

平成24年度  
高知県コンクリート診断士会  
勉強会

コンクリートひび割れ診断手順の検討

平成24年6月16日

岡林 徹

1

ひび割れに対するフロー  
コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針  
—2009—

\* 基本

「調査→原因推定→評価→判定→補修・補強」

2009年度から評価と判定を分離、補修と補強を合体。

2

# 2003年版と2009年版との変更点

評価:ひび割れに対して3つに分類

評価Ⅰ	乾燥収縮ひび割れなどに適用
評価Ⅱ	中性化・塩害などに適用
評価Ⅲ	複合的劣化などに適用

## 1. 調査から補修・補強に至る手順

### 1.2 調査から補修・補強に至る手順

調査から補修・補強に至るまでの一般的な手順は図-1.2.1によることとする。

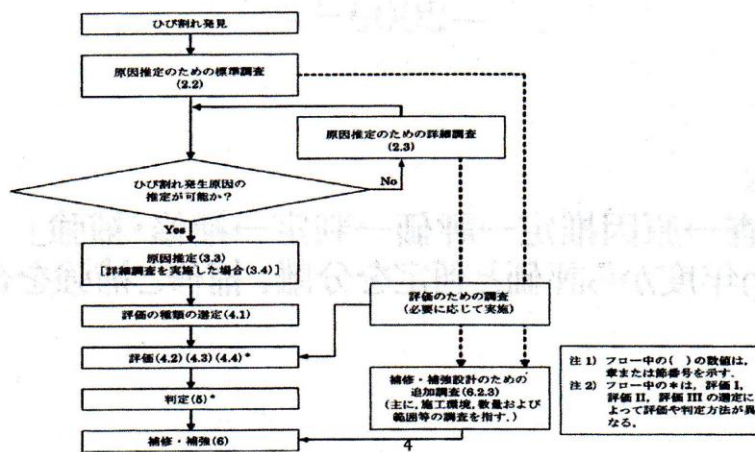


図-1.2.1 ひび割れの調査から補修・補強に至るまでの手順

## 調査

- \* 目的:ひび割れの原因推定  
評価、補修・補強の選定のための情報収集

- 標準調査  
必ず行う基本的な調査(資料調査・外観調査)
- 詳細調査  
標準調査では原因推定が困難な場合に行う

5

## 原因推定

- \* 目的:ひび割れの補修・補強の要否の判定と補修・補強方法の選定を適切に実施するために行う。
- \* 原因の推定方法
  - 標準調査に基づいて判断することを前提
  - 標準調査で推定が困難な場合は、詳細調査で原因推定を行う

6

# ひび割れの発生原因

ひび割れ発生の原因			
大分類	中分類	小分類	番号 原因
A 材 料	使用材料	セメント	A1 セメントの異常凝結
			2 セメントの水和熱
			3 セメントの異常膨張
			4 骨材に含まれている泥分
			5 低品質な骨材
			6 反応性骨材
	コンクリート		7 コンクリート中の塩化物
			8 コンクリートの沈下・ブリーディング
			9 コンクリートの乾燥収縮
B 施 工	コンクリート	B1 練り混ぜ	
		2 長時間の練り混ぜ	
		3 ポンプ圧送時の配合の変更	
		4 不適当な打込み順序	
		5 急激な打込み	
		6 不十分な締固め	
		7 硬化前の振動や載荷	
		8 初期養生中の急激な乾燥	
		9 初期減速	
		10 不適当な打継ぎ処理	
	鉄筋		11 配筋の乱れ
			12 かぶり厚きの不足
	型わく	型わく	13 型わくのほろみ
			14 漏水(型わくからの、踏壁への)
			15 型わくの早期除去
16 支保工の沈下			
C1 露点温度・湿度の変化			
C 使用・ 環境	物理的	2 部材両面の温度・湿度差	
		3 凍結融解の繰返し	
		4 火災	
		5 表面加熱	
		6 酸・塩類の化学作用	
D 構造・ 外力	化学的	7 中性化による内部鉄筋の錆	
		8 塩・硫酸化物による内部鉄筋の錆	
		D1 設計荷重以内の永久荷重・長期荷重	
		2 設計荷重を超える永久荷重・長期荷重	
		3 設計荷重以内の動的荷重・短期荷重	
4 設計荷重を超える動的荷重・短期荷重			
5 断面・鉄筋量不足			
6 構造物の不同沈下			
7 塵土			
E その他			7 その他

