

点検・診断に必要な橋梁工学鋼材（鋼橋）

1.材料特性の違い RC,PC,鋼

1.1構造概要 1.2鋼橋の疲労 1.3座屈

2.点検と材料特性

2.1上部工損傷による架け替え理由

3.点検・診断の準拠すべき基準・参考図書

4.点検要領・損傷

5.年代で判る点検ポイント

5.1床板設計基準推移 5.2設計活荷重基準推移 5.3塗装仕様推移

6.損傷事例

6.1腐食 6.2疲労 【別資料にて】

6.3耐候性鋼橋梁 ①耐候性鋼橋梁の適用外の場所に②適切な点検維持管理

③補修は課題が多い ④最悪の事態 辺野喜橋

6.4最近の話題 床板土砂化

本勉強会の背景

国土交通省 技術者資格登録制度においてコンクリート診断士は『コンクリート橋の点検』のみの登録となっていた。

今回上記に加え

『コンクリート橋の診断』

『鋼橋の点検』

『鋼橋の診断』

が登録となりました。

そこで、高知県コンクリート診断士会に於いて登録区分に対応すべく勉強会を実施するものです。

自己紹介

職歴1 鋼橋メーカー

主な経歴 本四公団 岩黒島橋設計JV架設部会
首都高速、その他公団 等

職歴2 建設コンサルタント・岡山

主な経歴 国交省 四国地整橋梁設計・補修・耐震補強・
耐荷重補強設計

(管理技術者) 中国地整、四国地整橋梁点検

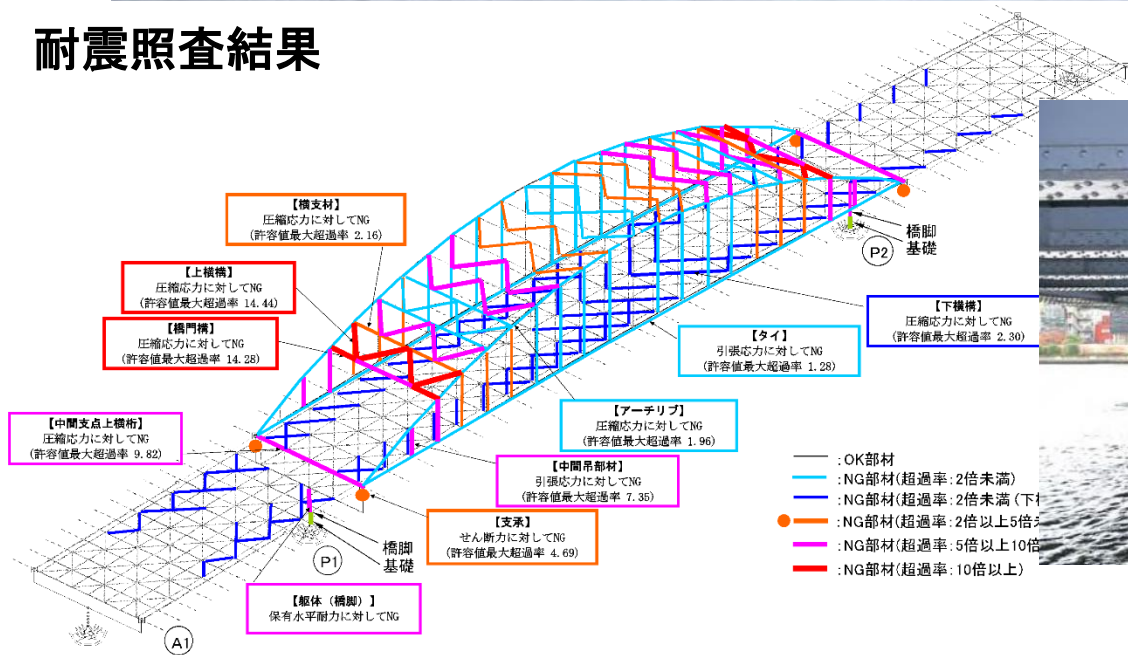
東京都 永代橋長寿命化設計業務

【耐震補強設計】

永代橋全景



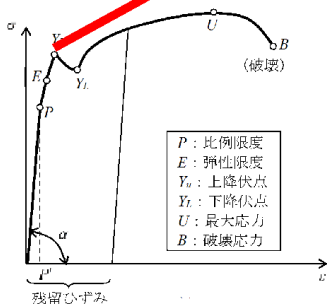
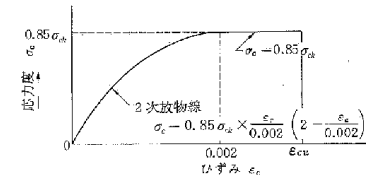
耐震照査結果



耐対策(機能分離支承の追加)



1.材料特性の違い

	鋼材	RC
応力度ひずみ曲線	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">降伏点</div>  <p> P: 比例限度 E: 弾性限度 Y_u: 上昇伏点 Y_L: 下降伏点 U: 最大応力 B: 破壊応力 </p> <p>残留ひずみ</p>	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">明確な降伏点存在せず</div>  <p>ここに、 σ_{da}: コンクリートの設計基準強度 (N/mm²) σ_c: コンクリートの応力度 (N/mm²) ϵ_c: コンクリートのひずみ ϵ_{cu}: コンクリートの終局ひずみ</p> <p> $\sigma_c = 0.85 \sigma_{da} \times \frac{\epsilon_c}{0.002} \left(2 - \frac{\epsilon_c}{0.002} \right)$ </p>
	<p>明確な降伏点を有し、弾性範囲内は一次曲線 強度のばらつきはほとんどない 基本許容応力度は $\mu = 1.7$ で設定されている。</p>	<p>明確な降伏点なく弾性範囲内は一次曲線でない 強度のばらつきは大きい 基本許容応力度は $\mu = 3.0$ で設定されている。</p>
材料特徴	<p>引張抵抗が得意 座屈に対し配慮必要 疲労に対し、溶接・部材形状に配慮必要</p>	<p>圧縮抵抗が得意 引張に対し抵抗できない(と仮定)ため引張力は鉄筋で抵抗</p>
余剰耐力	<p>ほぼ計算どおり</p>	<p>常時、L1地震実態: 材料ばらつき少なく引張抵抗存在余剰耐力大 終局、L2地震実態: 材料ばらつき少ないが、引張り抵抗期待せず余剰耐力少</p>
危機的な損傷	<p>疲労、腐食(防蝕機能の劣化: 耐候性鋼材の不適切使用)、 比較的に正確に安全率1.7確保 明確な降伏点 部材単体では想定とおりの耐力。力伝達時の再分配考慮すると余剰耐力有</p>	<p>三大損傷: 塩害、アル骨、疲労(主に鋼橋の床板) 材料のばらつき考慮し大きい安全率 降伏点は無 結果として概して言えば余剰耐力大</p>

1.1 構造概要（主に国総研資料第829号 より）

(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。

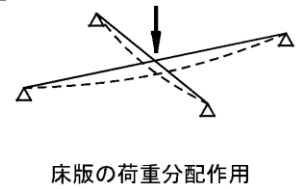
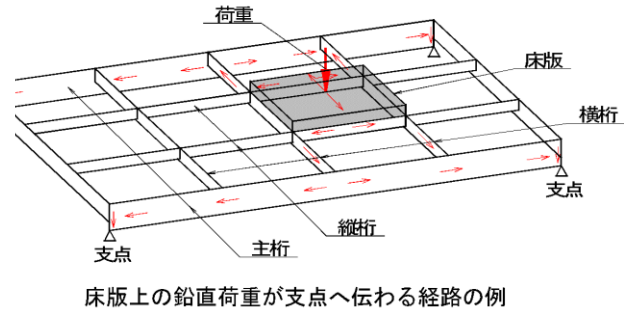
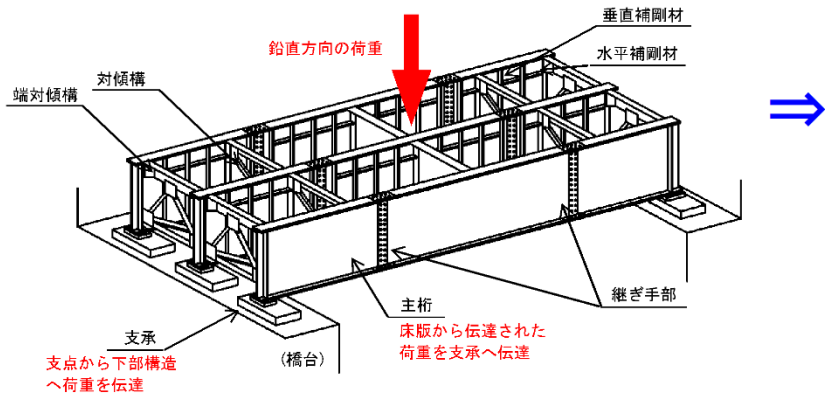
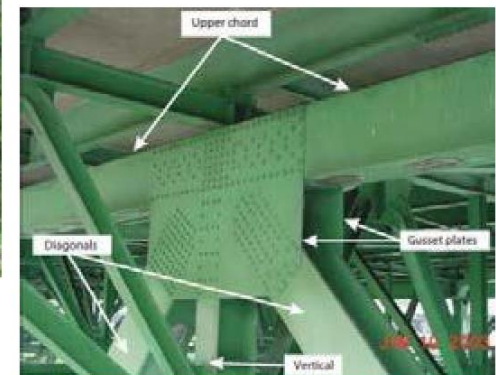


