生していたり、後埋めコンクリートにひびわれが生じるなど、定着部及びその近傍の鋼材の腐食が生じていることがあるが、腐食の原因となる雨水の浸入経路は様々であり、定着部そのものの状態を確認するだけでなく、その原因となった可能性のある雨水の浸入経路や浸入を許した原因、定着部以外への腐食範囲の拡大の有無などについても推測し、必要に応じて確認するのが良い。
- ・ 例えば、外部からの雨水の供給により定着部が腐食している場合、それに繋がるケーブル一般部を伝って部材内部のケーブル一般部にも腐食が拡大していることもある。
- ・ 鋼部材への定着部では、応力集中箇所になること、定着しているケーブル材が風等の作用によって振動するなど応力変動が繰り返されていることもある。このような場合、定着部近傍の溶接部で亀裂が発生する可能性もあることに注意が必要である。



写真-5.4.2 部材内部のケーブル腐食の例



写真-5.4.3 鋼部材定着部の例

(疲労による亀裂が生じる可能性がある。)

ii) 他の損傷との関係

- ・ PC鋼材の定着部や外ケーブルの定着部に腐食、剥離・鉄筋露出、ひびわれなどが生じている場合には、別途、それらの損傷としても扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録の留意点

定着部の異常の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.1に示す。

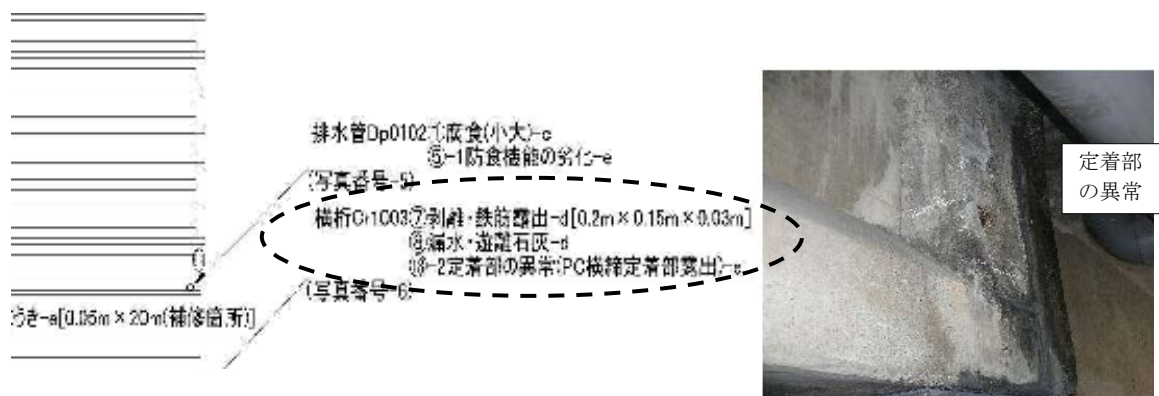


図-5.4.1 コンクリート橋の定着部の異常の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 定着部の異常に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

定着部の異常に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.2に示す。

表-5.4.2 定着部の異常の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
定着部 定着構造に関わる部品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補強筋不足 ・ ケーブルの破断 ・ PC鋼材の腐食 ・ PC鋼材の破断（グラウトの不良） ・ 外ケーブル定着部の腐食 	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれの進行 耐荷力の低下 ひびわれによる鉄筋の腐食 漏水、遊離石灰の発生 定着部周辺の変形・欠損 定着部への漏水・滞水 鋼部材の亀裂、破断

定着部にはケーブルやPC鋼材によって定着力が複雑に作用していることから、鉄筋などによる補強が不十分な場合、ひびわれや変形・欠損が生じる可能性がある。

また、定着部は、鋼材やコンクリートなど異なる材質による複雑な形状の部材により構成されていることから、滞水や漏水しやすい局所的な部位を有している。滞水や漏水によって定着部の鋼材に腐食が生じると、コンクリートのひびわれ、漏水、遊離石灰の発生に進展する可能性があり、鋼材自身も亀裂、破断などを生じる場合がある。

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

定着部は、構造上重要な箇所であるため、通常、一般部に対して強くなるように配慮して設計される。一方で、定着するケーブルなどの種類や定着される部位の構造によっても様々な方式があり、構造細目にも多様な種類がある。さらに定着部は応力集中箇所でありその近傍は部材の他の一般部とは異なる配筋や補剛構造となっている。点検にあたっては、これらの点を理解した上で、定着部の構造を念頭に行うのがよい。

例えば、PC鋼材の部材端部での定着部では、定着部背面（コンクリート内部）に支圧に抵抗するための補強がなされていたり、埋設されている定着具の形式は製造メーカーや工法毎に異なっているため、変状が確認された場合には、それらの条件を確認することが必要となることもある。また吊り形式橋梁（吊橋や斜張橋、エクストラドーズド橋など）のケーブル定着部は、その一部しか目視では確認できない構造となっているものも多い。

さらに、定着部そのものが、防食などの目的で後埋めコンクリートや防水カバーなどで覆われている場合も多く、この場合外観からは定着部の異常が直接視認できないため、点検時にどのように定着部の状態を判断するのかについて構造等の条件に応じて適切な点検となるように検討することが必要である。

(4) 正しい診断のための留意点

定着部の異常の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】 張出し床版端部

【状態】 定着部のコンクリートにひびわれが生じている。

【留意点】 桁端部では、鉄筋、縦横のPC鋼材、定着具、その補強鋼材などが輻輳しやすく、コンクリート充填不良が生じていることがある。充填不良部から定着部への漏水・滞水が生じると鋼材の腐食や断面欠損により、耐荷力へ影響を与える可能性がある。

写真-5.4.4 定着部の異常の診断における留意点



写真-5.4.5 定着部の異常の診断における留意点

【部位】吊橋主ケーブル

【状態】ケーブル素線がソケット定着部で破断している。

【留意点】製作上必要なシージング（切断口付近をかたく番線で巻きつけること）が残置している場合、水がかかることで腐食することがある。鋼材の腐食や断面欠損により、耐荷力へ影響を与える可能性がある。



写真-5.4.6 定着部の異常の診断における留意点

【部位】斜張橋ケーブル定着部

【状態】ケーブル定着部が腐食している。

【留意点】定着部がカバー構造などで直接目視できない場合でも、カバー内部で腐食が進行していることがある。鋼材の腐食や断面欠損により、耐荷力へ影響を与える可能性がある。



写真-5.4.7 定着部の異常の診断における留意点

【部位】エクストラドーズド橋定着部

【状態】斜材ケーブルが破断したことにより、桁内のケーブル定着部カバーが変形して外れている。

【留意点】定着部がカバー構造などで直接目視できない場合でも、カバー内部でケーブルが破断していることがある。



写真-5.4.8 定着部の異常の診断における留意点

【部位】端横桁定着部

【状態】塩害に対する補修（表面被覆）が行われたコンクリート桁の端部側面に剥離が見られる。

【留意点】表面が補修材で被覆されている場合、内部の損傷状況や進行速度を外観だけでは判断できないことがある。内部で損傷が進行している可能性がある。



【部位】 外ケーブル定着部

【状態】 外ケーブルの定着部保護キャップ内の防錆材（グリース）が漏れている。

【留意点】 防錆材が枯渇すると、腐食が進行することがある。内部で損傷が進行している可能性がある。

また、グリースの漏れの原因が他の損傷に起因する場合がある。

写真-5.4.9 定着部の異常の診断における留意点

5.4.2 変色・劣化

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

コンクリートの変色など部材本来の色が変化する状態、ゴムの硬化、又はプラスチックの劣化など、部材本来の材質が変化する状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ コンクリートの状態を正確に把握できるまで、表面を伝う水による汚れや火災によるすすの付着等を除去する必要がある。
- ・ 火災の影響を受けた場合、コンクリート部材、鋼部材ともに特異な色調を呈することがある。表面にすすが付着している場合、部材本体の変状が正確に把握できないため、すすを除去して部材の表面を直接確認することが必要である。
- ・ このとき、コンクリート部材では、ひび割れの有無や表面の色調などからも内部鋼材へのダメージなど部材としての健全性を推測することとなる。また鋼部材の場合、塗装の損傷程度などから鋼材への熱影響を推測して強度などの力学的特性への影響を推測することもある。ただし火災の影響の推測や判断には、高度な専門的知識や材料試験などの詳細調査が不可欠となることが一般的であり、点検時に顕著な火災痕が確認された場合には、詳細調査の必要性を慎重に検討する必要がある。
- ・ ゴム製の支承や伸縮装置では、紫外線や薬品などの影響によって異常な色調を呈することがある。化学作用による変色の発生では、部材の性能そのものにも影響が生じている可能性があるため、正確な健全性の判断には原因の推定が必要となることも多い。
- ・ なお、排気ガスによる汚れ、苔等の繁茂、すす等の付着など部材本体の異常でないものは、本体の性能に直接的な影響を及ぼさないと考えられるものについては損傷として評価しなくてもよい。ただし、外観目視が困難となるなど維持管理上問題となるものや長期的に耐久性などの性能悪影響を及ぼす可能性が危惧されるものにつ

いては適当な時期に是正するのがよい。

ii) 他の損傷との関係

- ・ 鋼部材における塗装やめっきの変色は、対象としないが良い。
- ・ コンクリート部材の表面を伝う水によって発生する汚れやコンクリート析出物の固化、排気ガスや“すす”などによる汚れなど、材料そのものの変色でないものは、対象としないが良い（「⑰その他」として扱うが良い。）。
- ・ 火災に起因する“すす”の付着による変色は、対象としないが良い（「⑰その他」として扱うが良い。）。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 変色・劣化の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.2に示す。