7

# 評価

- \* ひび割れ評価の種類
- \* ①評価Ⅰ(乾燥収縮ひび割れなどに適用)
- \* ②評価Ⅱ(中性化・塩害などに適用)
- \* ③評価Ⅲ(複合的劣化などに適用)
- \* ④その他:表-4.1.1 ひび割れの原因と評価の種類による

8

## 補修・補強の要否の判定

- \* ひび割れの評価結果に基づいて、オーナーが評価を行う  
オーナーによる期待延命期間、構造物の社会的重要度、経済性の観点を考慮する。

9

## 補修・補強

- \* 評価に基づく判定結果から、推定原因などを考慮して、最も適した計画並びに方法による補修・補強を行う。
- \* 補修・補強は専門技術者が実施することを原則とする。

10

## ひび割れ調査報告書作成方法(案)

- \* 構造物 砂防堰堤
- \* 環境条件 山岳部
- \* コンクリート打設時期:冬季

11

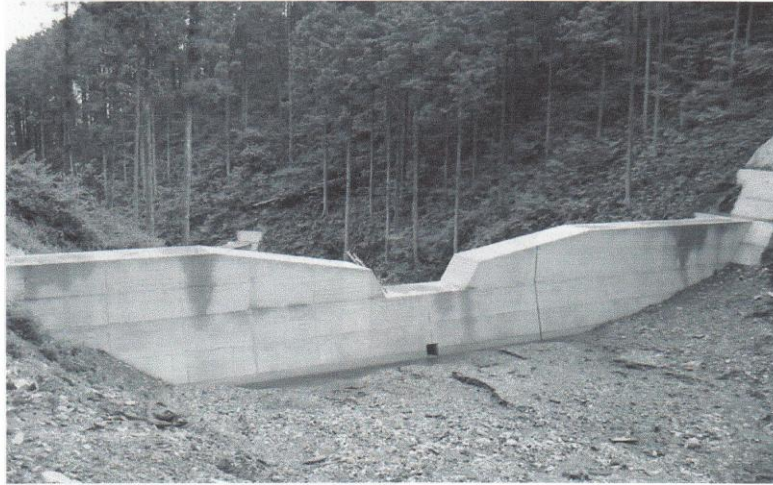
### 標準調査

#### 現況調査(構造物の外観調査)

- a.ひび割れの現状の調査  
幅、長さ、総延長、発生位置、範囲、発生パターン、貫通、段差の有無など
- b.ひび割れ以外の調査  
コンクリート及び仕上げ材の剥離・剥落、豆板、ポップアウト、エフロレッセンスの有無、乾燥の状態など
- c.ひび割れに伴う不具合の調査  
漏水、鉄筋のさび、部材のたわみ、変色、その他
- d.異常感、振動の調査  
車両走行、人の歩行時など