図-2.2.1 鉛直方向の荷重に抵抗する部材の名称と役割

主に国総研資料第829号 より

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る。

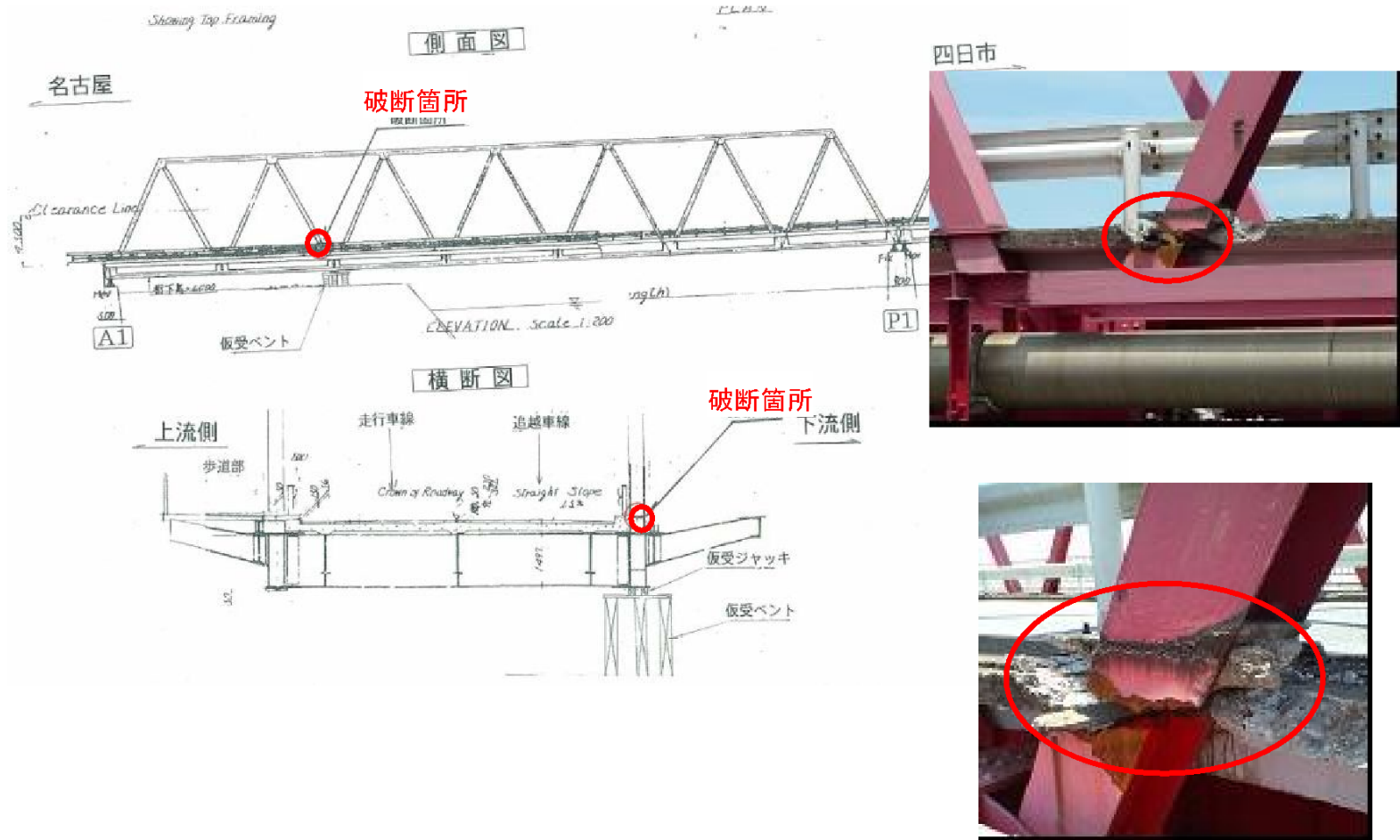


出典：米国国家運輸安全委員会 道路に関する事故報告書 I-35W 橋の崩落

主に国総研資料第829号 より

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

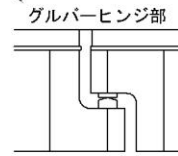
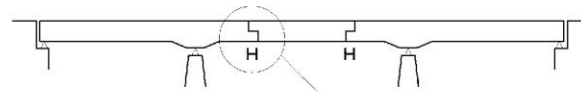
2006年に生じた木曾川大橋のトラス斜材の破断は、コンクリート埋め込み部であったため、外観目視で発見することが困難であった。



国総研資料第829号 より

(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。

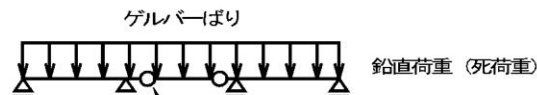


ゲルバー桁

ゲルバーの場合、計算手計算で容易に行える。
しかし、ゲルバー部は構造的な弱点となる。

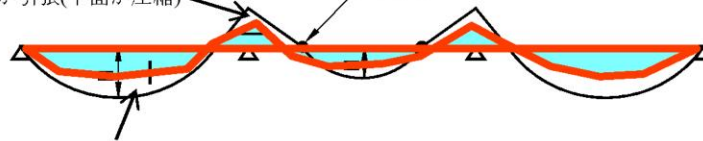
連続桁の場合、計算若干複雑、曲げモーメントが小
となり経済的。しかし、支点（下部工）不等沈下
の場合付加曲げモーメント生じる。

近年ゲルバー構造は用いない。



桁の上面が引張(下面が圧縮)

ヒンジ



曲げモーメント図

桁の下面が引張(上面が圧縮)



ゲルバー部

図-2.4.65 ゲルバー桁

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。

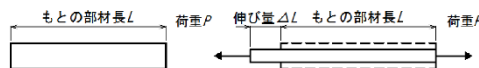


図-3.1.2 荷重 P による部材の伸び量

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。

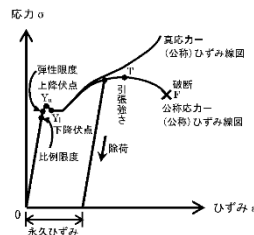


図-3.1.3 軟鋼の応力とひずみの関係

《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。

1.2 鋼橋の疲労 鋼橋の疲労(日本道路協会) より H9.5 に上記便覧示され、H14道示にて初めて規定

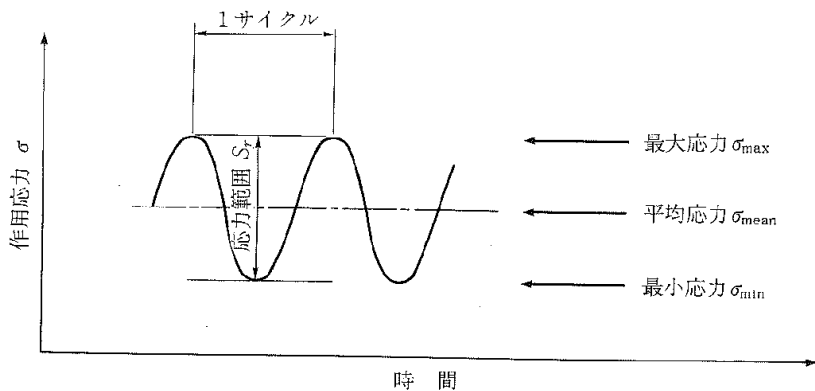
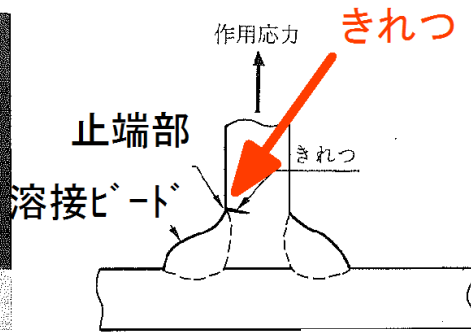
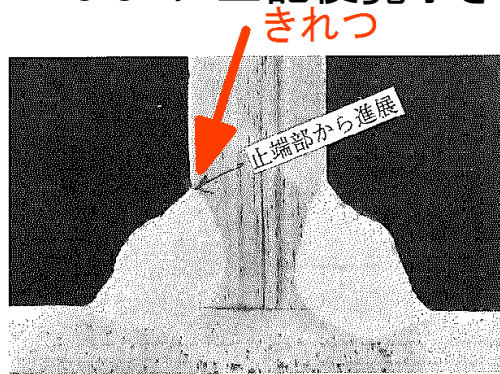


図-2.1.1 作用応力範囲

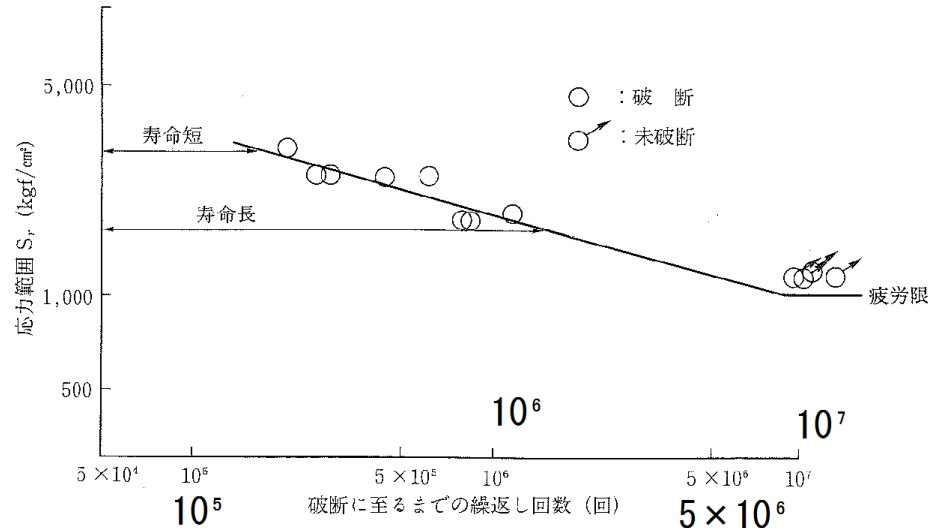


図-2.1.2 S-N 線図の例 (溶接継手試験体の疲労試験結果)

疲労は応力振幅(大きさ)と作用回数に依存。
 鉄道は活荷重比率大きく(死荷重比率小★)相当以前より疲労対策有。
 また、明治から昭和15年以前の全リベット橋は基本的に疲労問題ない。
 【リベットの腐食に関し、若干疲労の課題有り】

★死荷重比率小は次ページ参照

○死荷重比率 「虹橋」(橋建協) NO33昭和60年

表・1

$\beta = Wd/WI$ $\gamma = Wd/\Sigma W$

事 例	β の 値	γ
長大道路トラス橋(最大スパン300m、連続トラス)の弦材	2.0 ~ 4.0	0.67~0.80
中径間道路トラス橋(スパン60m、単純支持)の弦材	1.6 ~ 2.0	0.62~0.67
同 上 の斜材	0.6 ~ 1.0	0.38~0.5
中径間鉄道トラス橋(スパン50m、単純支持)の弦材	0.3程度	0.23程度
小径間道路プレートガーダー橋(スパン20m、単純支持)	1.0程度	0.5程度
小径間鉄道プレートガーダー橋(スパン20m、単純支持)	0.2程度	0.17程度
道路橋床組(通常規模)の横桁	0.8 ~ 1.2	
同 上 の縦桁	0.2 ~ 0.4	
道路橋のRC床版	0.1 ~ 0.3	0.09~0.23

○鋼材溶接部、鋼断面急変部

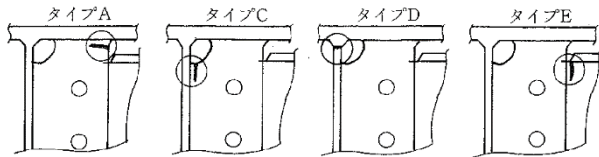
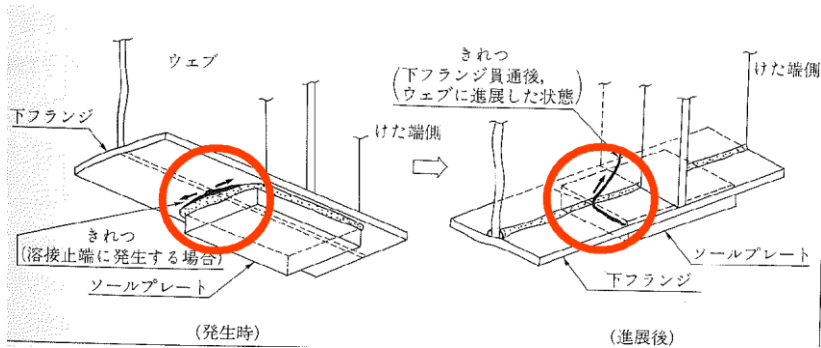