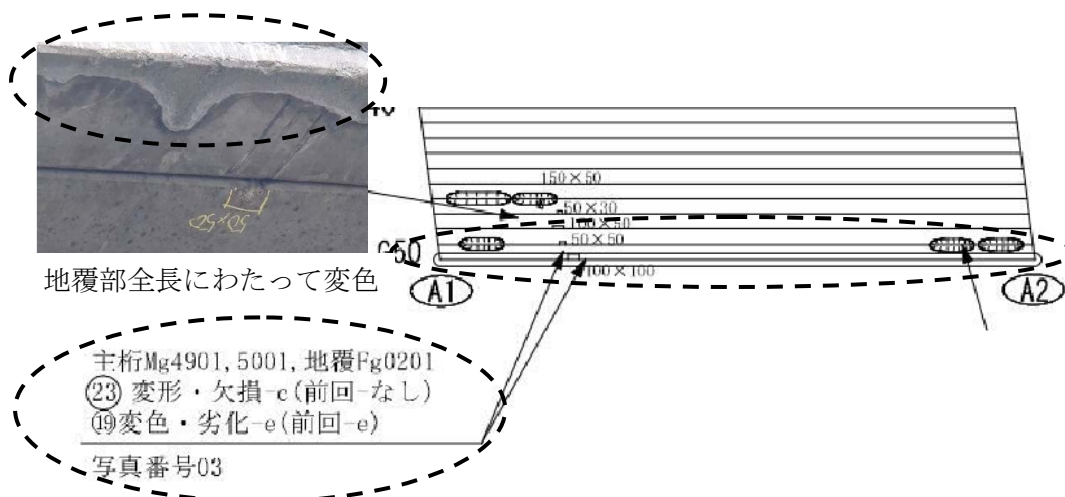


図-5.4.2 コンクリート橋の変色・劣化の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 変色・劣化に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

変色・劣化に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.3に示す。

表-5.4.3 変色・劣化の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部 材全般、プラス チック等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 打設方法の不良(締固め方法) ・ 品質の不良(配合の不良、規格外品) ・ 火災 ・ 化学作用(骨材の不良、酸性雨、有害ガス、融雪剤) ・ 凍結融解 ・ 塩害 ・ 中性化 ・ アルカリ骨材反応 ・ 紫外線による劣化 	<ul style="list-style-type: none"> 耐荷力の低下 ひびわれによる鉄筋の腐食 塗装の防食性能の低下 ゴム支承の変色・劣化による支承部の機能障害 遊間の異常

火災や化学作用によってコンクリートは材質が変化する。その結果、ヤング率や圧縮強度などの機械的性質の変化による劣化、または変色が生じる。さらに、コンクリートは凍結融解、塩害、中性化、アルカリ骨材反応などが生じることで、材質が変化し、劣化が生じる。一方、施工時における打設方法の不良や、配合などの品質の不良によってもコンクリートの機械的性質などの材質は影響を受けて劣化が生じる。

ゴム、プラスチックまたは塗装も、火災や化学作用のほか紫外線などによって材質が変色し、劣化または変色が生じる。

(4) 正しい診断のための留意点

変色・劣化の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】中空床版下面

【状態】中空床版橋の下面に顕著な変色

【留意点】床版からの雨水の浸入により、中空断面内部へ滞水し、鋼部材の腐食へ進展することがある。

写真-5.4.10 コンクリートの変色・劣化の診断における留意点



【部位】プレキャスト PC 箱桁下床版下面
 【状態】下床版の下面に生じた橋軸方向に連続した変色

【留意点】変色に規則性がある場合には、コンクリート内部の構造（PC シース管、中空部等）が影響していることがある。

写真-5.4.11 コンクリートの変色・劣化の診断における留意点

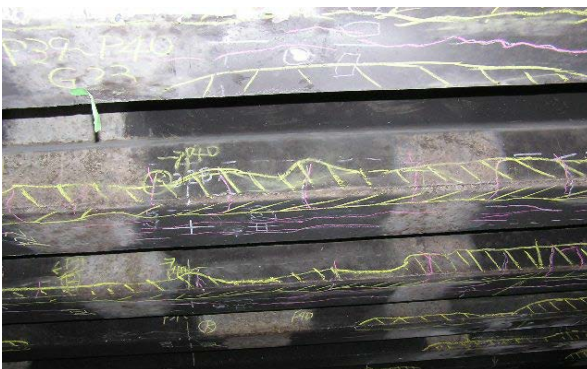


【部位】支承

【状態】火災の熱により、ゴムの一部に熔解が見られる。

【留意点】支承部に変形が見られる場合には、路面の凹凸や床版ひびわれ等の損傷が見られる場合があるため、床版など他の部材に関する診断において留意する。

写真-5.4.12 ゴム支承の変色・劣化の診断における留意点



【部位】PC 桁

【状態】火災の熱による剥離・鉄筋露出、変色が見られる。

【留意点】コンクリートの強度低下のほか、内部の PC 鋼材の強度低下や、鉄筋とコンクリートの付着力の低下などの悪影響が生じる。

写真-5.4.13 コンクリート橋の変色・劣化の診断における留意点

5.4.3 漏水・滞水

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

伸縮装置、排水施設等から雨水などが本来の排水機構によらず漏出している状態や、桁内部、梁天端、支承部などに雨水が浸入し滞留している状態をいう。

激しい降雨などのときに排水能力を超えて各部で滞水を生じる場合がある。一時的な現象で、構造物に支障を生じないことが明らかな場合には、損傷として扱わない。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

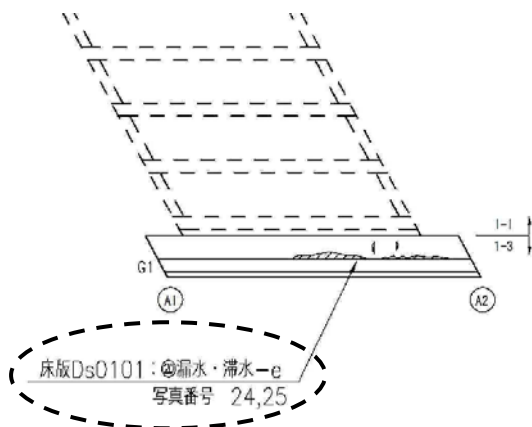
- ・ 激しい降雨などのときに排水能力を超えて各部で滞水を生じる場合があるが、一時的な現象で、構造物に支障を生じないことが明らかな場合には損傷として評価しない。
- ・ 排水装置の破損では、大量の雨水が思わぬところに供給されることとなるため注意が必要である。例えば、桁内部に導水されている排水管が破損した場合、桁内部に大量の雨水が滞留し、桁内全体に激しい腐食や塗膜の劣化を及ぼすことがあるため注意が必要である。このとき排水管そのもの以外に、排水管を桁内部に通すための孔と管の隙間からの雨水が吹き込んだり、管表面を伝って水が桁内に浸入することもある。
- ・ 長期あるいは高頻度に滞水や漏水が生じているような状況であっても、点検前の相当期間にわたり降雨がない場合には、たまたま点検時に滞水や乾燥していることもある。滞水や漏水の可能性のある箇所点検では、滞水や漏水の痕跡がないかどうか気をつけるのが良い。例えば、水みちの形成による特異な変色、一部のボルトや鋼材の著しい腐食などで滞水や漏水の可能性を疑えることもある。

ii) 他の損傷との関係

- ・ コンクリート部材内部を通過してひびわれ等から流出するものについては、「漏水・遊離石灰」として扱うのが良い。
- ・ 排水管の損傷については、対象としないのが良い。排水装管に該当する損傷（「破断」、「変形・欠損」、「ゆるみ脱落」、「腐食」など）についてそれぞれの項目で扱うのが良い。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 当該損傷との関連が疑われる排水管の損傷などが確認できる場合には、それらも併せて記録するのがよい。
- ・ 漏水・滞水の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.3に示す。



プレキャスト床版継目部からの漏水

図-5.4.3 コンクリート橋の漏水・滞水の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 漏水・滞水に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

漏水・滞水に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.4に示す。

表-5.4.4 漏水・滞水の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ ひびわれの進行 ・ 防水層未施工 ・ 打設方法の不良 ・ 目地材の不良 ・ 橋面排水処理の不良 ・ 止水ゴムの損傷、シール材の損傷、脱落 ・ 排水管の土砂詰まり ・ 腐食、土砂詰まり ・ 凍結によるわれ ・ 床版とますの境界部からの雨水の浸入 ・ 異常なたわみ 	<ul style="list-style-type: none"> 漏水・滞水部の主構造、鋼材の腐食、破断 漏水・滞水部の耐力力の低下 漏水・滞水部の凍結融解による損傷 漏水・滞水部からの遊離石灰の発生 漏水・滞水部の床版の損傷 伸縮装置、排水柵、下部工橋座部などの滞水部の土砂詰り 伸縮装置からの漏水による支承部の機能障害 排水装置用ボルトのゆるみ・脱落

伸縮装置の目地材の不良や、排水施設の土砂詰りなどによって雨水などが本来の排水機構によらず漏出することで漏水が生じる。また、コンクリートのひびわれなどから雨水が浸入して内部にとどまることで滞水が生じ、遊離石灰などを伴って漏出することで漏水が

生じる。その結果、内部鋼材の腐食などが生じる場合がある。

桁内部、梁天端、支承部などに雨水が浸入することで滞水が生じる。さらに、土砂詰りなどが生じていると、雨水の水はけが悪くなることで滞水が生じる。

(4) 正しい診断のための留意点

漏水・滞水の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置、鋼製橋脚

【状態】伸縮装置からの漏水痕及び腐食が鋼製の橋脚のはりに見られる。

【留意点】伸縮装置からの漏水が部材表面を伝っていくことで、下部構造の広い範囲に腐食や防食機能の劣化等の影響を及ぼすことがあるため、伸縮装置、鋼製橋脚など複数の部材に関する診断において留意する。