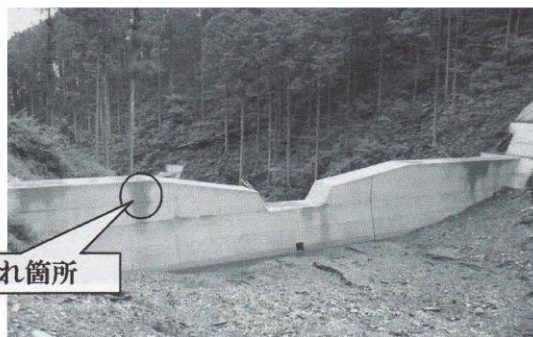
12

## 標準調査（現況調査）



13

## 標準調査（現況調査）



ひび割れ箇所

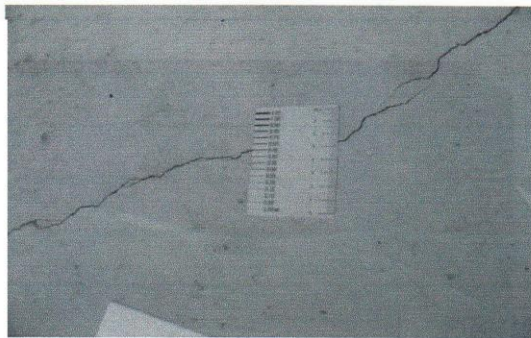
14

## 現況調査



15

## 現況調査



16



## 現況調査のまとめ

### a. ひび割れの現況調査

- \* 天端に端を發し既設構造物(先行して作られた箇所)の隅角部までひび割れが達している。
- \* ひび割れ長さ:天端全幅(1.5m)、両側面(1.1m)
- \* ひび割れ幅0.5mm
- \* 貫通の有無は不明

b. ひび割れ以外の調査(剝離、ポップアウト等):認められず

c. ひび割れに伴う不具合:認められず

d. 異常感・振動:認められず

## 資料調査

a. 設計図書の調査(設計図等)

b. 施工記録の調査(使用材料、コンクリートの配合、打込み・養生方法、工程・管理記録データ、コンクリート打込み時の環境条件等)

c. 過去の調査及び補修記録の調査

d. 使用時の荷重条件の調査

e. 気象・海象条件の調査(温度、湿度、風向、風速など)

f. 立地条件の調査(海岸からの距離、凍結防止剤等の散布の有無など)

g. 地盤条件の調査

## 資料調査のまとめ

### a.設計図書の調査

マッシブな構造体であり、マスコンクリート対策が必要

### b.施工記録の調査

・打設時期が冬季である。寒中コンクリート対策が必要

・コンクリートの配合:21-8-40BB SL=7.0cm air=3.9%

$$\sigma_{28}=30.7\text{N/mm}^2$$

### c.過去の調査

・ひび割れ部のコンクリート打設日は1月中旬、ひび割れ発見は3月上旬である。(脱型時のひび割れは確認できなかった)

・ひび割れ部に隣接している構造物のコンクリート打設日は、ひび割れ部の打設より1か月程度である。

19

## ひび割れ幅の変動

場所	左岸天端インクラ部	
ひび割れ幅(mm)	測定日	測定者
0.2	3月上旬	建設会社
0.2	3月中旬	建設会社
0.2	3月下旬	建設会社
0.2	5月上旬	建設会社
0.5	6月	診断士

20

## 資料調査のまとめ

d.使用時の荷重条件:特になし

e.気象、海象の調査

・コンクリート打設時期が12月～1月であり、低温である。

・日照条件は、1日に2時間程度

・平均風速1.2m/s西南西の風

f.立地条件:山岳部

g.地盤条件の調査:特になし

21

## 原因推定 (手順-1)

\* コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2009-  
3. 3標準調査に基づく原因推定の手順に従う

a.ひび割れの分類

(i)原因のおおよその判別(表-3.1を用いて行う)

①材料(A) ②施工(B) ③使用環境(C) ④構造・外力(D)

22

## 原因推定 (手順-2)

(ii) パターンの分類(解説表-3.1を用いて行う)

①発生時期(数時間~1日, 数日, 数10日以上)

②規則性(有, 無)

ひび割れの方向性、間隔が一定かを観察し原因を絞り込む

③形態(網目状, 表層, 貫通)

23

## 原因推定 (手順-3)

(iii) 変形の種類による分類(参考図-3.2.1~参考図-3.2.6を踏まえ、解説表-3.3.2を用いて行う)

①コンクリートの変形要因(収縮性、膨張性、沈下・曲げ・せん断)

②ひび割れに関する範囲(材料、部材、構造体)

ひび割れを生じさせたコンクリートの変形挙動を探る

24

## 原因推定 (手順－4)

(iv)その他の分類(解説表-3.3.3および解説表-3.3.4を用いて行う)