図-4.1.2 主げたと横げたの接合部の主なきれつ

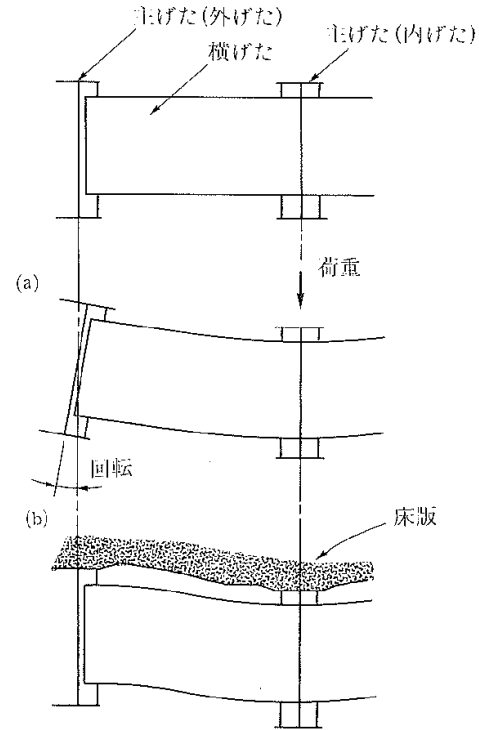
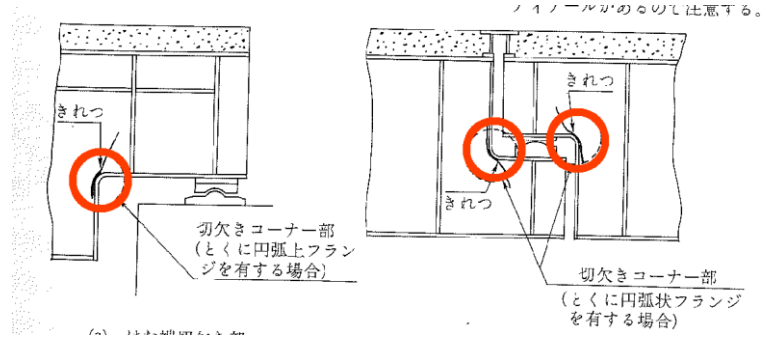
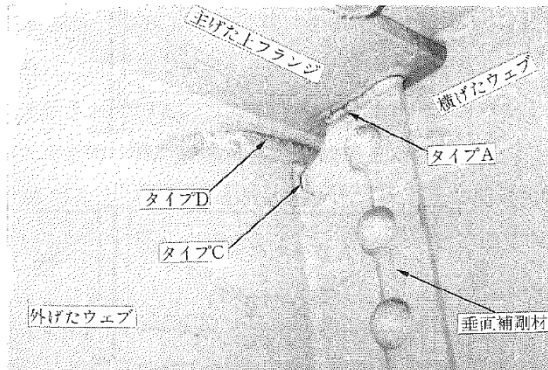


図-4.1.3 主げたの挙動²⁾

○床板の疲労損傷 コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)

表一解 2.4.1 床版の損傷段階と炭素繊維シート接着工法の適用

損傷段階	損傷度の目安	床版の損傷状況	炭素繊維シート接着工法の適用
①	健全	[強靱な版構造] 	・基本的に補強の必要はないが、予防保全としての適用が可能
②	Ⅳ	[並列梁構造] 床版コンクリート硬化にともなう乾燥収縮により橋軸直角方向に貫通したひび割れが大きな間隔で発生する段階 	・基本的に補強の必要はないが、予防保全としての適用が可能
③	Ⅲ	[二方向曲げひび割れ] 輪荷重により縦横のひび割れが増加する段階 	・炭素繊維シートによる補強が可能
④	Ⅱ初期 (すり磨きが生じていない)	[ひび割れの細網化、貫通] 輪荷重によるねじりモーメントによって床版上面に橋軸直角方向にひび割れが発生し、下面に発生したひび割れとつながり貫通し、並列の梁状になる段階 	・炭素繊維シートによる補強が可能
⑤	Ⅱ	[サイコロ状] 貫通したひび割れ面のすり磨きや浸透水による石灰分の流出により、ひび割れが拡大し、せん断抵抗を失う段階 	・せん断強度が低下し単独では使用しない ・上面増厚工法との併用・応急対策
⑥	Ⅰ	[床版の陥没] 低下した押し抜きせん断強度を超える輪荷重により抜け落ちを生じる段階 	—————

疲労損傷が故に、補強は単に補強計算で決定してはいけない。

基本は疲労試験で確認する必要がある。

標記の共同研究報告書参照。

コンクリート部材の補修・補強に関する 共同研究報告書（Ⅲ）

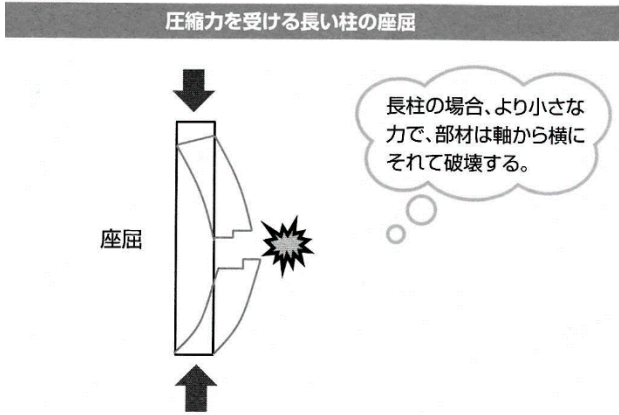
－炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート
部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)－

平成11年12月

建設省土木研究所
構造橋梁部 橋梁研究室
炭素繊維補修・補強工法技術研究会

1.3 座屈

①長柱の座屈



長柱の場合、より小さな力で、部材は軸から横にそれて破壊する。

「よくわかる最新橋の基本と仕組み」
日大(五十畑弘教授)より

ここでは長柱の座屈について例題を。
上図の部材がH300×300×10/15 (SS400)とし、
固定間距離L1=100cmとL2=750cmの場合を考えると、

材料特性は断面2次半径 $r_y=7.51\text{cm}$
断面積 $A=119.8\text{cm}^2$

細長比 $\lambda_1=L_1/r=100/7.51=13.3$ (無次元パラメーター)
 $\lambda_2=L_2/r=750/7.51=99.9$

それぞれの許容軸方向圧縮応力度 σ_{ca} は
 $\sigma_{ca1}=140\text{Nmm}^2$ ($\lambda < 18$)
 $\sigma_{ca2}=(1200000/(6700+\lambda^2))\text{Nmm}^2$
 $=1200000/(6700+99.9^2)=71.9\text{Nmm}^2$
($\lambda > 92$)

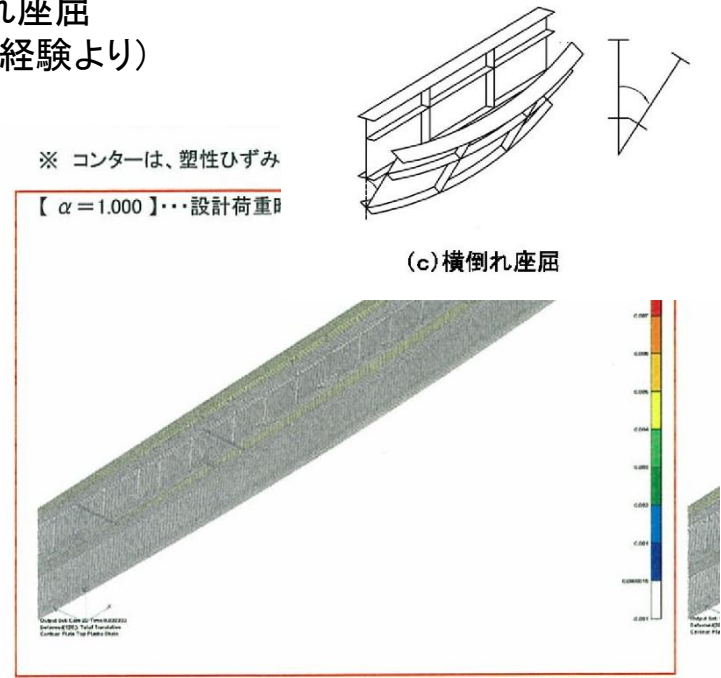
面積乗じ作用力で示すと

$$P1=A \times \sigma_{ca1}=119.8 \times 100 \times 140/1000=1677\text{KN}$$

$$P2=A \times \sigma_{ca2}=119.8 \times 100 \times 71.9/1000=861\text{KN}$$

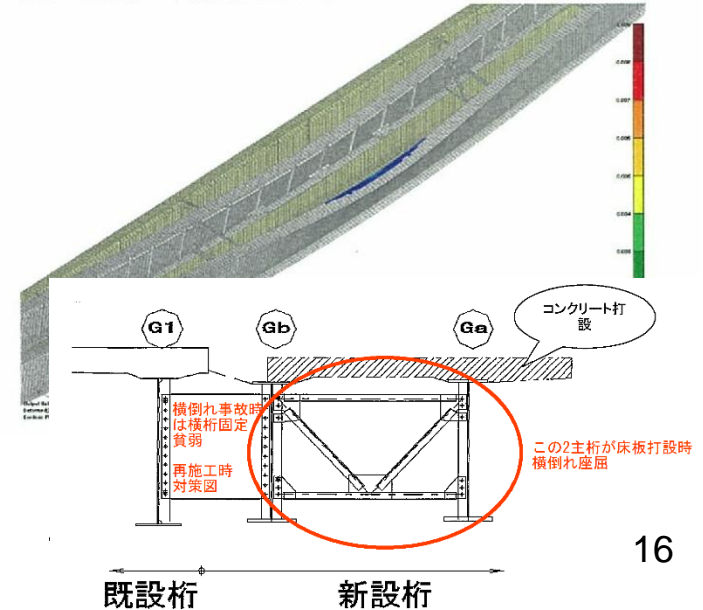
2016/06/25

②横倒れ座屈 (筆者の経験より)



(c)横倒れ座屈

【α=1.297】・・・面外変位200mm時



2.点検と材料特性

(上部工損傷による架け替え理由)

鋼橋

RC橋

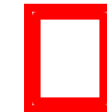
PC橋



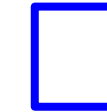
鋼材の腐食



床板の破損

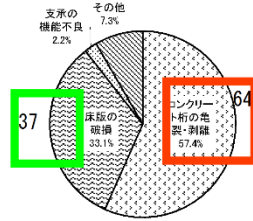
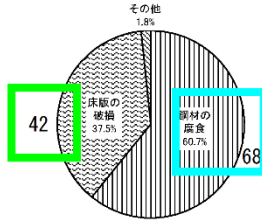


コンクリートの
亀裂・剥離

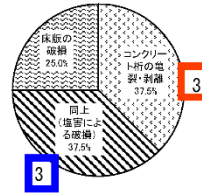
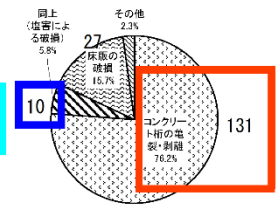
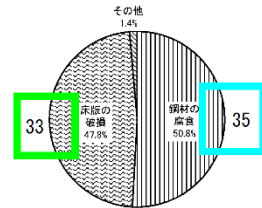


同上塩害

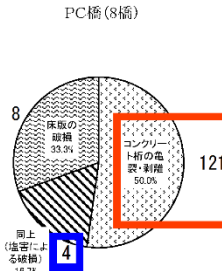
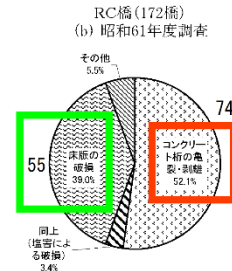
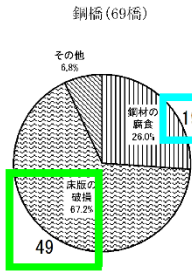
昭和52年