写真-5.4.14 鋼橋の漏水・滞水の診断における留意点



【部位】PC主桁の桁端部

【状態】伸縮装置からの漏水が見られる。

【留意点】桁端部への路面排水の飛散や滞留は、定着部など構造上重要な内部鋼材を腐食させる危険性がある。特に、凍結防止剤は塩分が含まれており、注意が必要である。

写真-5.4.15 コンクリート橋の漏水・滞水の診断における留意点



【部位】PC主桁の継目部

【状態】プレキャスト箱桁のセグメントの継目部に漏水が見られる。

【留意点】継目部やひびわれ部の漏水から、箱桁内部における滞水がうかがえることがある。

写真-5.4.16 コンクリート橋の漏水・滞水の診断における留意点



【部位】 箱桁内部

【状態】 箱桁内部に多量の滞水跡が見られる。

【留意点】 排水管の損傷による滞水により、箱桁内部で損傷が進行することがある。滞水がコンクリートに浸透し、PC 鋼材が腐食する可能性がある。



写真-5.4.17 コンクリート橋の漏水・滞水の診断における留意点

5.4.4 異常な音・振動及び異常なたわみ

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

通常では発生することのないような異常な音・振動又はたわみが生じている状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 異常音は、部材同士の衝突や干渉によって生じることがある。このような場合、部材が疲労により損傷する危険性があったり、既に亀裂や破断が生じていることもある。その他にも遊間異常やボルトの緩み、脱落、支承の機能障害、部材のうきなど様々な理由によって異常音が生じることがあるため、異常音が確認された場合には、その原因を確認しておくことが重要である。
- ・ 供用中の道路橋では、風や車両の通過に伴って健全な状態であっても多少の振動が生じることがある。一方で、風による想定外の振動の発生は、部材の疲労損傷の原因となったり利用者に不安感を抱かせるなどの予期しない悪影響を生じることがある。
- ・ 点検時に振動が確認された場合には、その原因やそれらが正常な範囲なのかそうでないのかを見極めることが必要になる。なお振動の原因の特定や影響の評価には、詳細調査や専門家による判断が必要となることも多い。
- ・ コンクリート橋では、供用中に徐々にたわみが増加して縦断線形に異常が確認されることがある。
- ・ たわみの原因の特定にあたっては、設計との対比や詳細な測量などが必要となることもある。



写真-5.4.18 PC ラーメンヒンジ部の異常たわみ

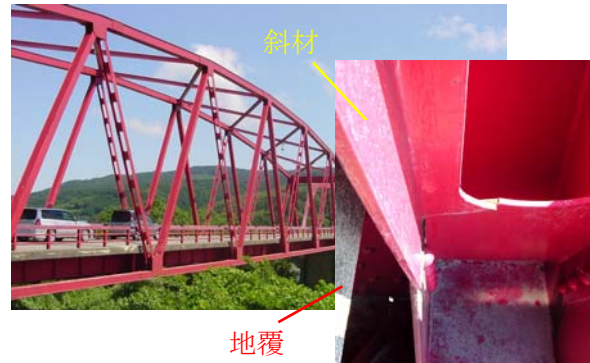


写真- 5.4.19 鋼トラス斜材破断（風による振動が原因と推定）



写真-5.4.20 下部構造の異常による上部構造の異常たわみ



写真-5.4.21 ゲルバー支点部の異常な振動（写真はベント設置による応急処置）

ii) 他の損傷との関係

- ・ 異常な音・振動又はたわみは、橋梁の構造的欠陥又は損傷が原因となり発生するものであり、それぞれが複合して生じる場合があるため、別途、それらの損傷として扱うとともに、「異常な音・振動」又は「異常なたわみ」としても扱うのが良い。
- ・ 点検で判断可能な「異常なたわみ」として対象としているのは、死荷重による垂れ下がりであり、活荷重による一時的なたわみは異常として評価できないため、対象としないのが良い。

iii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 異常な音・振動及び異常なたわみの発生位置やその範囲を損傷図にスケッチや写真で記録するとともに、発生時の状況（車両通過、風の強さ・向きなど）を損傷図に記載するのがよい。
- ・ 発生箇所が特定できない場合、「異常を有する（発生箇所不明）」と損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 異常な音・振動及び異常なたわみに至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

異常な音・振動及び異常なたわみに至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.5に示す。

- ・ 支承の破壊や下部工の変位（沈下など）や不安定化、上部工の主部材の亀裂や破断によって異常な振動が現れることもある。
- ・ 異常なたわみは、支承の破壊や下部工の変位、一部の部材の破断など橋全体に大きな影響を及ぼす事象によって生じていることがある。

表-5.4.5 異常な音・振動及び異常なたわみの代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行車両、風による振動 ・ 主構造の破断、亀裂 ・ ボルトのゆるみ ・ 伸縮装置の劣化、損傷 ・ 下部工の洗掘、沈下・移動・傾斜 ・ PC橋のクリープ、乾燥収縮 ・ 支承部の機能障害、沈下・移動・傾斜 	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂の主部材への進行 応力集中による亀裂への進展 ボルトのゆるみ 主構造の耐荷力の低下 遊間の異常 異常なたわみ部路面の凹凸 異常なたわみ部舗装の異常 支承部の機能障害 異常なたわみ部の漏水・滞水 異常なたわみ部土砂詰り

走行車両や風によって橋全体、または部材が振動すると、部材間の衝突によって異常な音が生じる場合がある。また、各部材が健全な状態の場合は衝突が生じなくても、主構造の破断亀裂、またはボルトのゆるみなどによって部材間の振動が大きくなったり、衝突による異常な音が生じるようになる場合もある

下部工の洗掘、沈下・移動・傾斜、または支承部の機能障害、沈下・移動・傾斜などによって、上部構造の支点位置が移動することにより異常なたわみが生じる場合がある。

(4) 正しい診断のための留意点

異常な音・振動及び異常なたわみの診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置

【状態】伸縮装置の劣化により、異常な音が生じている。

【留意点】車両通過毎の衝撃荷重により、床版や支承に変状が現れることがある。複数の部材に関する診断において留意する。

写真-5.4.22 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】横構と検査路

【状態】横構と検査路手摺り支柱が干渉し、異常な音が生じている。

【留意点】静穏時には離隔があっても、車両通行や温度変化によって部材が干渉する可能性がある。下部工の移動などによって橋全体が変形している可能性もある。

写真-5.4.23 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】PC桁

【状態】PC桁の中央ヒンジ部が垂れ下がる異常なたわみが見られる。

【留意点】主構造のたわみは、高欄や地覆の通りによって確認できることがある。主桁の剛性や機能に変化している可能性もある。

写真-5.4.24 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】 対傾構

【状態】 端対傾構と床版接合部に生じた隙間から、異常な音が生じることがある。

【留意点】 部材の隙間発生は、他部材の変形、破断、支承の沈下等を伴っていることがある。

写真-5.4.25 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】 支承

【状態】 負反力により生じた支承の上査と下査の間から、異常な音が生じることがある。

【留意点】 車両の通行に伴って支承から異音が生じる場合、支承やその取り付け部で損傷が進行することがある。

写真-5.4.26 異常な音・振動・たわみの診断における留意点



【部位】 PC 桁

【状態】 PC 箱桁に異常なたわみが見られる。

【留意点】 PC 橋の場合、クリープによって供用後に縦断勾配が変化することがある。。主桁の剛性や機能が変化している可能性もある。

写真-5.4.27 異常な音・振動・たわみの診断における留意点

5.4.5 変形・欠損

(1) 一般的性状・損傷の特徴

車の衝突や施工時の当てきず、地震の影響など、その原因にかかわらず、部材が局所的な変形を生じている状態、又はその一部が欠損している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 変形・欠損以外に、コンクリート部材で剥離・鉄筋露出が生じているものは、別途、「剥離・鉄筋露出」としても扱うのが良い。
- ・ 鋼部材における亀裂や破断などが同時に生じている場合には、それぞれの項目でも扱うのが良い。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 変形・欠損の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.4に示す。

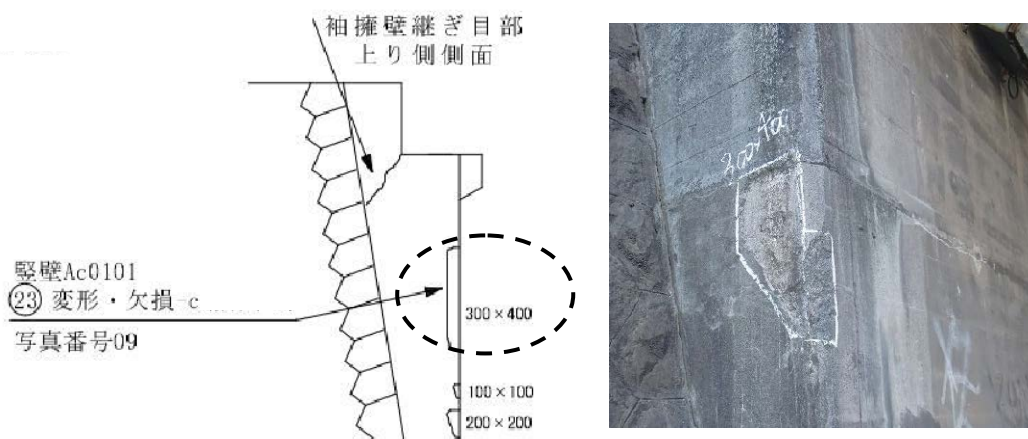


図-5.4.4 橋台の変形・欠損の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 変形・欠損に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