①配(調)合 ②打込み時の気象条件(高温、低温、低湿)

コンクリートの配合の基本的な目安と打込み温度により、ひび割れ原因の絞り込みを行う

25

## 原因推定 (手順－5)

b.ひび割れ主原因の推定

Aの(i)～(iv)の各分類から、共通の原因が検出された場合は、その原因がひび割れの主原因と推定できる。

c.原因が不明な場合

詳細調査を行い、原因を探る

26

## 原因推定

\* 事例を表-3.1, 解説表-3.3.1~4に基づき推定する。

(i) 原因のおおよその推定

現況および資料調査より、A材料、B施工、JC使用環境によるものと推定される。D構造・外力はひび割れ時期等を考慮し除外した。

(ii) パターンの分類

①発生時期:10数日以上

脱型時のひび割れは認められず、ひび割れ発見が打設後3ヶ月程度経過している。

27

## 原因推定

(ii) パターンの分類

②規則性:有

構造物の長手方向に対し直角方向にひび割れが発生している。

③形状:貫通

構造物の上面からつながり、上流および下流側(側面)のひび割れ位置が一致する。

28

## 原因推定

(iii)変形の種類による分類

①コンクリートの変形要因:収縮性

環境、発生時期、発生個所等、ひび割れの挙動を参考図等を考慮して行った。

②ひび割れに関する範囲:材料、部材

発生場所が天端のみ、発生時期が数か月程度。

(iv)その他の分類

①配合:C=350kg/m<sup>3</sup>以下であるため除外

②打ち込み時の気象条件:低温、低湿

打設日の日平均気温4℃以下、湿度60%未満

## 原因推定

調査に基づくひび割れ原因一覧表

分類	推定されるひび割れの原因
i	A,B,C
ii	A7, A9, B2, B3, B4, B10, B11, B12, C1, C2, C7, C8
iii	A1, A2, A4, A9, B1, B2, B3, B8, B14, B15, C1, C2, C3, C4, C5
iv	A4, A8, A9, B8, B9

# 原因推定

## 共通項目

番号	原因
A2	セメントの水和熱
A4	骨材の泥分
A9	コンクリートの乾燥収縮
B2	長時間の練り混ぜ
B3	ポンプ圧送時の配合の変更
B8	初期養生中の急激な乾燥
C1	環境温度・湿度の変化
C2	部材両面の温度・湿度差

31

# 原因推定

## 共通項目

番号	原因	原因の反映
A2	セメントの水和熱	○
A4	骨材の泥分	— JIS工場(生コン)
A9	コンクリートの乾燥収縮	○
B2	長時間の練り混ぜ	— 運搬時間30分程度
B3	ポンプ圧送時の配合の変更	— ポンプは使用していない
B8	初期養生中の急激な乾燥	○
C1	環境温度・湿度の変化	○
C2	部材両面の温度・湿度差	○

以上のことから、セメントの水和熱およびコンクリートの乾燥収縮に起因するものと推測される。

32



## 原因推定 まとめ1

1. 部材厚、施工時期から、マスコンクリート対策および寒中コンクリート対策が必要→施工計画表、聞き取り調査から十分な対策が講じられていた。

ひび割れ形状、発生時期を考慮すると温度ひび割れは除外できる。

2. 型枠脱型からひび割れ発生まで約3ヶ月、ひび割れ形状、環境条件から乾燥収縮ひずみが主原因と推測される。

3. コンクリートの耐久性:配合表より、 $w/c=55\%$ 、 $C=255\text{kg/m}^3$ 、 $w=152\text{kg/m}^3$ 、輝緑岩使用等、耐久性は確保されている。

33

## 原因推定 まとめ2

4. 環境条件:気象データから、当地区の1~3月は少雨時期であり、乾燥状態および風の影響等が作用し、乾燥収縮を助長させたものと推測される。

5. 1日当たりの気温変動は $8^{\circ}\text{C}$ 程度、コンクリートの熱膨張係数は $1^{\circ}\text{C}$ につき、 $7\sim 13\times 10^{-6}$ 程度、従って $0.1\text{mm}$ 程度の変動があったと推測させる。