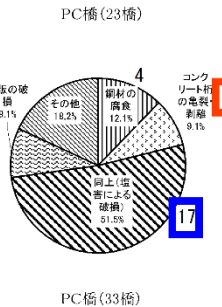
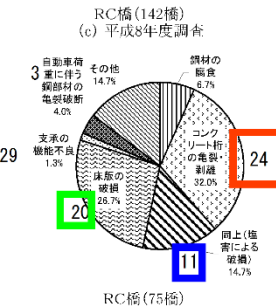
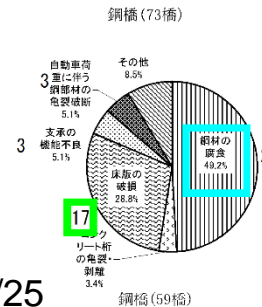
昭和61年



平成8年



平成18年



2016/06/25

鋼橋(59橋)

RC橋(75橋)
(d) 平成18年度調査

PC橋(33橋)

図-2.7.2 上部構造の損傷による架替理由の内訳

架け替え理由の内訳 数値一覧

	昭和52年度	昭和61年度	平成8年度	平成18年度
上部構造の損傷	295	280	252	179
下部構造の損傷	71	44	32	22
耐荷力不足	29	208	100	60
機能上の問題	248	314	542	319
改良工事	778	682	894	688
耐震対策	0	54	38	23
その他	124	109	65	51

(b) 昭和61年度調査

(a) 昭和52年度調査

架替理由		鋼橋	RC橋	PC橋	合計	
損傷	上部工	鋼材の腐食	68 (18.1)	9 (0.8)	—	77 (5.0)
		コンクリート桁の亀裂・剥離	—	102 (9.2)	0 (0.0)	102 (6.6)
		床版の破損	42 (11.1)	59 (5.3)	1 (1.5)	102 (6.6)
		支承の機能不良	0 (0.0)	4 (0.4)	1 (1.5)	5 (0.3)
		その他	2 (0.5)	6 (0.5)	1 (1.5)	9 (0.6)
		小計	112 (29.7)	180 (16.2)	3 (4.6)	295 (19.1)
橋台・橋脚の滑動沈下変位		9 (2.4)	9 (0.8)	1 (1.5)	19 (1.2)	

架替理由		鋼橋	RC橋	PC橋	その他	合計	
損傷	上部工	鋼材の腐食	35 (9.0)	—	—	2 (1.0)	37 (2.2)
		コンクリート桁の亀裂・剥離	1 (0.3)	131 (13.7)	3 (2.1)	4 (2.0)	139 (8.2)
		同上(塩害による破損)	—	10 (1.0)	3 (2.1)	—	13 (0.8)
		床版の破損	33 (8.5)	27 (2.8)	2 (1.4)	12 (6.0)	74 (4.4)
		支承の機能不良	—	3 (0.3)	—	1 (0.5)	4 (0.2)
		その他	—	1 (0.1)	—	12 (6.0)	13 (0.8)
		小計	69 (17.8)	172 (17.9)	8 (5.6)	31 (15.5)	280 (16.6)
		橋台・橋脚の滑動沈下変位	4 (1.0)	8 (0.8)	—	—	12 (0.7)

(c) 平成8年度調査

架替理由		鋼橋	RC橋	PC橋	その他	不明	合計	
損傷	上部工	鋼材の腐食	19 (3.2)	1 (0.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	21 (1.1)
		コンクリート桁の亀裂・剥離	2 (0.3)	76 (7.9)	9 (3.2)	0 (0.0)	1 (16.7)	91 (4.7)
		同上(塩害による破損)	0 (0.0)	5 (0.5)	3 (1.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (0.4)
		床版の破損	49 (8.1)	57 (5.9)	6 (2.2)	1 (3.0)	0 (0.0)	118 (6.1)
		支承の破損・劣化	1 (0.2)	2 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.2)
		自動車荷重に伴う鋼部材の亀裂破断	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
		その他	9 (16.3)	5 (10.3)	0 (0.0)	3 (19.1)	0 (0.0)	17 (16.7)
		小計	79 (16.3)	147 (13.1)	9 (3.2)	1 (3.0)	1 (16.7)	252 (13.1)

(d) 平成18年度調査

架替理由		損傷、負傷の要因	鋼橋	RC橋	PC橋	混合橋	その他	不明	合計
損傷による欠陥	鋼材の腐食	塩害による	6 (1.3)	0 (0.0)	3 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (0.7)
		経年劣化による	19 (4.0)	5 (1.0)	1 (0.3)	1 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	26 (1.9)
		上記以外の外的要因による(※1)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.1)
		その他	3 (0.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.2)
	コンクリート桁の亀裂・剥離	凍害による	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
		中性化による	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.1)
		アルカリ骨材反応による	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.1)
		塩害による	0 (0.0)	11 (2.3)	17 (5.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	28 (2.1)
	床版の破損	耐荷力不足	2 (0.4)	15 (3.1)	0 (0.0)	1 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	18 (1.3)
		その他	0 (0.0)	9 (1.9)	1 (0.3)	3 (10.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	13 (1.0)
		外的要因による劣化(※2)	4 (0.8)	7 (1.4)	1 (0.3)	2 (7.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	14 (1.0)
		耐荷力不足	6 (1.3)	7 (1.4)	1 (0.3)	1 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	15 (1.1)
	支承の破損・劣化	その他	7 (1.5)	6 (1.2)	1 (0.3)	1 (3.6)	2 (18.2)	0 (0.0)	17 (1.3)
		その他	3 (0.6)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.3)
		自動車荷重に伴う鋼部材の亀裂・破断	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.1)
		疲労による	2 (0.4)	2 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.3)
	その他	その他	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.1)
		その他	5 (1.0)	11 (2.3)	6 (1.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	23 (1.7)
		小計	59 (12.3)	75 (15.4)	33 (9.9)	9 (32.2)	2 (18.2)	1 (16.7)	179 (15.4)
		橋台・橋脚の変位	9 (2.4)	9 (0.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	19 (1.2)

下記資料は殆どネットでD.L.できます
Yahoo検索からOK

3.点検診断の拠り所

種別	点検要領	発行日	発行所
点検要領	道路橋定期点検要領	H26.6	国土交通省道路局
	橋梁定期点検要領	H26.6	国土交通省道路局 道路局 国道・防災課
	横断歩道橋定期点検要領	H26.6	国土交通省道路局
点検マニュアル	高知県職員橋梁点検マニュアル	H24.3	高知県土木部 道路安全利用課
	道路橋に関する基礎データ収集要領(案)	H19.5	国土技術政策総合 研究所
	基礎データ収集要領(案)に基づく調査結果の記入の仕方について	H19.5	国土技術政策総合 研究所
参考資料	国総研究資料No.196 道路橋の定期点検に関する参考資料 －橋梁損傷事例写真集－	H.16.12	国土技術政策総合 研究所
	国総研究資料No.748 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－	H25.7	国土技術政策総合 研究所
	国総研究資料No.829 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	H27.3	国土技術政策総合 研究所
	道路橋点検必携 ～橋梁点検に関する参考資料～	H27.4	日本道路協会

2016/06/25 元ネタ提供

種別	点検要領	内容
点検要領	道路橋定期点検要領	道路法に規定する道路における橋長2.0m以上の橋、高架の道路などの定期点検に適用する。
	橋梁定期点検要領	道路法の道路における橋長2.0m以上の橋、高架の道路等のうち、国土交通省及び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。
	横断歩道橋定期点検要領	道路法に規定する横断歩道橋の定期点検に適用する。
点検マニュアル	高知県職員橋梁点検マニュアル	高知県管理の橋梁点検の具体的なマニュアル
	道路橋に関する基礎データ収集要領(案)	できるだけ簡易に道路橋の健全度に関して概略が把握できることを意図し、一般的な構造形式の道路橋において、主要な部材のみに着目し、かつ損傷発生頻度が高い箇所や同じ部材の中でも劣化が先行的に進行する箇所のみに着目するなどにより省力化を図ったものである。
	基礎データ収集要領(案)に基づく調査結果の記入の仕方について	
参考資料	国総研究資料No.196 道路橋の定期点検に関する参考資料 －橋梁損傷事例写真集－	橋梁定期点検の実施に際して参考となるように、橋梁定期点検要領(案)の構成にしたがって損傷評価の目安や留意事項についてとりまとめたものである。
	国総研究資料No.748 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－	評価の客観性を高めるために、損傷程度の標準基準に応じた損傷事例写真を提供している。第196号から各種事例や情報を追加更新している。
	国総研究資料No.829 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	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を修得することを目的としたテキストである。
	道路橋点検必携 ～橋梁点検に関する参考資料～	道路橋の点検を行う者が知っておくことが有効と思われる情報を、現場に携行していつでも確認できることを目的にとりまとめられたものである。

着色した資料は、全国建設研修センター「道路橋メンテナンス技術講習会」にても使用
(道路橋点検士/橋梁調査会の講習会を補完する講習会)

ISSN 1346-7328
国総研資料 第748号
平成 25 年 7 月

ISSN 1346 - 7328
国総研資料 第196号
平成 16 年 12月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.748

July 2013

NO.748

道路橋の定期点検に関する参考資料
—橋梁損傷事例写真集—

玉越 隆史・大久保 雅憲・星野

Reference to MLIT's Bridge Inspection I
—Photographs related to damage rating and maint

Takashi TAMAKOSHI, Masanori
Yoshit

国土交通省 国土技術政策総

National Institute for Land and Infrastru
Ministry of Land, Infrastructure, Transport

2016/06/25

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 196

December 2004

NO.196

ISSN 1346・7328
国総研資料 第829号
平成 27 年 3月

参考資料

—

・大橋 章・中谷 昌一

about bridges

—

OHASHI, Shouichi NAKATANI

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

NO.829

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

橋梁が解る良い参考書

研究所

Management

21

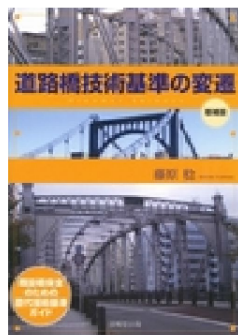
道路橋技術基準の変遷 [増補版]

藤原稔著

A5・208頁 / 3024円

発行年月日：2015年10月

ISBN：978-4-7655-1826-0



【内容紹介】土日祭日除く通常1〜3営業日で出荷。納期指定はできません

【旧版の加筆・修正をはじめ、道路橋示方書平成24年改訂に対応いたしました】既設橋の保全には、建設当時用いられた設計荷重や材料・構造・設計法・施工法などの技術基準をみることが役に立つ。時代によって内容に差はあるが、技術基準には自動車荷重・耐震性能などの要求項目と、それを実現するための材料・構造・設計法・施工法などに関する項目が盛り込まれている。本書は、道路橋の技術基準のうち、安全性にかかわる基本的な事項のおよその変遷が理解できるようにまとめたものである。さらに、実務では個々の基準にまで立ち戻ってその内容を確認したい場合があるが、その際のガイドとして利用されることも意図している。

5.年代で判る点検ポイント参照

2016/06/25

【目次】法人様ご請求書払い以上の購入案内からどうぞ

- 第1章 道路橋技術基準の歴史と特徴
- 第2章 道路橋技術基準変遷の概要
- 第3章 歴代の道路橋技術基準
- 第4章 道路橋技術基準の役割と今後
- 資料 道路橋技術基準に関する文献

【収録基準一覧】

本書では、各基準を、その制定年順の時系列に配列してある。なお、コンクリート道路橋の技術基準が制定される以前に用いられた土木学会の標準示方書や設計施工指針も挙げてあり、これらは、基準名に冠する番号により、次のように区別する。すなわち、(アラビア数字)は、道路橋の技術基準を、(ローマ数字)は、土木学会の標準示方書や設計施工指針を、それぞれ示す。