変形・欠損に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.6に示す。

表-5.4.6 変形・欠損の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ かぶり不足 ・ 局部応力の集中 ・ 衝突、接触、雪崩、洪水 ・ 火災 ・ 地震の影響 ・ 剥離・鉄筋露出部の鋼材の腐食 	<ul style="list-style-type: none"> 剥落物による二次的災害 断面欠損による耐荷力の低下 車両用防護柵の縦さんの欠損など、部材の機能の喪失 変形・欠損部の剥離・鉄筋の露出 変形・欠損部の鋼材の腐食 変形・欠損部の部材の破断 杓座モルタルの欠損による支承部の機能障害 伸縮装置の欠損による路面の凹凸

車の衝突や施工時の当てきず、地震の影響などによって、部材が局部的な変形、または欠損が生じる場合がある。コンクリート内部の鋼材に対してかぶりが不足していると、コンクリートの欠損が生じる場合がある。

また、火災などにより高温状態になると、鋼材やコンクリートの機械的性質などの材質が変化することで、変形や欠損が生じる場合がある。

(4) 正しい診断のための留意点

変形・欠損の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



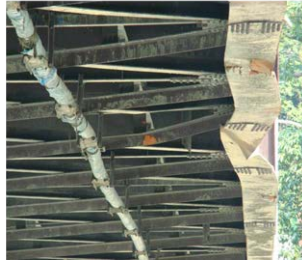
【部位】コンクリート橋主桁下フランジ

【状態】下フランジ側面の欠損と同一方向の傷跡が下フランジ下縁に見られる。

【留意点】コンクリート部材の場合、衝突の影響で、欠損部以外にひびわれなどの変状が生じることがある。

下を交差する道路の舗装厚の増加などで、もとの路面からの高さが変化していないか確認が必要である。

写真-5.4.28 コンクリート橋の変形・欠損の診断における留意点



【部位】アーチ橋補剛桁

【状態】洪水時に流木や船舶などが衝突し、変形が生じている。

【留意点】大きな変形は、周辺の鋼材や溶接部の亀裂、ボルトの破断や接合部のずれ、または床版コンクリートのひびわれを生じることがある。

写真-5.4.29 鋼橋の変形・欠損の診断における留意点



【部位】鋼橋の主桁下フランジ

【状態】下フランジに変形と同一方向の傷跡が見られる。

【留意点】鋼桁に大きな変形が生じると、耐荷力に影響が及ぶことがある。また、鋼板や溶接部に亀裂が生じている場合には脆性的な破壊に進展する危険性に注意する必要がある。なお、衝突や擦過による塗膜の損傷箇所は腐食が進行しやすい。

写真-5.4.30 鋼橋の変形・欠損の診断における留意点



【部位】防護柵

【状態】防護柵の著しい変形・欠損部分に対する緊急対応の例。

【留意点】防護柵の損傷や欠落に対しては、交通安全の観点から速やかに機能を回復させる必要がある。

写真-5.4.31 防護柵の変形・欠損の診断における留意点

5.4.6 土砂詰り

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

排水柵や排水管に土砂が詰まっていたり、支承周辺に土砂が堆積している状態、また、舗装路肩に土砂が堆積している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 土砂詰まりが生じている場合、その影響によって排水や導水の不良による漏水や滞水、さらにはそれに伴う著しい腐食など他の部材や箇所での損傷を伴うことがあるため点検時には注意するのが良い。
- ・ 土砂詰まりが生じる原因には、排水枡や伸縮装置の機能不全などの異常が関わっていることもある。点検時には土砂詰まりによる他への影響とあわせて、土砂詰りに至った原因についても注意するのが良い。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 土砂詰りの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、その原因が推定できるものについては、その内容を損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 土砂詰りに至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

土砂詰りに至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.7に示す。

表-5.4.7 土砂詰りの代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
排水施設、支承	<ul style="list-style-type: none">・ 腐食、土砂詰り・ 凍結によるわれ・ 床版とますの境界部からの雨水の浸入・ 床版、伸縮装置の損傷による雨水と土砂の堆積・ 下部工橋座部への土砂詰り、滞水	<ul style="list-style-type: none">主構造の腐食床版の劣化支承部の機能障害による移動、回転機能の損失、及び拘束力の発生遊間の異常舗装の異常土砂詰り部の漏水・滞水

下部工橋座部や排水装置への土砂、雨水などの堆積により土砂詰りが生じる。土砂詰りによって支承部の移動や排水機能などを損失につながる。

(4) 正しい診断のための留意点

土砂詰りの診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】伸縮装置

【状態】伸縮装置の土砂詰りと、舗装の損傷が見られる。

【留意点】桁端部で路側や伸縮装置に土砂詰りが生じると滞水が生じ、路面の劣化が促進されることがあるため、診断において留意する。

写真-5.4.32 伸縮装置の土砂詰りの診断における留意点



【部位】排水柵

【状態】排水柵の土砂詰りにより、歩道にも土砂の堆積や滞水が見られる。

【留意点】歩道部に滞水が生じた場合、歩道内部に雨水が浸入して、床版が劣化するなどの影響が考えられるため、診断において留意する。

写真-5.4.33 排水柵の土砂詰りの診断における留意点



【部位】橋台橋座部の支承部周辺

【状態】支承部周辺に土砂等の堆積が見られる。

【留意点】橋座部の土砂堆積や植生繁茂は、湿潤状態の長期化により、コンクリートの劣化や防食機能障害をもたらすことがあるため、診断において留意する。

写真-5.4.34 橋台橋座部の土砂詰りの診断における留意点

5.4.7 沈下・移動・傾斜

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

下部工又は支承が沈下、移動又は傾斜している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・遊間の異常や伸縮装置の段差、支承部の機能障害などの損傷を伴う場合には、別途、それらの損傷としても扱うのが良い。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・沈下・移動・傾斜の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を図-5.4.5に示す。

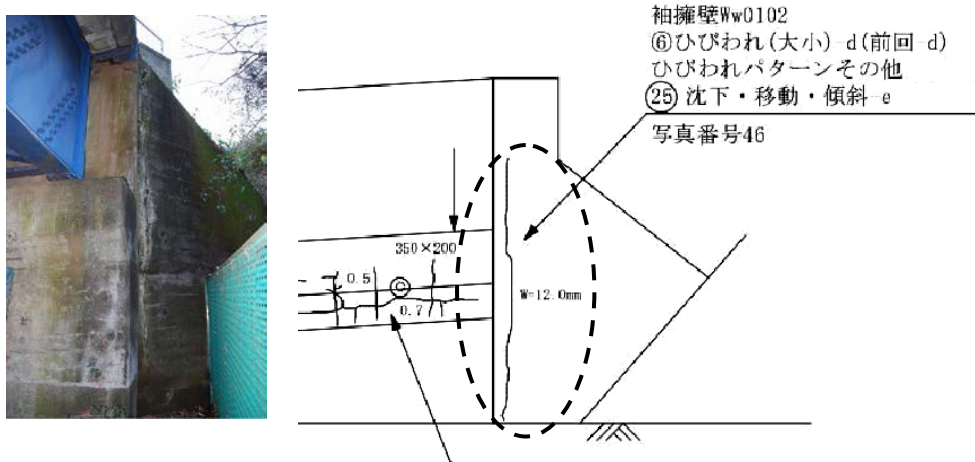


図-5.4.5 橋台の沈下・移動・傾斜の記録における留意点

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 沈下・移動・傾斜に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

沈下・移動・傾斜に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.8に示す。

表-5.4.8 沈下・移動・傾斜の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
支承、下部工	<ul style="list-style-type: none"> ・路面の不陸による衝撃力の作用 ・側方流動 ・流水による洗掘 ・地盤の圧密沈下 ・橋台背面の異常 ・地震後の液状化 ・桁端部の土砂詰り 	<ul style="list-style-type: none"> 沈下、移動、傾斜に伴う上部構造への二次応力の発生 上部工の異常なたわみ 上部工の異常な音・振動 遊間の異常 路面の凹凸、舗装の異常 支承部の機能障害

洪水による洗掘、地盤の圧密沈下、橋台背面の異常、地震後の液状化など下部工を支持する地盤の変状などによって、下部工を支持する力の伝達機構が変化し、下部工の沈下・移動・傾斜が生じる。

(4) 正しい診断のための留意点

沈下・移動・傾斜の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。

【部位】 橋脚

【状態】 橋脚に沈下・傾斜・移動が生じている。

【留意点】 基礎やケーソンの根入れが浅い場合、または平常時に河床の低下が生じている場合は、洪水時の洗掘によって沈下・移動・傾斜することがある。

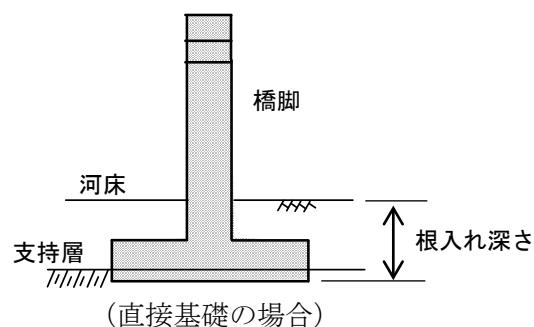


写真-5.4.35 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】 橋脚

【状態】 地震後に橋脚周辺の支持層より上の埋め戻した地盤に変状が生じており、橋脚が移動している可能性がある。

【留意点】 地震時の地盤の変状に伴って、下部工に沈下や移動が生じることがある。

写真-5.4.36 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】 支承

【状態】 支承が沈下・傾斜

【留意点】 地震時の下部構造取り付け部の損傷などに伴って、支承に沈下、傾斜または移動が生じることがある。

写真-5.4.37 支承の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】 橋台

【状態】 橋台のパラペットと主桁の接触が、両側の橋台で生じている。

【留意点】 接触により上部工に過大な荷重が作用していることがあるため、路面、床版、主桁、支承等の変状を注視するとよい。

写真-5.4.38 橋台の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】 橋脚

【状態】 橋脚のケーソン基礎の側壁上部がはらみ出している。

【留意点】 ケーソン基礎の傾斜、側壁の損傷の可能性はある。

写真-5.4.39 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】 橋台背面アプローチ部

【状態】 盛土上に設置されている橋台部が、盛土とともに下がったことにより、橋台背面アプローチ部が沈下している。

【留意点】 地震時の地盤の変状に伴って、下部工の沈下や移動のほか、アプローチ部にも変状が生じることがある。

写真-5.4.40 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点



【部位】橋台背面アプローチ部補強土壁

【状態】地震の影響により橋台背面アプローチ部の補強土壁に沈下、はらみだしが生じている。

【留意点】地震時の地盤の変状に伴って、橋台背面アプローチ部沈下のほか、補強土壁にもはらみだしなどの変状が生じることがある。

写真-5.4.41 橋脚の沈下・移動・傾斜の診断における留意点

5.4.8 洗掘

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

基礎周辺の土砂が流水により洗い流され、消失している状態をいう。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 洗掘の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、特記すべき事項（水位との関係、点検状況など）があれば損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 洗掘に至る原因、メカニズムとそれに関わる事象