今回の主原因は、養生終了後の環境条件が想定以上に厳しく、コンクリートの水分の散逸に伴う乾燥収縮と温度差によるひずみが複合したものと推測される。

34

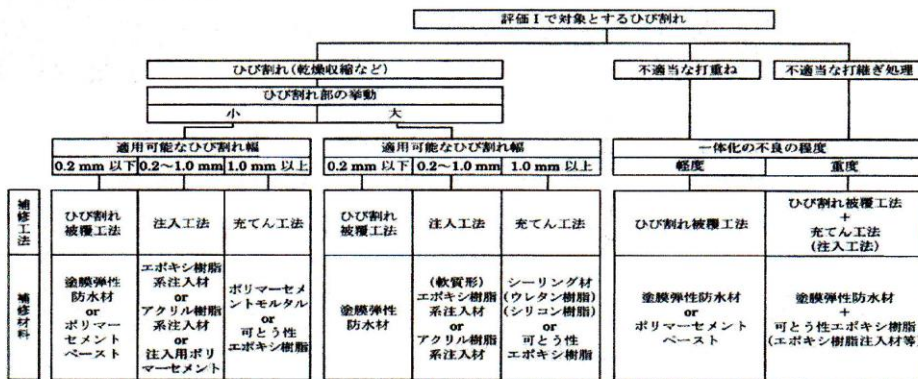
# 判定

判定はオーナーがおこなう。

今回の場合

- ・構造物は無筋であり、ひび割れ幅および変動からも耐久性低下には至らない。
- ・オーナー(発注者):ひび割れ幅に関係なく、補修してほしいとの要請。

# 補修方法



※「評価Iで対象とするひび割れ」とは乾燥収縮や水和熱によるひび割れなど、竣工から数年内には取除すると考えられるひび割れをさす。

解説図-6.2.4 ひび割れの補修工法の選定例

# 報告書作成案

1. タイトル(○×工事堰堤に発生したひび割れについて)
2. 調査目的
3. 構造物の概要(図表等)
4. 標準調査
4. 1資料調査(設計図書、施工計画書、配合表等)
4. 2現況調査(ひび割れ幅測定、聞き取り調査等)
5. 原因推定(ひび割れの分類等、手順書に基づく)
6. 劣化機構
7. 評価(オーナー)
8. 補修・補強選定
9. その他(気象データ、ひび割れ調査表等添付資料)

37

## 乾燥収縮ひび割れの劣化機構 (メカニズム)

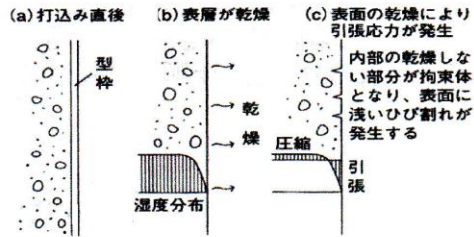
・コンクリート中のセメントの水和反応に必要な水以外の余剰水が、コンクリートから蒸発し、セメントペースト部分が乾燥により収縮すること。



38

## 乾燥収縮ひび割れ (内部拘束)

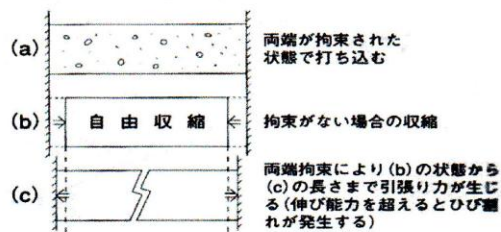
- 乾燥収縮ひび割れは、拘束がなければ生じない
- 内部拘束：構造物の表面から乾燥が進み、内部と外部との収縮差が生じ、結果的に内部が表面の収縮を拘束する。



39

## 乾燥収縮ひび割れ (外部拘束)

外部拘束：新しく打設したコンクリートが既設構造物に拘束を受けることによって生じる



外部拘束による  
ひび割れ発生の概念図

40