1 明治・大正の基準

(1) 1886年(明治19) 國縣道新設又ハ變換ニ係ルモノ其築造保存方法等取調標準

(2) 1919年(大正8) 道路構造令、街路構造令

(3) 1926年(大正15) 道路構造に関する細則案

2 昭和前期(S20年以前)の基準

(i) 1931年(昭和6) 鉄筋コンクリート標準示方書

(ii) 1936年(昭和11) 鉄筋コンクリート標準示方書

(4) 1939年(昭和14) 鋼道路橋設計示方書案、鋼道路橋製作示方書案

(iii) 1940年(昭和15) 鉄筋コンクリート標準示方書

(5) 1940年(昭和15) 電弧熔接鋼道路橋設計及製作示方書案

(6) 1940年(昭和15) 木道路橋設計示方書案

4.点検要領・損傷(高知県職員橋梁点検マニュアル(案)より)

表-解 4.1 点検項目

部材区分		対象とする項目 (損傷の種類)		
		鋼	コンクリート	その他
上部構造	主桁	①腐食	⑥ひびわれ	-
		②亀裂	⑦剝離・鉄筋露出	
	横桁	③ゆるみ、脱落	⑧漏水・遊離石灰	
		④破断	⑨抜け落ち	
		⑤防錆機能の劣化	⑩コンクリート補強材の損傷	
	縦桁	⑬遊間の異常	⑪床版ひびわれ	
		⑮定着部の異常	⑫うき	
	床版	21 異常な音・振動	⑬遊間の異常	
		22 異常なたわみ	⑮定着部の異常	
	対傾構		23 変形・欠損	
横構	上横構	20 漏水・滞水		
	下横構	21 異常な音・振動		
主構トラス	上・下弦材	22 異常なたわみ		
	斜材・垂直材	23 変形・欠損		
	横門構			

部材区分		対象とする項目（損傷の種類）			
		鋼	コンクリート	その他	
下部構造	橋脚	柱部・壁部	①腐食 ②亀裂	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑩コンクリート補強材の損傷	—
		梁部	③ゆるみ、脱落 ④破断 ⑤防錆機能の劣化	⑫うき	
		隅角部・接合部	21 異常な音・振動 22 異常なたわみ 23 変形・欠損	⑬変色・劣化 ⑭漏水・滲水	

5.年代で判る点検ポイント

5.1 床板設計基準変遷 配力筋＝主筋の25%, σ_a : N/mm²

S31(1956).5

T=80KN,曲げ計算式,衝撃別途,配力筋25%, $\sigma_a=140$ N(SR24),最小厚140mm

S39(1964).6

T=80KN,曲げ計算式,衝撃別途,配力筋25%, $\sigma_a=180$ N(SD30),最小厚140mm

S42(1967).9

,配力筋70%,

S43(1968).5

, $\sigma_a=140$ N(SD30),

S46(1971).3

T=80KN,大型車1000代以上20%増,曲げ計算式見直し,配力筋式規定

S53(1978).4

, $\sigma_a=20$ 程度余裕,最小厚規定min160他

H5(1993).11

T=100KN,B活割増

2016/06/25

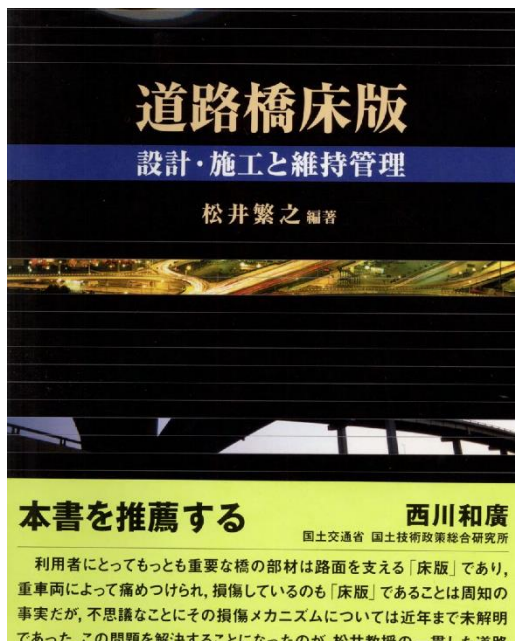
道路橋床板 設計・施工と維持管理

松井繁之
大阪大学名誉教授
大阪工業大学教授

表 1.1 道路橋示方書における鉄筋コンクリート床版諸規定の変遷

規格等の名称	制定年月	最小厚 (cm)	許容応力度 (kgf/cm ²)		連続版の曲げモーメント (M) 算定式と設計輪荷重 (P: 輪荷重, L: 床版支間, i: 衝撃係数)	
			鉄筋	コンクリート		
道路構造に関する細則	大正 15 年 6 月	規定なし	1200	45	$M = \frac{P(L-b/2)}{4}(1+i)$, $i = \frac{20}{60+L} \leq 0.3$	1 等橋 P = 4.5 t
鋼道路橋設計示方書案	昭和 14 年 2 月	全厚: 14 (有効高: 11)	1200	45 $\sigma_{28}/3 \leq 65$	$M = \frac{P(L-b/2)}{4}(1+i)$, $i = \frac{20}{50+L}$	1 等橋 P = 5.2 t
鋼道路橋設計示方書	昭和 31 年 6 月		1400	$\sigma_{28}/3 \leq 70$ $\sigma_{28} \geq 160$	$M = \frac{0.4P(L-1)}{L+0.4}(1+i)$, $i = \frac{20}{50+L}$	1 等橋 P = 8.0 t 2 ≤ L ≤ 4 m
鋼道路橋設計示方書	昭和 39 年 6 月		1400 (SS41)		配力鉄筋: 主鉄筋の 25% 以上	
建設省道路局長通達	昭和 42 年 9 月		1600 (SS50) 1800 (SSD49)	$\sigma_{28}/3 \leq 80$	$M = \frac{0.4P(L-1)}{L+0.4}(1+i)$, $i = \frac{20}{50+L}$	
鋼道路橋床版の設計に関する暫定基準案	昭和 43 年 5 月	3L + 11 ≥ 16	1400 (SD24, SD30)	$\sigma_{28} \geq 180$	$i = \frac{20}{50+L}$ 配力鉄筋: 主鉄筋の 70% 以上	1 等橋 P = 8.0 t L ≤ 4 m
建設省道路局長通達	昭和 46 年 3 月					
鋼道路橋設計示方書	昭和 48 年 2 月	d ₀ = 3L + 11 ≥ 16 d = k ₁ k ₂ d ₀ k ₁ : 交通量係数 k ₂ : 付加モーメント係数	≤ 1200	$\sigma_{28}/3 \leq 100$ $\sigma_{28} \geq 210$	M = 0.8(0.12L + 0.07)P: 主鉄筋 M = 0.8(0.10L + 0.04)P: 配力鉄筋 (衝撃を含む算定式)	大型車計画交通量 1000 台超のとき P = 9.6 t に割増
建設省道路局長通達	昭和 53 年 4 月					
道路橋示方書	昭和 55 年 2 月					
道路橋示方書	平成 2 年 2 月	平成 5 年 3 月 平成 6 年 2 月 平成 8 年 2 月	≤ 1200	$\sigma_{28}/3 \leq 100$ $\sigma_{28} \geq 240$	M = 0.8α(0.12L + 0.07)P: 主鉄筋 M = 0.8α(0.10L + 0.04)P: 配力鉄筋 α = 1 + (L - 2.5)/12: L ≥ 2.5 に対する割増し係数 (衝撃を含む算定式)	B 活荷重 P = 10.0 t L ≤ 4 m
建設省都市局・道路局通達	平成 5 年 3 月					
道路橋示方書	平成 6 年 2 月					
道路橋示方書	平成 8 年 2 月					

注) 表内の許容応力度および輪荷重 P は当時の重力単位系で記したが、SI 単位系では許容応力度の 1 kgf/cm² は 0.0980665 N/mm² に、輪荷重の 1 t は 9.80665 kN に相当する。