洗掘に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.4.9に示す。

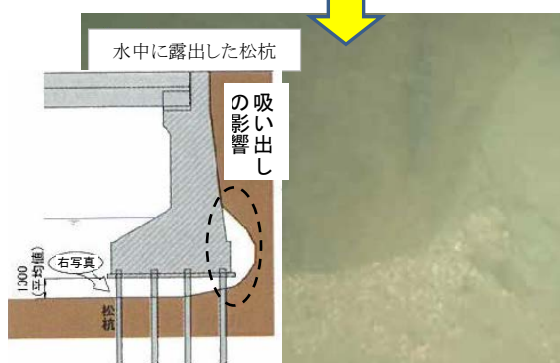
表-5.4.9 洗掘の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
基礎	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川改修や流域環境の変化による流況の変化 ・ 供用開始後の河川流、または海水の潮汐流による河床の変化 ・ 集中豪雨などによる洪水、多量の流木の河川内への流入による流況の変化 	<p>洗掘が進展すると、下部工に沈下・移動・傾斜や、下部工の下に空洞が生じる可能性がある</p> <p>下部工の沈下・移動・傾斜の結果、上部工に異常なたわみが生じる可能性がある</p>

河川改修や流域環境の変化による流況の変化、供用後の河川流、または海水の潮汐流による河床の変化、集中豪雨などによる洪水、多量の流木の河川内への流入による流況の変化などによって、基礎周辺の土砂が洗い流され消失し、洗掘が生じる場合がある。

(4) 正しい診断のための留意点

洗掘の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】橋台基礎

【状態】橋台基礎の土砂が水中で洗掘され、松杭（松の木を用いた支持杭）が露出、橋台背面の土砂が流出している。

また、基礎の底面に空洞が生じており、過去に橋台背面の路面陥没が繰り返し発生した経緯がある。

【留意点】水衝部（増水した時に水の流れる強くなる箇所。河川の湾曲部に多い。）にあたる箇所に橋台が突出している場合、流水の影響で洗掘しやすくなることもある。

河川による洗掘により橋台が沈下・移動・傾斜するほか、橋台背面土の吸い出しにより橋台背面の路面が陥没する可能性がある。

写真-5.4.42 橋台基礎の洗掘の診断における留意点



【部位】橋脚部基礎

【状態】フーチング周辺が洗掘されている。

【留意点】平常時の洗掘の程度が軽微に見えても、洪水時には、橋脚周囲の流速増加により土砂が局部的に失われて洗掘されることがある。

写真-5.4.43 橋脚部基礎の洗掘の診断における留意点



【部位】橋脚部基礎

【状態】橋脚部基礎が流水のため著しく洗掘され、橋脚が沈下している。

【留意点】洪水によって急速に洗掘が進むと、橋脚に沈下や傾斜が生じることがある。

写真-5.4.44 橋脚部基礎の洗掘の診断における留意点



【部位】橋台部基礎

【状態】基礎の底面に空洞が生じている。

【留意点】直接基礎では、底面の土砂が流出すると、沈下や傾斜が生じる可能性が高まる。

写真-5.4.45 橋台部基礎の洗掘の診断における留意点

5.5 橋の三大損傷

橋の定期点検時における損傷について5.1～5.4で記述した。ここでは特に、これまで損傷の数が多く、また損傷の程度が橋全体の安全性に深刻な影響を与える可能性がある三大損傷に特化して記述する。

5.5.1 塩害

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

塩害とは、コンクリート中に存在する塩化物イオンの作用により鋼材が腐食し、コンクリート構造物の性能を低下させる現象をいう。

コンクリート中の鋼材は通常、表面に不動態被膜が形成されており腐食しにくくなっているが、塩化物イオンの作用によって不動態被膜が破壊されることで腐食するようになるものである。

コンクリート中に塩化物イオンが存在する原因は、構造物外部から供給される外来塩化物イオンとフレッシュコンクリート中に含まれている内在塩化物イオンに分類される。

外来塩化物イオンとしては、海水飛沫や飛来塩分、凍結防止剤に含まれる塩化物イオンなどが挙げられる。内在塩化物イオンとしては、海砂、混和剤、セメント、練り混ぜ水などに含まれる塩化物イオンが挙げられる。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ ひびわれの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。
- ・ 過去に塩害を生じた橋では、断面修復や表面被覆、ひびわれ注入などの措置が行われているものもある。その場合、水分や塩化物イオンの供給が完全には絶たれていないなどが原因で、内部で再劣化（鉄筋の新たな腐食の発生や進展、及びそれに伴うコンクリートの破壊）が生じることがあるが、外観に異常が現れにくいことがある。そのため過去に補修が行われている部材の調査では再劣化の可能性について慎重に評価する必要がある。また、以前の補修時点でどの程度劣化していたのかによっては再劣化によって補修効果が損なわれたり、以前の補修時点よりも危険な状態となっている可能性もある。部材をはつるなどの調査を行う場合には、過去の補修歴についても調査して参考にするのがよい。
- ・ 塩害を生じたコンクリート橋の詳細な点検については、「コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）」が参考になる。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・ 塩害の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、代表的な損傷の主要寸法を損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 塩害に至る原因とそれに関わる事象

塩害に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.5.1に示す。

表-5.5.1 塩害の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材全般	<ul style="list-style-type: none">・ 飛来塩分・ 凍結防止剤・ 内在塩化物	<ul style="list-style-type: none">・ ひびわれ・ 剥離・鉄筋露出・ 鉄筋やPC鋼材の著しい腐食、破断

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

1984年に「道路橋の塩害対策指針(案)」が制定され、それ以降の沿岸部のコンクリート上部構造の塩害事例はそれ以前に比べて少なくなった。1986年のJISの改定により、コンクリート中の塩化物イオン量が 0.3kg/m^3 に規制されたため、これ以降に建設された構造物では、内在塩化物イオンによる塩害の可能性は小さいといえる。しかし、それ以前の橋では高い内在塩化物を有するものもある可能性があるため変状が生じた場合には、塩化物イオンの含有の状況を確認することが必要である。

また、道路橋では飛来塩分による塩害の防止の為に、昭和58年に架橋環境や部材の種類に応じてかぶりコンクリートの最小厚さを規定する措置がなされた。また平成14年にはかぶり厚さの見直しが行われると共に、かぶりだけでは対応が困難とする条件も設定された。そのため、これらの規制以前の橋では、飛来塩分環境に対してかぶり厚さが不足している可能性もある。

点検にあたっては、対象の橋の架橋条件や建設時期、塩害に対する対策の有無や内容なども踏まえて、必要な措置等の判断をしなければならない。

塩害対策(アルカリ骨材反応抑制対策含む)の変遷を下記に示す。

表-5.5.2 塩害対策（アルカリ骨材反応抑制対策含む）の変遷

1960年代	高度成長期にて急速にコンクリート構造物が急速に普及し、コンクリートポンプ車による打ち込みが始まる
1970年代	骨材不足により海砂が使用される
1980年代	ASRと共に塩害による劣化が顕在化
昭和59(1984)	「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」(日本道路協会)が発刊され、塩害区分により最小かぶりが規定される
昭和61(1986)	建設省通達により塩害に対し塩化物量を規制。またASRに対して、無害である骨材を使用することや低アルカリ形セメント、制御効果のある混合セメントなどアルカリ総量を規制(試験法は化学法、モルタルパー法)
平成14(2002)	「道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編」にて耐久性の検討が追加され、塩害区分により最小かぶりが改訂される

(4) 正しい診断のための留意点

塩害の損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



写真-5.5.1 塩害の診断における留意点

【部位】PCT 主桁

【状態】主桁の一部でコンクリートが剥離、鉄筋やPC鋼線が露出、破断している。

【留意点】海岸付近では、防食やかぶりの状況によって、経年の塩分浸透により損傷を受けることがある。コンクリートの著しい剥離・鉄筋露出や鉄筋・PC鋼材の腐食による断面欠損、破断は、橋梁全体の耐荷力に悪影響を与える。



写真-5.5.2 塩害の診断における留意点

【部位】主桁下フランジ部の補修箇所

【状態】再劣化により、ひびわれ、鋼材露出が生じている。ひびわれより塩化物の侵入し、さらに劣化が進行することがある。

【留意点】損傷原因の除去が不適切であった場合には、早期に再劣化が生じる場合がある。塩害では、残存塩分の除去と塩分浸透経路の遮断が重要である。



写真-5.5.3 塩害の診断における留意点

【部位】PCT 主桁下フランジ

【状態】かぶりの薄い局部で鉄筋が腐食し、剥離・鉄筋露出を伴うコンクリート補強材の塗膜の損傷が生じている。

【留意点】かぶりの小さい箇所の鉄筋等は、中性化や塩化物浸透により早期に腐食し、周囲のコンクリートに損傷を与えて局部的に劣化を促進させる可能性がある。



写真-5.5.4 塩害の診断における留意点

【部位】主桁の端部

【状態】伸縮装置からの漏水により、剥離・鉄筋露出が生じている。

【留意点】内陸部においても、凍結防止剤を散布する場合、塩化物イオンを含む路面水の漏水により局部的に塩害が生じることがある。漏水防止のため、伸縮装置や排水装置等の不具合の迅速な点検や補修が重要である。