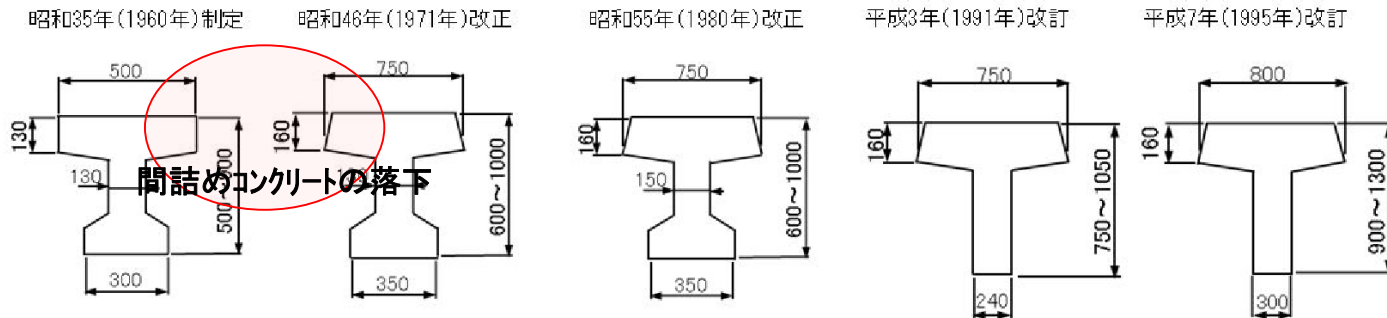


2016/06/25

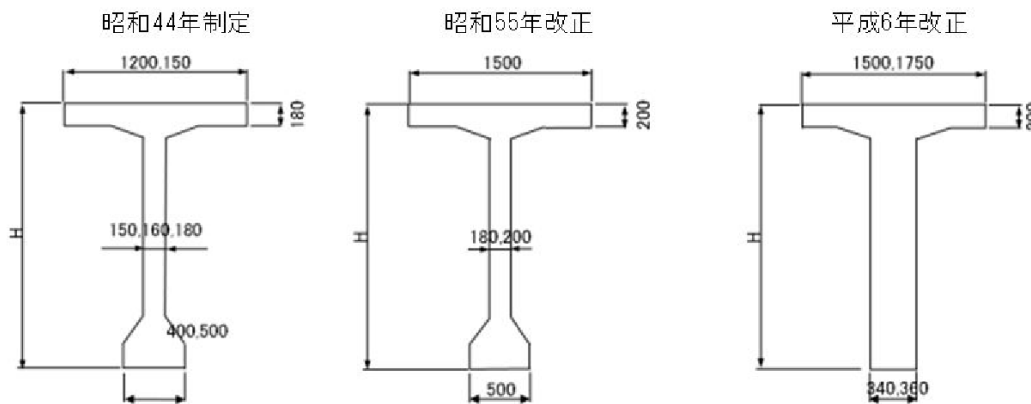
(参考)年代で判る点検ポイント PC桁編

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



5.2 設計活荷重基準変遷

M19(1886).8

等分布 $w=455\text{Kg/m}^2$

T8(1919).12

$T=7.875\text{t}, 6.375\text{t}$ (府県道), 群衆 $w=490\text{Kg/m}^2$

T15(1926).6

1,2,3等橋の規定

$T=12\text{t}$ (1等橋), 衝撃荷重の規定

S14(1939).2

1,2,等橋の規定に変更

$T=13\text{t}$ (1等橋), $w=500\text{Kg/m}^2$, 衝撃荷重の見直し

S31(1956).5

L-20, $T=20\text{t}$ (1等橋), $w=350\text{Kg/m}^2$

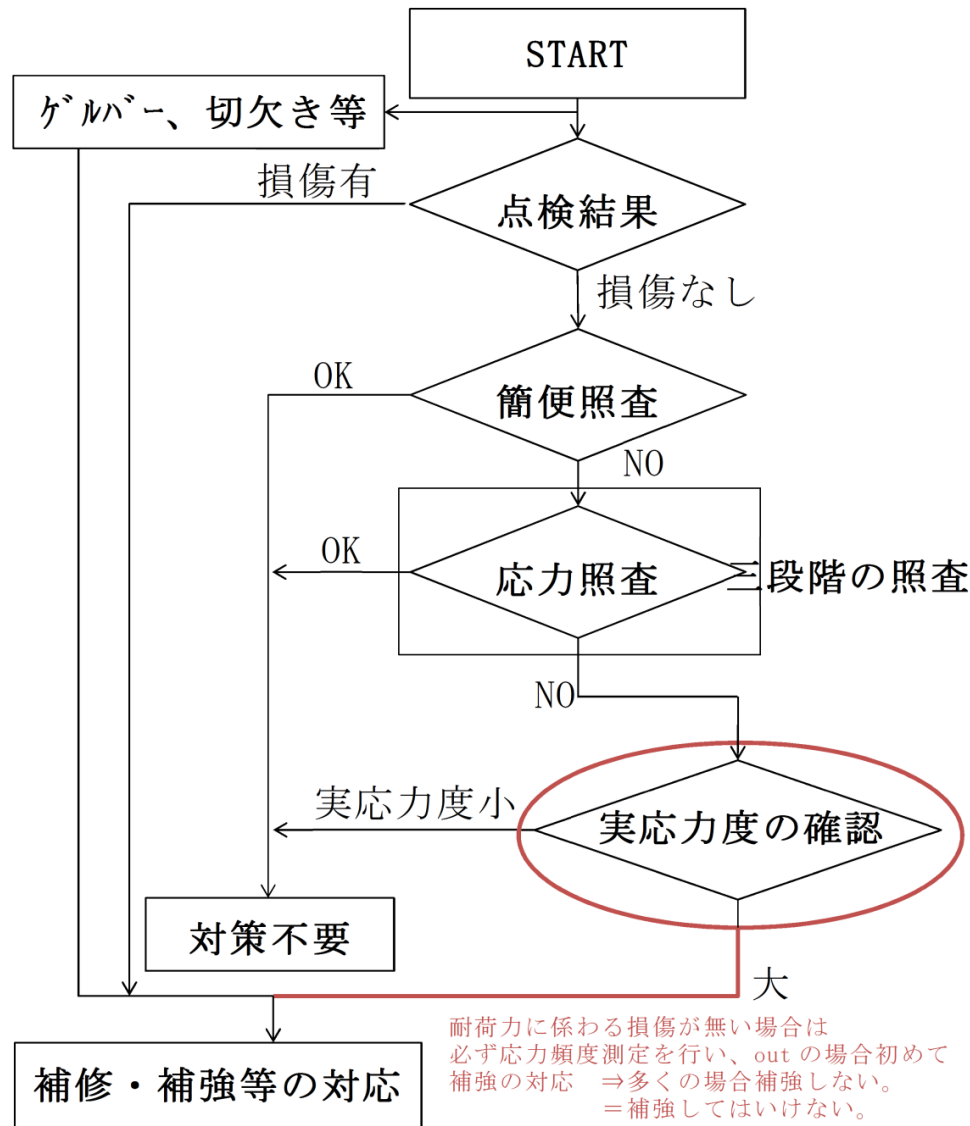
S55(1980).2

TT-43荷重規定

H5(1993).11

自動車荷重 25t 想定, 1,2,等橋の規定廃止, A活荷重B活荷重の設定

OTL-20~T-8の橋でも（B活に対して）補強してはいけない



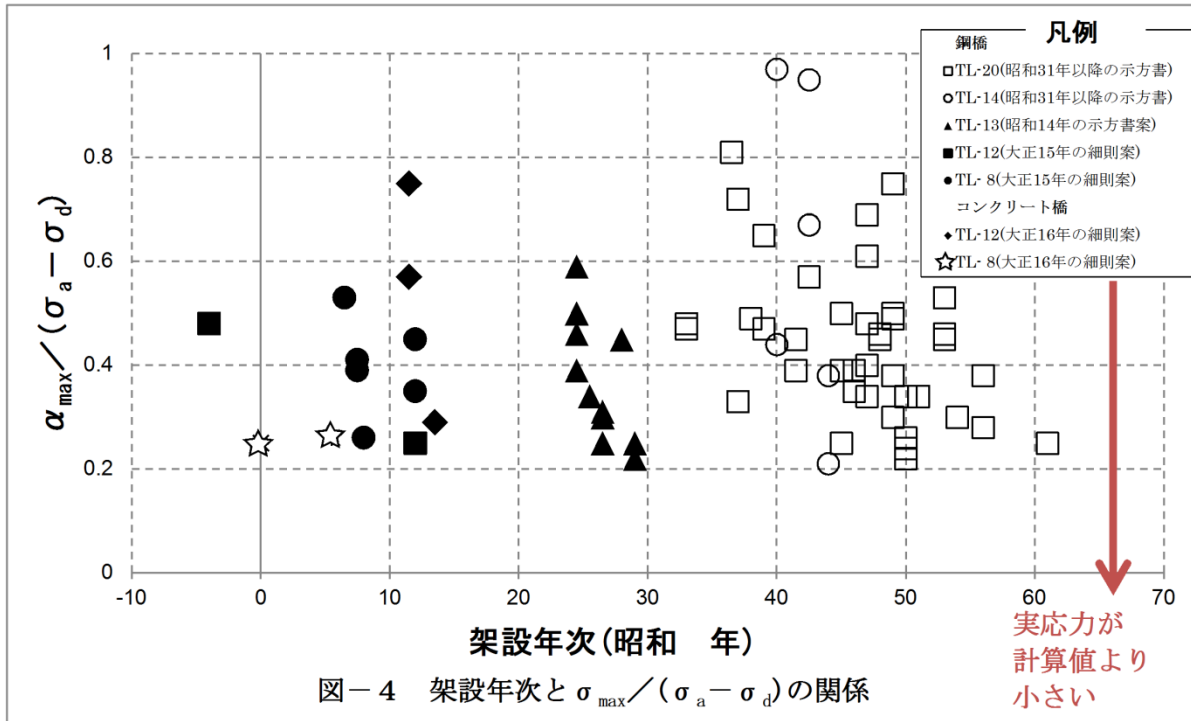
古い橋のB活荷重対策は

『耐荷力照査要領』及び『応力頻度測定要領』（道路保全技術センターH8_左記）による。

その主旨は（フローの意味する所＝行間を読むと）【補強をしてはいけない】と説いている。

「鋼橋のQ&A保全編」橋建協 参照

応力頻度測定の結果 前ページ資料より



応力頻度測定を行うとほとんどの橋梁は計算値より相当小さい応力度しか発生していない

左表1.0以下

TL-8
(大正8年)
から
TL-20
(昭和31年以降)
まで

5.3 塗装仕様 年数は橋建協の年数であくまでも目安 S46(1971)塗装便覧/日本道路協会 A-1系が一般的

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

塗膜寿命
山間部で
15年

注) 表中の数値 (単位 g/m²) は使用量を示す。

この間B系の塩ゴム系(やや厳しい環境:海岸部で15年)

C系のエポキシ樹脂系:瀬戸大橋(やや厳しい環境で30年)も使用されている

H17(2005)塗装便覧/日本道路協会 C-5系が原則

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

塗膜寿命
やや厳しい環境で
60年

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。

○既設橋塗替塗装作業の課題

ケレン: 前述A系

前処理: ブラスト処理+長ばくエッチングプライマー、2次処理: 動力工具処理

ケレン: 前述C-5

前処理: ブラスト処理+無機ジンクリッチプライマー、2次処理: **ブラスト処理+無機ジンクリッチペイント**

既設の塗替え塗装も同様

・防錆効果のキーはジンク(zinc=亜鉛)が強力な防錆効果を発揮している。ただし、ブラストが必要でブラスト後4時間以内に次工程を終わらす必要がある。法律・労基は作業員の労働安全衛生上湿式を必須としているが、実態は費用・設備等不可能に近い。ブラストすると旧塗装系の**鉛【有毒】**が足場内に浮遊する。当然産廃処理必要。

ブラスト足場施行例

ブラスト機械、袋の中はブラスト材 多くはガーネット



右上の写真はブラスト作業中、この現場では集塵機使用せず。(積算されていない)最初の写真で煙が確認できる。外へ排出している。
送風機で 空気循環させているが効果薄い。

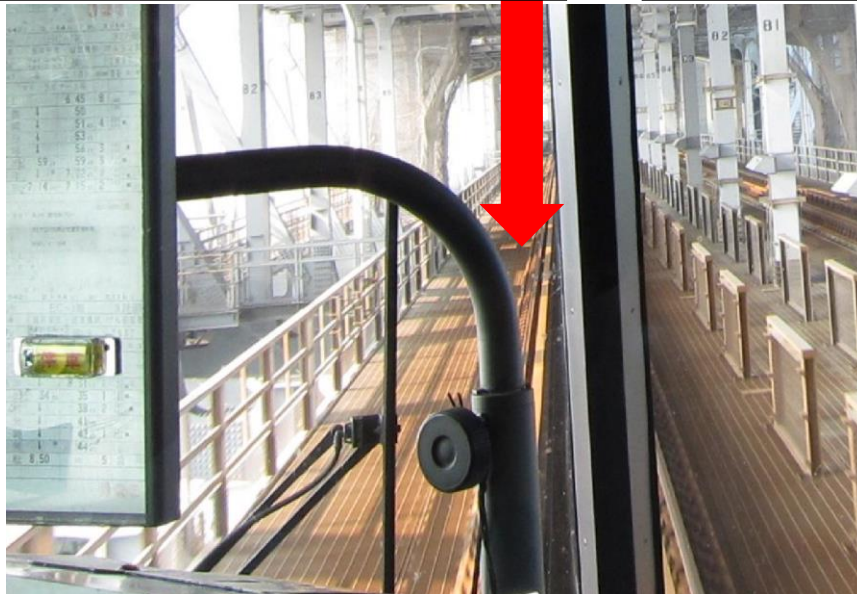
溶融亜鉛メッキは塩分に弱い



道路部分の防護柵等の発錆も著しい

マリンライナー運転席より

グレーチングは鍍



平成17年12月の「鋼道路橋塗装・防食便覧」には、『海水飛沫を受けるような環境では・・・早期に腐食が進行する』と明示されており海岸部（塩分環境下）では**溶融亜鉛メッキ単独での使用は避ける。**

以前の便覧は記載無く、左の瀬戸大橋（本四公団）でも使用されている。

6. 損傷事例

6.1 腐食 資料編に示す

6.2 疲労 同上

6.3 耐候性鋼橋梁

○ 耐候性鋼橋梁の課題 【安定さびが形成されていない橋梁多い】

① 耐候性鋼橋梁の適用外の場所に採用されている

① 防食に対する要求性能

一般には耐腐食性能レベル=Ⅰが目標です。

あらかじめ想定する腐食減耗量(片面)の範囲として、表に示す耐腐食性能レベルが考えられます。

橋梁の構造計画、設計、施工および維持管理の各段階では、レベルに応じた適切な措置や配慮を行う必要があります。

耐候性鋼橋梁の耐腐食性能レベル^(*1)

レベル	性能要件
Ⅰ	<ul style="list-style-type: none">● 設計供用期間中の腐食減耗量が、設計上耐荷力性能に影響がない範囲に留まる性能レベル。● 片面あたり平均 0.5mm/100 年以下を目標。● さび外観評点 3~5 に保持。
Ⅱ	<ul style="list-style-type: none">● 予め設計上腐食代を見込むことにより、設計上耐荷力性能に影響がない範囲となるレベル。● 片面あたり平均 1.0mm/100 年以下を目標。● さび外観評点 2 の軽度な部類に保持。
Ⅲ	<ul style="list-style-type: none">● 一般に取替えを前提とする部材に適用する。● さび外観評点 1 でも許容。

② 離岸距離規定

海岸線から一定距離以上離れていれば、適用可能です。

道路橋では以下に示す地域に対して、一般に無塗装で耐候性鋼を用いることが可能となっています。

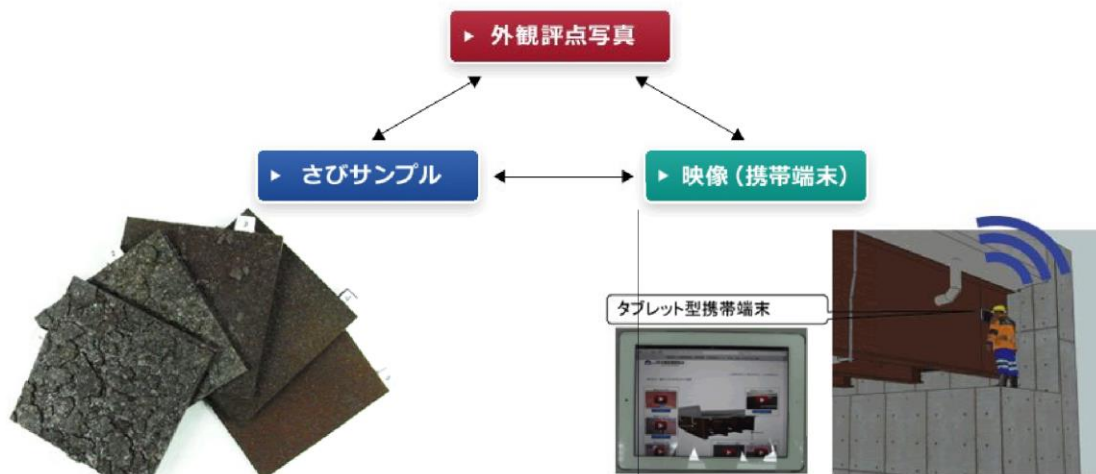
地域区分	飛来塩分量の測定を省略してよい地域
日本海沿岸部	Ⅰ 海岸線から 20km を超える地域
	Ⅱ 海岸線から 5km を超える地域
太平洋沿岸部	海岸線から 2km を超える地域
瀬戸内海沿岸部	海岸線から 1km を超える地域
沖縄	なし



②適切な点検維持管理がなされていない 耐候性鋼橋梁の さび評価 一般社団法人 日本橋梁建設協会より 客観的に評価するのはさびサンプル



さび外観評価補助システム



③補修は課題が多い
耐候性鋼橋梁も実態 日鉄住金防蝕(株)資料より

耐候性鋼橋梁の(防食)
補修塗装工法

日鉄住金防蝕(株) 今井 篤実
連絡先;0439-57-0985
imai.atsumi@acc.nssmc.com

1

耐候性鋼の正しい認識

耐候性鋼とは、普通鋼に比べ腐食速度が低下する耐食低合金鋼である。



~~安定さび形成で腐食ゼロ~~

異常さびの発生等の不具合を生じた場合は、

適切な維持・管理を行
わなくてはならない。

原因解明し
適切な補修

塗装で
の補修

耐候性鋼橋梁
(保護性さび)



2016/06/25

耐候性鋼橋梁
異常さび(層状剥離さび)



36

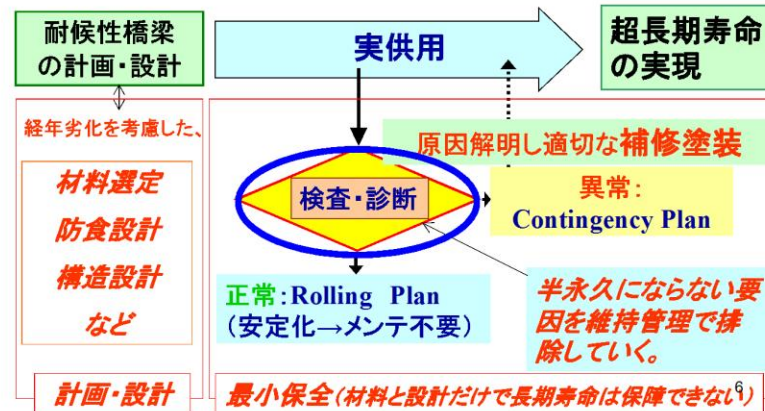
耐候性鋼橋梁 異常さび(層状剥離さび)



5

ミニмумメンテナンス橋

設計供用期間:100年、
施主が目標とする寿命:半永久.