写真-5.5.5 塩害の診断における留意点

【部位】主桁の保護塗装と断面修復部

【状態】主桁に顕著なひびわれと錆汁の滲出が見られる。

【留意点】塩害対策では、浸透した塩分の除去が不完全な場合には、早期に再損傷が生じることがある。

保護塗装の施工後に、コンクリート部材の劣化が進行した場合には、保護塗装部にもひびわれや剥離が発生することがある。この場合、塗膜下の状態の全てを外観のみから把握することはできない。

5.5.2 アルカリ骨材反応

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

アルカリ骨材反応は、水の介在によりコンクリート中の水酸化アルカリと骨材中の反応性骨材との化学反応により生成されるアルカリシリカゲルが吸水に伴う膨張によって、コンクリートにひびわれを発生させる現象をいう。

アルカリ骨材反応により発生するひびわれは、膨張に対する拘束状態により異なり、鉄筋量が少なく周辺からの拘束を受けない構造物では亀甲状のひびわれが、鉄筋量の多い部材やP C構造物では主鉄筋の方向又はP C鋼材に沿ったひびわれが発生する。また、コンクリートの膨張によって、橋脚などの鉄筋の曲げ加工部が破断する事例も報告されている。

アルカリ骨材反応による有害な膨張が生じるには、反応性骨材、コンクリート中の水酸化アルカリ、コンクリート中の水分の3つが必要であり、外部からの水分の供給が多い部位において著しく劣化が進行していることがある。

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ひびわれの状態を正確に把握できるように塵埃や汚れ、滞水を除去する必要がある。
- ・過去に顕著なひびわれを生じた橋では、断面修復や表面被覆が行われているものもある。その場合、アルカリ骨材反応による新たなひびわれの発生や進展が生じてても、外観にアルカリ骨材反応特有のひびわれ性状が現れにくかったり、ひびわれそのものが外観からは確認が難しい場合がある。そのため過去にコンクリート表面を広範囲に被覆するような補修が行われている部材では、被覆内部でのひびわれの新たな発生や進展が生じている可能性も念頭に慎重に点検する必要がある。
- ・アルカリ骨材反応の場合、最終的にどの程度まで骨材の変状に起因する膨脹するのか、あるいは反応がいつまで継続するのかについて正確に把握することは困難な場合が多い。そのため過去に補修等の対策が行われていても変状が継続していることがあることに注意が必要である。
- ・過去には、アルカリ骨材反応の生じた部材で、内部の鉄筋が折り曲げ部で破断していたことがある。アルカリ骨材反応による顕著なひびわれが生じている場合、内部鋼材の破断の可能性についても念頭におく必要がある。
- ・アルカリ骨材反応を生じた部材の点検については、「道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領（案）」「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」が参考になる。

ii) 客観的事実の記録の留意点

- ・塩害の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、代表的な損傷の主要寸法を損傷図に記載するのがよい。

(3) 診断に当たって参考になる事項

i) アルカリ骨材反応に至る原因とそれに関わる事象

アルカリ骨材反応に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.5.3 に示す。

表-5.5.3 アルカリシリカ反応の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
コンクリート部材 全般	・ 骨材の不良(反応性及び風化性骨材) ・ 雨水、漏水などによる水の供給	・ ひびわれ ・ 鉄筋の腐食、破断 ・ 剥離・鉄筋露出など

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

1989年のアルカリ骨材反応抑制対策について（建設省技調発第370号 平成元年7月17日）により、アルカリ骨材反応の抑制方法を購入者に報告することが義務付けられ、化学法やモルタルバー法で試験し、無害と判断された骨材でなければならぬと規制された（アルカリ骨材反応抑制対策の変遷は塩害参照、化学法はJIS A 1145、モルタルバー法はJIS A 1146を参照）。

そのため、これらの規制後に建設された橋ではアルカリ骨材反応を生じる可能性は低くなっていると考えてよいが、それ以前に建設された橋ではアルカリ骨材反応を生じる可能性が高いため注意が必要である。

アルカリ骨材反応の場合、供用後に実際に発症するかどうか、あるいはその時期や程度については、使用されている骨材などの材料や架橋環境条件によっても大きく異なるため発生を予測することは一般に難しい。そのためアルカリ骨材反応を生じる可能性のある部材が予めわかっている場合には点検時にそのことも念頭に注意して点検を行い、ひびわれが確認された場合には、アルカリ骨材反応の発症について疑うなど異常の早期発見に努めるのがよい。

(4) 正しい診断のための留意点

アルカリ骨材反応の損傷の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



【部位】橋台の堅壁

【状態】塗装で補修した堅壁の全面に、漏水跡と亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】補修後の表面被覆上に現れるひびわれは、補修前からのひびわれの拡大や補修後に発生したひびわれの一部であることがある。

写真-5.5.6 アルカリ骨材反応の診断における留意点

水の影響を受ける部位では、ASR が進行しやすい。橋台は、伸縮装置等の不具合による漏水や橋台背面からの地下水による影響を受けやすい。表面被覆の補修後は、再劣化によるひびわれ拡大や新規発生等の全ては外観では確認できない。



【部位】橋脚張出部

【状態】白色の滲出物を伴う亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】ひびわれから著しい漏水や石灰分の析出がある場合、内部で著しく劣化が進行していることがある。

写真-5.5.7 アルカリ骨材反応の診断における留意点

水の影響を受ける部位では、ASR が進行しやすい。雨がかりのある梁先端は影響を受けやすく、伸縮装置等の不具合による漏水の影響もある。ASR が生じた道路橋では、梁やフーチングの角部などで、鉄筋の曲げ加工部が破断していた事例がある。



【部位】橋脚及び橋脚のフーチング

【状態】地中部にあるフーチングに亀甲状のひびわれが生じている。

【留意点】著しく劣化・損傷したフーチングでは、機能や耐荷力に影響を受ける可能性があり、補強が必要となることがある。

写真-5.5.8 アルカリ骨材反応の診断における留意点

地中部の柱部や基礎においても、ASR によるひびわれの発達、鉄筋の腐食・破断が生じていることがある。



【部位】橋脚柱部の地中部

【状態】柱部の縦方向ひびわれが地中部まで連続している。

【留意点】ASR では、部材内部にもひびわれが進行したり、ひびわれが地中部に連続していることがある。

写真-5.5.9 アルカリ骨材反応の診断における留意点

ASR によるひびわれは、構造物の応力や変形に関係なく生じるために、地上部で見られるひびわれが地中部に連続している場合があり、フーチングを含む地中部のコンクリートにひびわれや鉄筋の腐食・破断が生じていることがある。

5.5.3 疲労

(1) 一般的性状及び損傷の特徴

疲労とは、応力の繰り返しの影響によって、鋼部材の亀裂やコンクリートのひびわれが発生・進展する現象である。鋼部材の疲労は応力集中箇所でありやすく、溶接部が起点となることが多い。自動車荷重を直接支持する鉄筋コンクリート床版にも、輪荷重の移動荷重の影響により、コンクリートのひびわれが進行していく疲労現象が生じる。

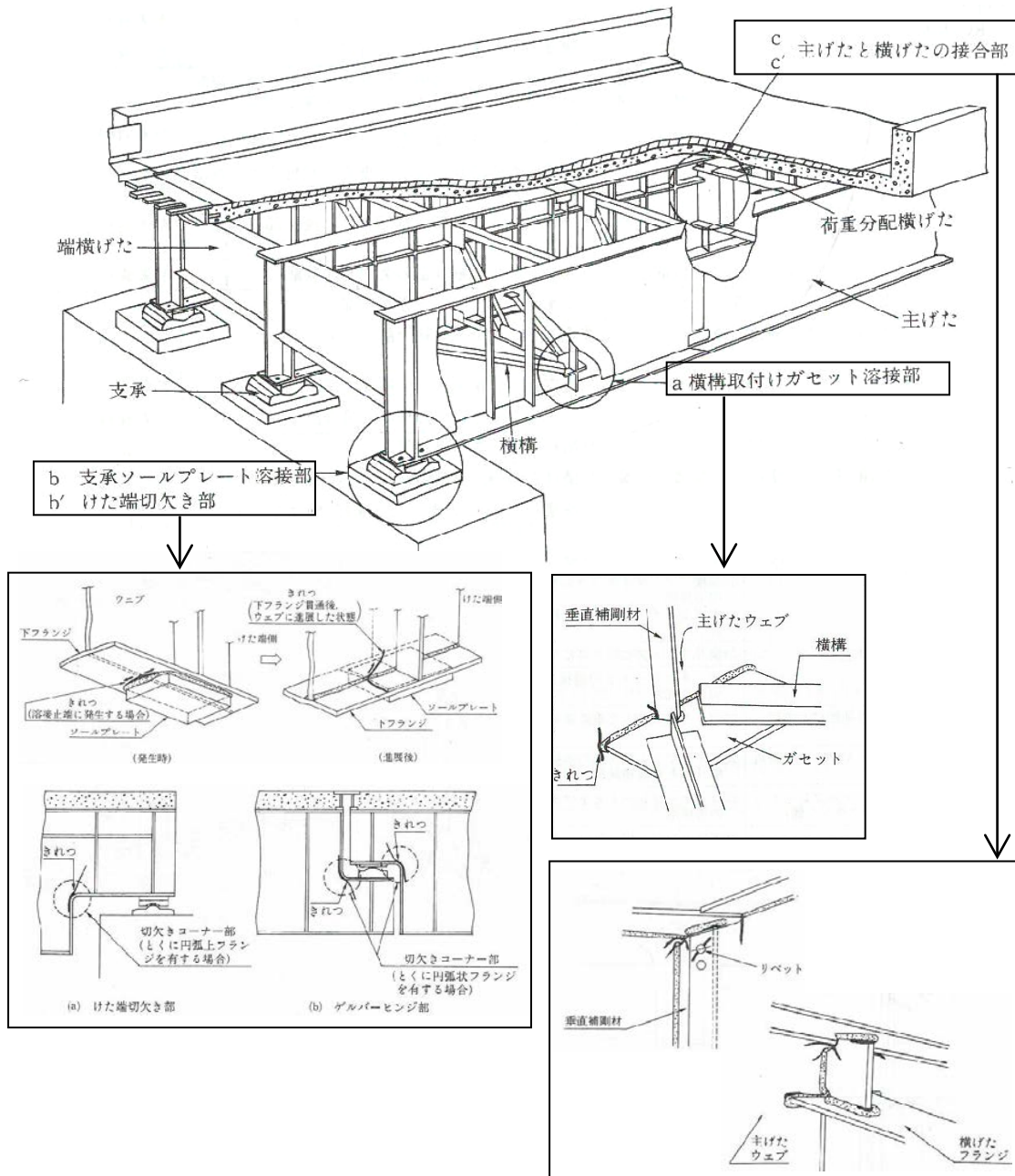


図-5.5.1 鋼橋の疲労を原因とした亀裂が生じやすい箇所の代表例^{5,6)}

(「日本道路協会：鋼橋の疲労、1997.5.」より引用)

(2) 損傷の捕捉や記録に当たっての留意点

i) 損傷の捕捉

- ・ 点検時に鋼材の亀裂に着目する場合、塵埃や汚れを除去しないと、鋼材の正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで塵埃や汚れを除去する必要がある。
- ・ 耐候性鋼材の異常腐食の部位における亀裂に着目する場合、層状剥離さびのような浮きさびを除去しないと、正しい亀裂の範囲を把握することができないため、鋼材の状態を正確に把握できるまで浮きさびを除去する必要がある。

ii) 客観的事実の記録の留意点

鋼材の亀裂の発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録する場合の例を (a) スケッチ

(b) 写真

- ・ 図-5.5.2に示す。このとき、亀裂と板組、溶接線及び溶接ビードとの位置関係についてできるだけ正確に記録するのがよい。

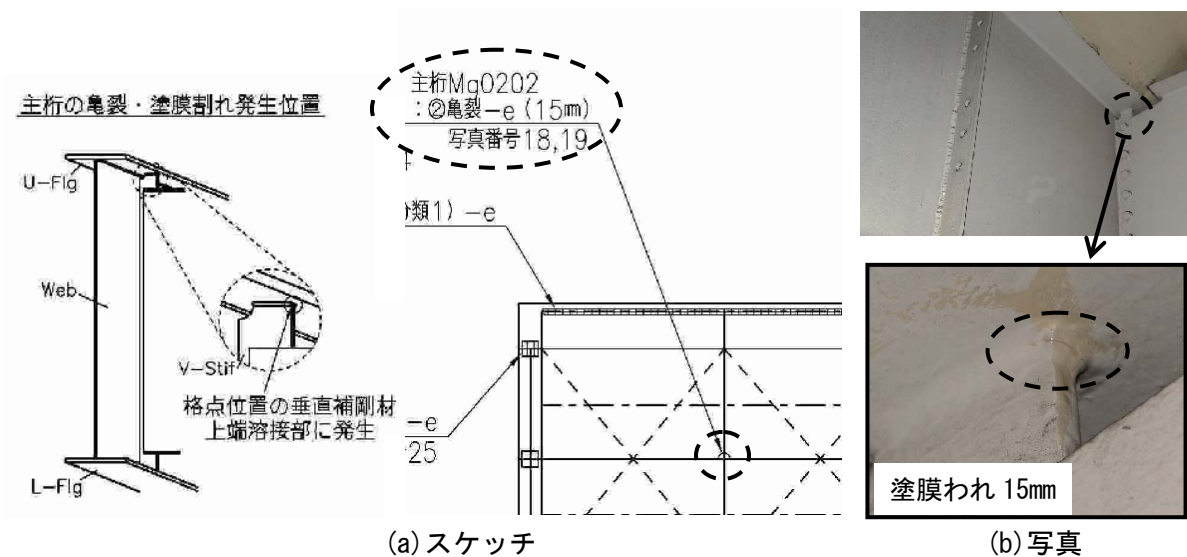
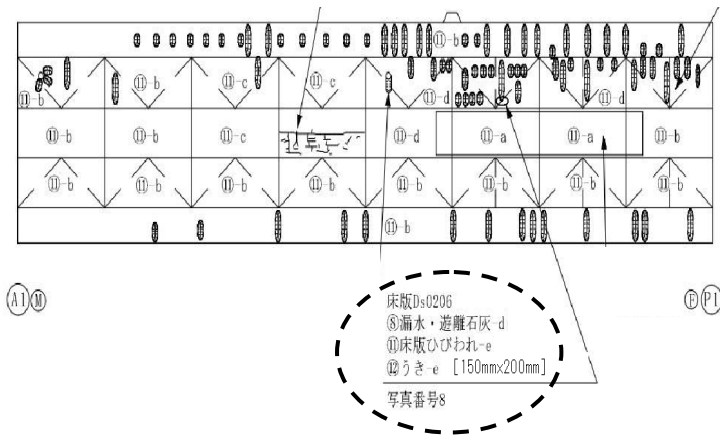


図-5.5.2 鋼部材の亀裂の記録方法の例

- ・ ただし、板組や溶接線の位置が明確でない場合にはその旨を明記し、損傷の状態を表現するためにやむを得ない場合の他は目視で確認された以外の板組と溶接線の位置関係を記録してはならない。また、推定による溶接線を記録する場合にもこれらの情報が図面や外観性状などだけから推定したものであることを明示しなければならない。
- ・ なお、塗膜われを生じている場合などで鋼材表面の開口を直接確認していない場合には、その旨を記録しておかなければならない。
- ・ 鉄筋コンクリート床版のひびわれ、漏水、遊離石灰などの発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、代表的な損傷の主要寸法を損傷図に記載

するものとする。



(a) スケッチ

(b) 写真

図-5.5.3 鉄筋コンクリート床版の損傷の記録方法の例

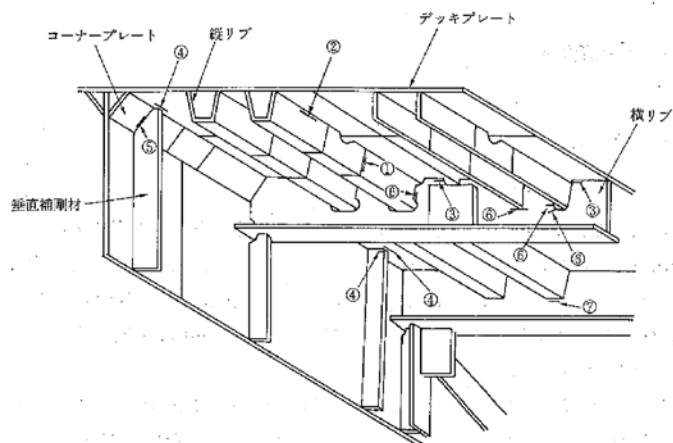
(3) 診断に当たって参考になる事項

i) 疲労に至る原因とそれに関わる事象

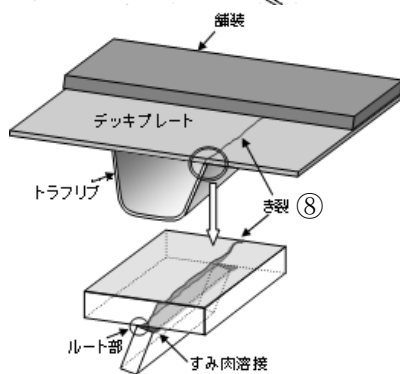
疲労に至る原因と、これらの損傷により懸念される構造物への影響について、損傷箇所とともに表-5.5.4 に示す。また、疲労による損傷の代表例として、以下にア) 鋼床版部、イ) 鋼製橋脚沓座溶接部、鋼製橋脚隅角部を示す。疲労による亀裂について、5.1.2 を参考にするのがよい。

ア) 鋼床版部

鋼床版は活荷重が直接載荷される部位であり、疲労亀裂の発生事例は多い。構造形式や寸法によるものの、一般的に発生例が多い部位を、図-5.5.4 に示す。



- ① 縦リブの現場突合せ溶接
- ② デッキプレートと縦リブのすみ肉溶接
- ③ デッキプレートと横リブのすみ肉溶接
- ④ デッキプレートと垂直補剛材のすみ肉溶接
- ⑤ コーナープレートの溶接
- ⑥ 横リブと縦リブの交差部
- ⑦ 縦リブ端部のすみ肉溶接



- ⑧ デッキプレートの縦リブ溶接部
注：目視点検では発見は困難である。

図-5.5.4 鋼床版の疲労による亀裂が生じやすい部位の例

イ) 鋼製橋脚沓座溶接部、鋼製橋脚隅角部

鋼製橋脚においては、鋼製の沓座溶接部や鋼製橋脚の隅角部に亀裂の発生した事例がある。

特に、隅角部においては下図の箇所や複数の溶接線が交差する部位、差し込み形式で鋼材を組み合わせた部位の溶接部に亀裂の発生した事例がある（詳細は「鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領（2002年5月）」を参照するとよい。）。