耐候性鋼橋梁診断事例



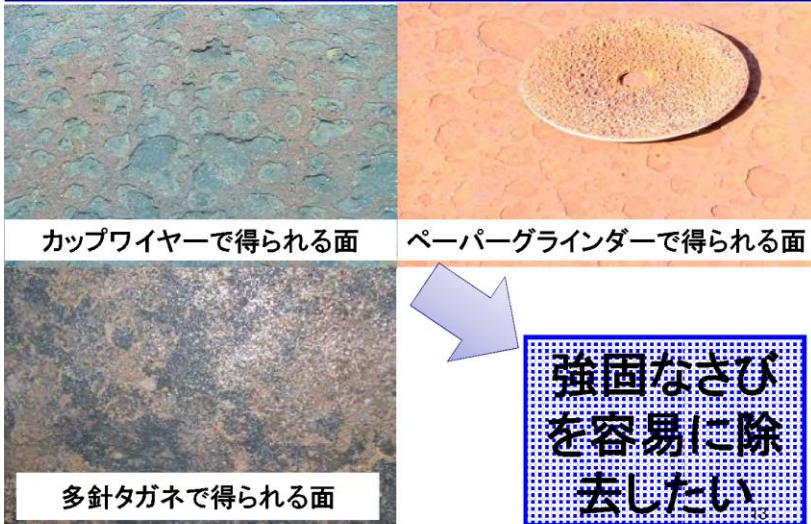
7

漏水起点部、異常さび発生状況



8

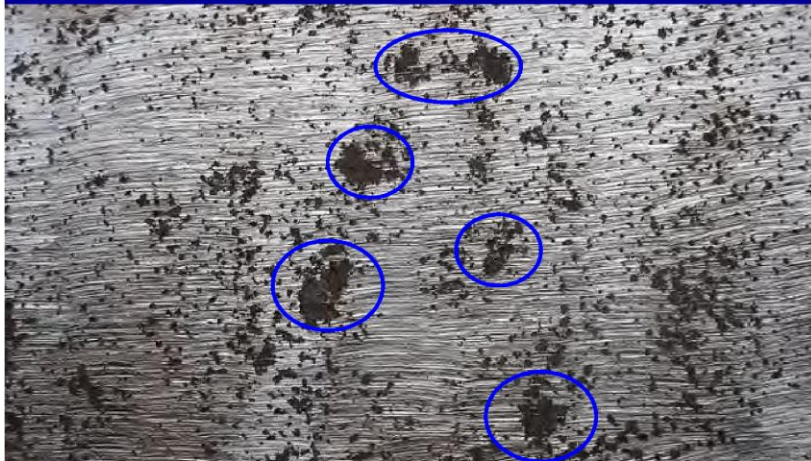
耐候性鋼補修用一次調整法の選定



耐候性鋼補修用一次素地調整法の選定



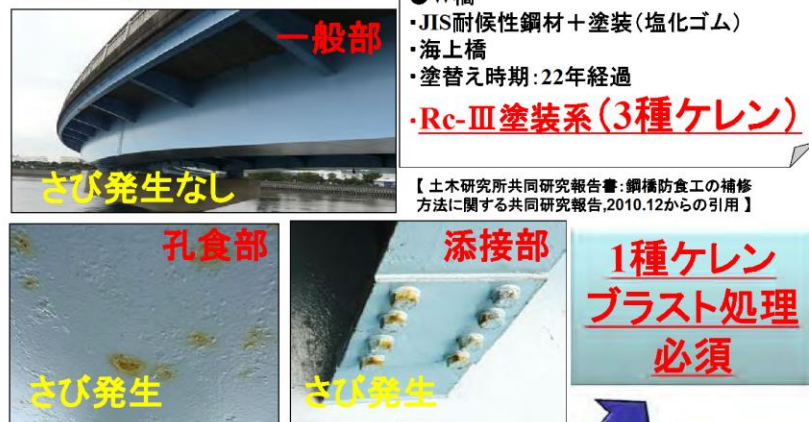
耐候性鋼補修用一次素地調整法の選定



- ・孔食内のさび以外の除去可能となったが、
- ・孔食内のさび除去 → プラスト(補修用二次調整)法を適用

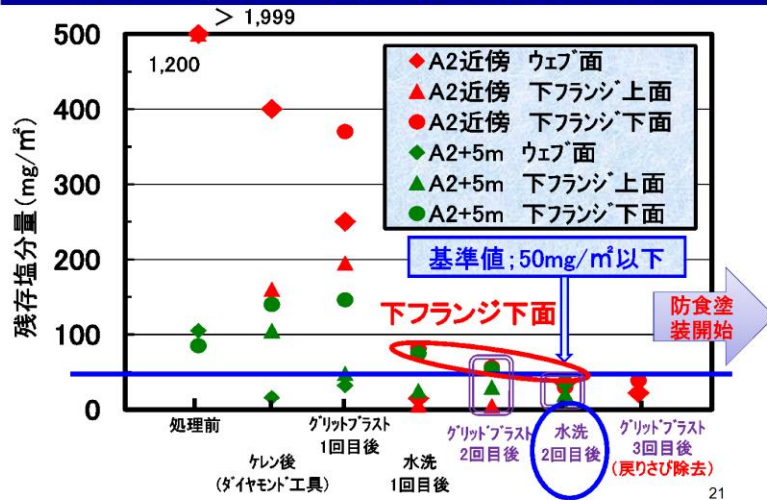
耐候性鋼補修用二次素地調整法の選定

補修塗装後3年目調査

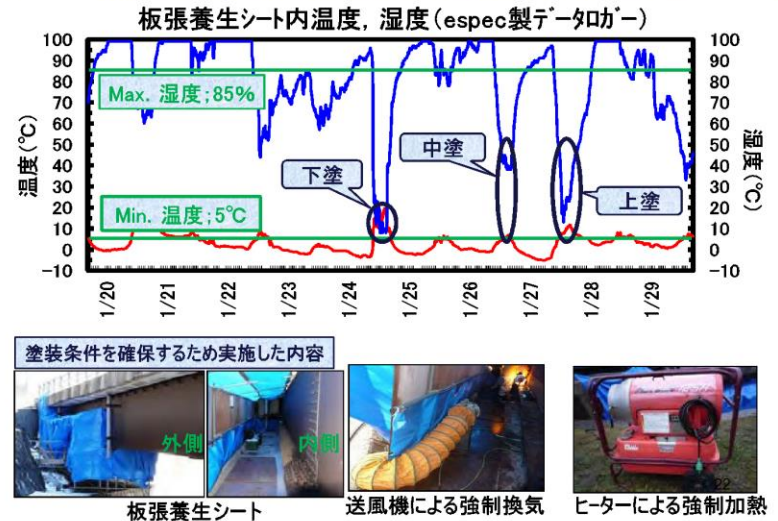


3種ケレンでは→早期にさび発生

補修塗装素地調整毎の残存塩分量



補修塗装仕様防食塗装条件管理



補修塗装仕様 防食塗装工程



耐候性鋼橋梁水洗工法完工



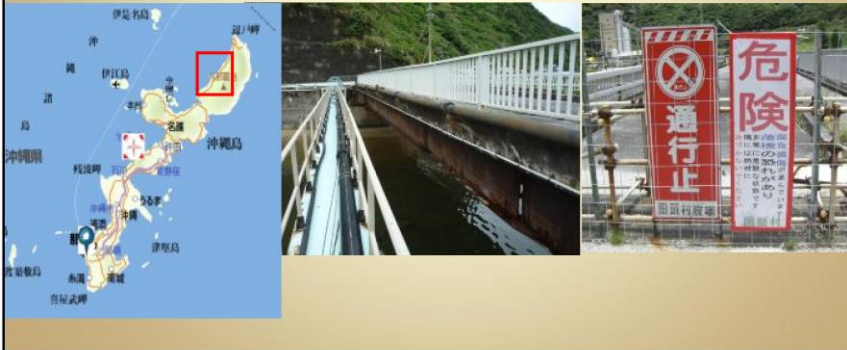
④最悪の事態

2009年第2回CAESER講演会 琉球大学 下里教授 より

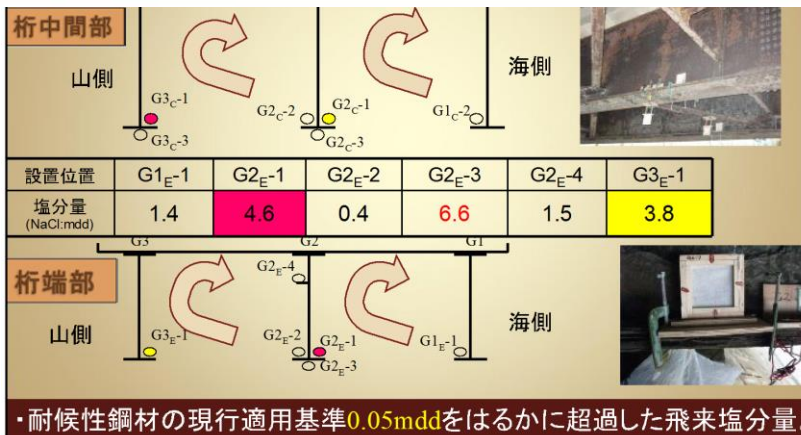
1、橋梁概要



- ◆ 1981年沖縄県建設、その後、国頭村へ移管。
- ◆ 橋長35m、鋼単純合成桁橋(3主桁・RC床版)。
- ◆ 無塗装仕様の耐候性鋼橋。(約50mの離岸距離)
- ◆ 隣接に沖縄県管理の水管橋。(離隔約2m)
- ◆ 2004年、激しい腐食劣化により全面通行止め。



著しい腐食損傷



2008年から琉球大学・土木研究所が観測を開始。琉球大学で常時モニタリング。
2009年6月著しい変状確認、撤去工事緊急要請、
2009年7月15日崩落。

2.5 崩落の瞬間

崩落ステップの推定

29.97 /s 7190 Kbps 2009-07-15 17:37:00



風速

4m/s~8m/s

29.97 /s 7086 Kbps 2009-07-15 17:37:21

土木研究所CAESAR
琉球大学

29.97 /s 7094 Kbps 2009-07-15 17:37:22

土木研究所CAESAR
琉球大学

・G3桁端部から落下物
・RC床版の破壊進行
⇒たわみの増加

G3桁端部(名護側)のせん断崩壊

29.97 /s 7180 Kbps 2009-07-15 17:37:23

土木研究所CAESAR
琉球大学

29.97 /s 7180 Kbps 2009-07-15 17:37:23

土木研究所CAESAR
琉球大学

29.97 /s 7180 Kbps 2009-07-15 17:37:24

土木研究所CAESAR
琉球大学

たわみ増加
⇒RC床版の破壊進行

G3桁端部(名護側)の落下

力尽きて崩落

2.6 崩落後の状況

① 崩落全景



② 主桁端部の破壊状況



G3(名護側):崩壊

G3(辺戸岬側):破壊

G1(辺戸岬側)

G1(名護側):破壊

6.4最近の話題 床板土砂化

○道路橋点検士情報サイト 技術情報 H28.6.17

抜け落ち前



約1年前(その後、全面舗装打ち替え)



15日前

抜け落ち時



- 短周期で舗装の損傷が発生
- 底面に鋼板接着補強を実施しているため、底面からの床板コンクリートの状況確認は不可



本橋は、抜け落ち当時で建設後74年を経たコンクリートT桁橋で、建設年次が古い
ため、床版厚は15cmですが、昭和56年頃に床版、主桁に鋼板補強が施されていま
した。

記録にある抜け落ち前の状況を図-1左欄に示します。抜け落ちの約1年前、抜け落
ち箇所の路面には亀甲状のひびわれが確認できます。その後、舗装の全面打ち替えが
おこなわれましたが、再び同箇所に亀甲状のひびわれが発生し抜け落ちに至った事例
です。

抜け落ち前



1ヶ月前(その5ヶ月前に補修舗装)



4年5ヶ月前

本橋は、建設後約37年が経過した点検では床版下面のひびわれはそれた。ただし、路面のひびわれはたびたスファルトを部分的にジェットコンクにも数ヶ月後にはひびわれが生じて

抜け落ち時



抜け落ち前



2年3ヶ月前(抜け落ち位置近傍)



2年3ヶ月前

抜け落ち時



- 補修舗装が繰り返されている
- 約2年前の定期点検時には、底面の損傷程度がそれほど著しいものではない

本橋は、建設後約46年が経過した鋼鉄桁橋です。床版厚は17cmです。抜け落ち箇所の抜け落ち以前の写真はありますが、2年程前の点検時の状況は、図に示すように路面上ではちょうど輪荷重走行位置のアスファルト舗装の補修跡が連続して見られ、また床版下面には2方向のひびわれが部分的には見られましたが、至近の対策が必要とされるほどの損傷状況ではありませんでした。

右の写真は、先ほどの写真とは違う場所ですが、恐らく舗装を剥がすと先の写真と同じ状況となっていると思われる路面の状況です。また、右写真の事



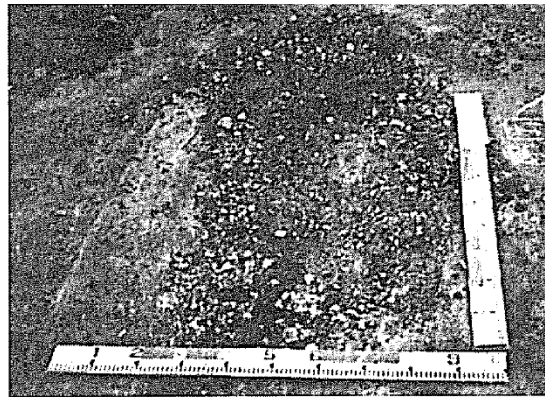
例でも部分的に補修舗装がほどこされており、その一部が再劣化しています。

上の写真の状態は、最近の抜け落ち箇所では必ず見られ、言い換えれば、こうした状況を早期に発見し、適切な対策をおこなうことで、床版の抜け落ちを防ぐことができます。

なお、このように骨材が露出して堆積している状態を、コンクリートの「土砂化」とか「骨材化」と呼びます。

床版の損傷—水がらみの疲労による床版骨材化現象

「道路橋床版 設計・施工と維持管理」松井繁之 に寄れば
雨水による疲労損傷への影響と題し
水の影響で骨材化現象が生じると述べられている。



また、「RCF (写真 2.3 床版上面の骨材化現象 ?)」橋梁と基礎98-6松
井繁之、西川和廣他にも 骨材化現象と名付け水がらみの肥料
を実験で確かめられている。

現場では、橋梁全体的な損傷が見られる橋梁【鋼板よる床版
補強がなされている場合が多い】、伸縮装置付近で縦横断の一
番低い箇所で見られる。

○「橋梁と基礎」1998年6月

講座：鋼橋の床版③

RC 床版とその損傷 (その2)

Reinforced Concrete Slab and its Damage Mechanism

Matsui Shinsuke* Ohta Koji***
松井 繁之* 大田 孝二***

Nishikawa Kazuhiko**
西川 和廣**

5-4 骨材化現象

写真-2 は実橋床版の破壊部の一例ですが、よく観察するとコンクリートが骨材だけになっている状態が認められます。写真-3 はある橋で視測された舗装のクモの巣状の割れの状態です。この舗装を削がした床版上面の状況は写真-4 のようにコンクリートが骨材と泥に変化していました。また、写真-5、6 は、同様な舗装の損傷と舗装除去後の上面の状況ですが、この事例では、舗装と一緒にコン

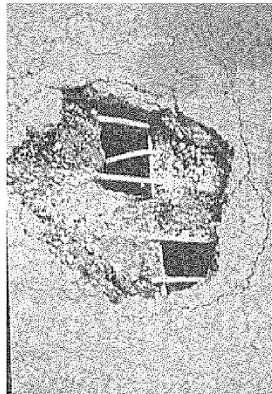


写真-2
陥没部の状況

クリートのかぶりが取れてしまい腐食していることが発見され

上記に2種の舗装下の状況を併せても舗装に浸透した雨水が原因です。後者はとくに寒冷地の事例でルシウムが散布された経緯があとを伴ったものです。欧州や北米などとして取り上げられるのがこの事例であると言われています。

前者の損傷に対しては、これらによるものと言われてきました。

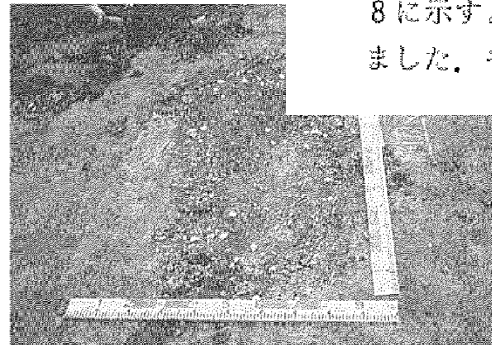


写真-4 舗装除去後の床版表面の骨材化現象

してしまいました。

この一連の実験研究から、骨材化現象は、材料や施工の欠陥ではなく、すでに述べましたように水がらみの疲労であることが証明できたと考えています。

と考えました。このような現象を骨材化現象と名付けてお

5-5 雨水の浸透による劣化の加速

上記の骨材化現象を水がらみの疲労と考えて、これを再現するために床版上にプール（水張り）を作り疲労実験を行いました。その結果、乾燥状態で行った寿命よりはるかに短い寿命でたわみが増加し、耐荷力を喪失することがわかりました。載荷を停止して、軌道を除去すると写真-7、8 に示すようにコンクリートの一部が骨材のみになっていました。モルタル成分はほとんど、ひび割れを通じて流下

○変わった損傷



高欄の柱が丸くなり、
場所によっては割れて
いる。

柱に水が溜まり冬場に
凍りその繰り返りで四
角断面が、丸くなり最
後には破断



2016/06/25

ご清聴ありがとうございました



2016/06/25