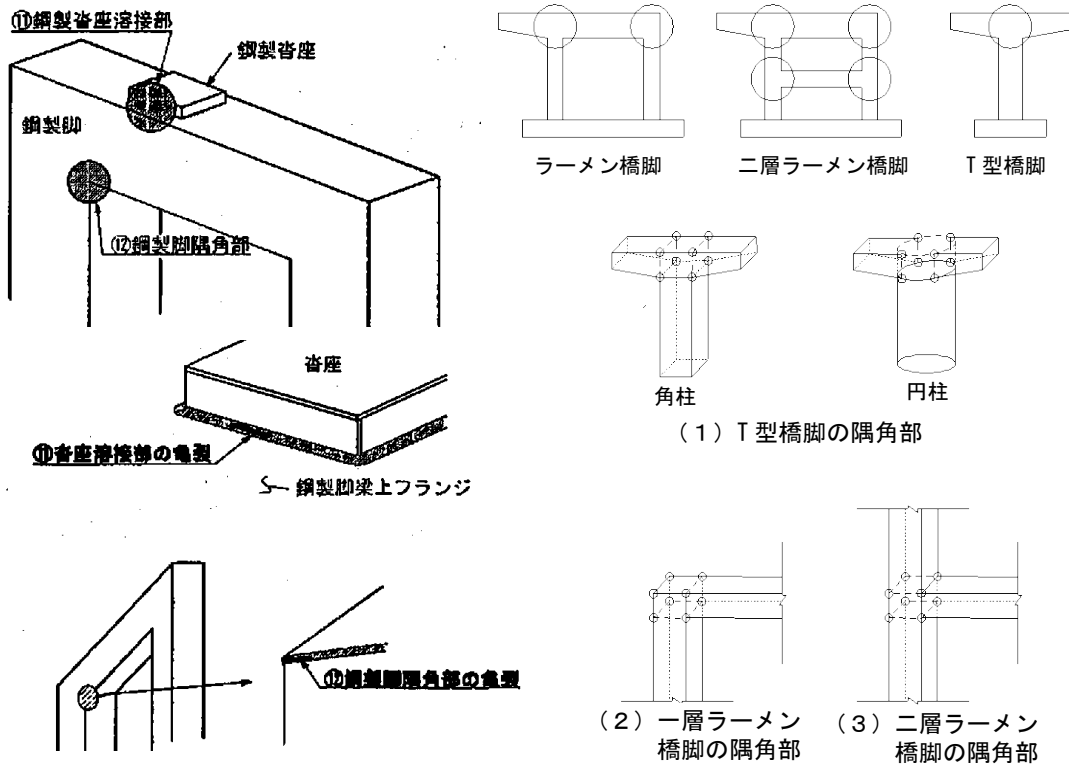


図-5.5.5 鋼製橋脚の疲労による亀裂が生じやすい部位の例

なお、過去に生じた疲労亀裂の対策としてあて板やストップホールの施工が行われている場合、ストップホールの周囲から新たに亀裂が進展していたり、あて板で隠れた位置に残された亀裂がさらに進展してくることもある。そのため対策箇所についてもこの点に注意して慎重に点検しなければならない。

道路橋の部材で亀裂が生じる代表的な原因は疲労である。ただし疲労亀裂が生じる要因は様々であり、亀裂が発見されてもそれに関わる要因を全て明らかにすることは困難なことも多い。また他の原因で生じた亀裂では小さな応力の繰り返しによっても亀裂が進展することがある。



写真-5.5.10 鋼部材へのストップホールの例
(亀裂部の塗膜を除去した後)

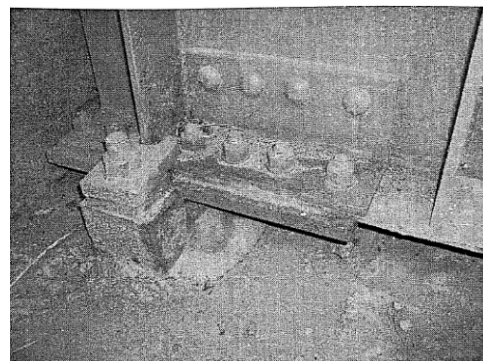


写真-5.5.11 鋼主桁下フランジの
当て板補強の例

表-5.5.4 疲労の代表的な損傷原因と懸念される構造物への影響

損傷箇所	代表的な損傷原因の例	懸念される構造物への影響の例
鋼部材全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶接部の施工品質や継手部の応力集中 ・ 荷重変載による構造全体のねじれ ・ 活荷重直下の部材の局所的な変形 ・ 風や交通荷重による繰り返し応力、振動 ・ 腐食、応力集中 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亀裂による応力超過 ・ 亀裂の急激な進行による部材断裂
鉄筋コンクリート床版	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車両輪荷重走行によるくり返し作用 ・ 設計耐力不足 ・ 主桁作用による引張応力の作用 ・ 乾燥収縮 ・ 配力鉄筋不足 ・ 支持桁の不等沈下 ・ 雨水の浸入 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ひびわれ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の進行 ・ 路面の凹凸、舗装の異常 ・ 床版コンクリートの抜け落ち ・ 床版の異常な音・振動、異常なたわみ

ii) 道路橋で実施されてきた対策及び基準との関係

ii-1) 鋼部材の疲労対策

2002年に発刊された「鋼道路橋の疲労設計指針」(日本道路協会)において、疲労設計の基本として、疲労強度が著しく低い継手や過去に疲労損傷が報告されている構造の採用を避けるとともに、活荷重等によって生じる応力変動の影響を評価して必要な耐久性を確保する疲労設計を行うことが示された。

鋼床版のように、設計計算によって算出した応力度の公称値と部材に発生する実応力との関係が明らかでない場合には、二次応力に対する疲労耐久性が確保できるよう細部構造に配慮することとされた。

なお、過去の損傷事例については、1997年に「鋼橋の疲労」(日本道路協会)にとりまとめられている。また、最新の損傷事例、及び補修・補強事例は、2012年に「道路橋補修・補強事例集(2012年版)」(日本道路協会)にまとめられている。

ii-2) 鉄筋コンクリート床版の疲労対策

鉄筋コンクリート床版については、疲労現象と考えられる損傷への対応として、1960年代後半から、床版厚、鉄筋量、設計曲げモーメント式等の改定が数度にわたって改定され

てきている。これらの基準の変遷に伴う疲労耐久性については輪荷重走行試験によって確認されている。

また、床版上面に敷設する防水層については、1973年の道路橋示方書にアスファルト舗装とする場合に必要に応じて設けることが規定され、2002年の道路橋示方書以降、部位に限らず、アスファルト舗装とする場合には、橋面より浸入した雨水等が床版内部に浸透しないように防水層等を設けることが規定された。

(4) 正しい診断のための留意点

疲労の診断を行うに当たっての留意点を、実例の写真とともに以下に示す。



- 【部位】鋼製橋脚隅角部
- 【状態】磁粉探傷試験による亀裂の確認状況
- 【留意点】疲労損傷の発生が疑われる塗膜われを確認した場合は、当該箇所の塗膜を除去して磁粉探傷等の非破壊試験を行い、亀裂の有無を確認する必要がある。

写真-5.5.12 鋼橋の疲労による亀裂の診断における留意点（亀裂部の塗膜を除去した後）



- 【部位】主桁下フランジのソールプレート前面
- 【状態】下フランジからウェブに進展した亀裂が見られる。
- 【留意点】支承ソールプレート前面の主桁下フランジとの接合部付近は、支承機能の不全や板厚の急変などによって大きな応力が発生することが多く、亀裂の発生例も多い。下フランジを進展した亀裂が主桁ウェブに達すると、ウェブの亀裂に進展することが多く、その場合主桁が破断するなど危険な状態となる可能性がある。

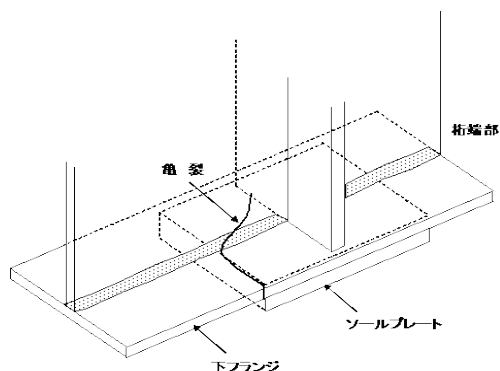


図-5.5.6 鋼橋の疲労による亀裂の診断における留意点



【部位】鉄筋コンクリート床版の下面と上面

【状態】床版下面にひびわれ、遊離石灰等の損傷が見られる。一方、直上の舗装面にもひびわれが生じ、石灰分を含んだ水痕が見られる。

【留意点】床版にひびわれ、遊離石灰等の損傷が見られる場合、直上の舗装面にも変状が現れていることがある。



写真-5.5.13 鉄筋コンクリート床版の疲労によるひびわれの診断における留意点



【部位】床版下面

【状態】格子状のひびわれと遊離石灰が見られる。

【留意点】ひびわれより漏水・遊離石灰が見られる場合には、貫通ひびわれとなっていることが疑われ、床版の耐荷力が低下していることがある。

写真-5.5.14 鉄筋コンクリート床版の疲労によるひびわれの診断における留意点

参考文献

- 5.1) 鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 3 月 (公社) 日本道路協会
- 5.2) 道路橋補修・補強事例集 平成 24 年 3 月 (社) 日本道路協会
- 5.3) 道路橋の塩害対策指針(案)・同解説 昭和 59 年 2 月 (社) 日本道路協会
- 5.4) 道路橋補修便覧 昭和 54 年 2 月 (社) 日本道路協会
- 5.5) 道路橋床版の疲労耐久性に関する試験(国総研資料第 28 号) 平成 14 年 3 月 国土技術政策総合研究所
- 5.6) 鋼橋の疲労 平成 9 年 5 月 (社) 日本道路協会

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
No. 829 March 2015

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675