

排水門コンクリート打設後に発生したひび割れ調査

大阪営業所
山本 将之

キーワード 排水門 コンクリート 温度ひび割れ 乾燥収縮ひび割れ

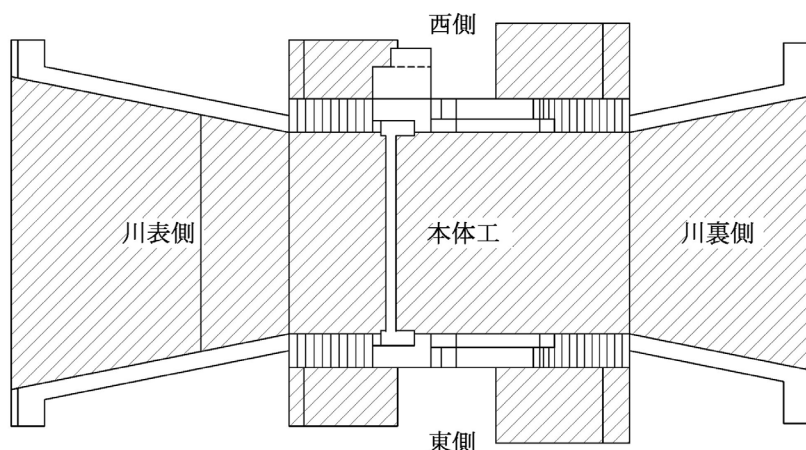
概 要

施工中のコンクリート構造物に温度ひび割れ・乾燥収縮ひび割れやブリージングによる沈下ひび割れが発生すると通常はゼネコンさんが補修要否を判断し補修を実施するが、最近ではたとえ軽微なひび割れでもコンクリート診断士が初期欠陥の発生原因を特定し補修の要否・補修方法の提案をする風潮にある。そこで排水門コンクリート打設後にひび割れが発生した事例を示す。

1. 調査対象



排水門全景



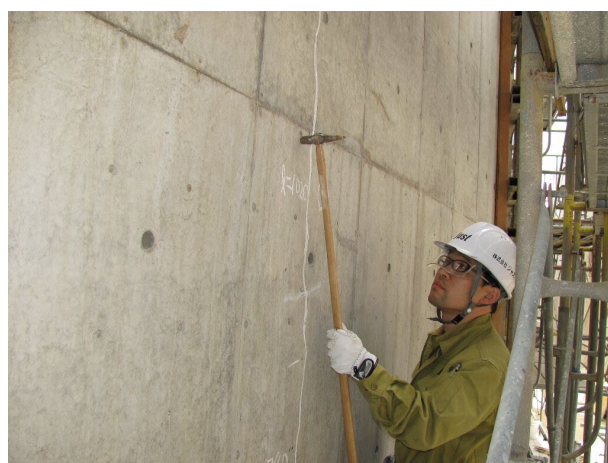
調査位置図

2. 調査・評価方法

- (1) 資料収集：コンクリート打設記録や設計図書などの収集。
- (2) 外観目視調査：クラックスケールやコンベックススケールを使用しひび割れの記録を行う。
- (3) 打音調査：点検ハンマーにより異常音などを検出し記録を行う。
- (4) 鉄筋探査：RCレーダにより鉄筋とひび割れの位置関係を調べる。
- (5) レベル測定：底版のレベル測定を行い不同沈下の有無を調べる。
- (6) 評価：既存資料の調査・現場踏査を元に調査範囲の損傷原因を特定し補修等の対策を提案。



ひび割れ幅計測状況



打音試験状況



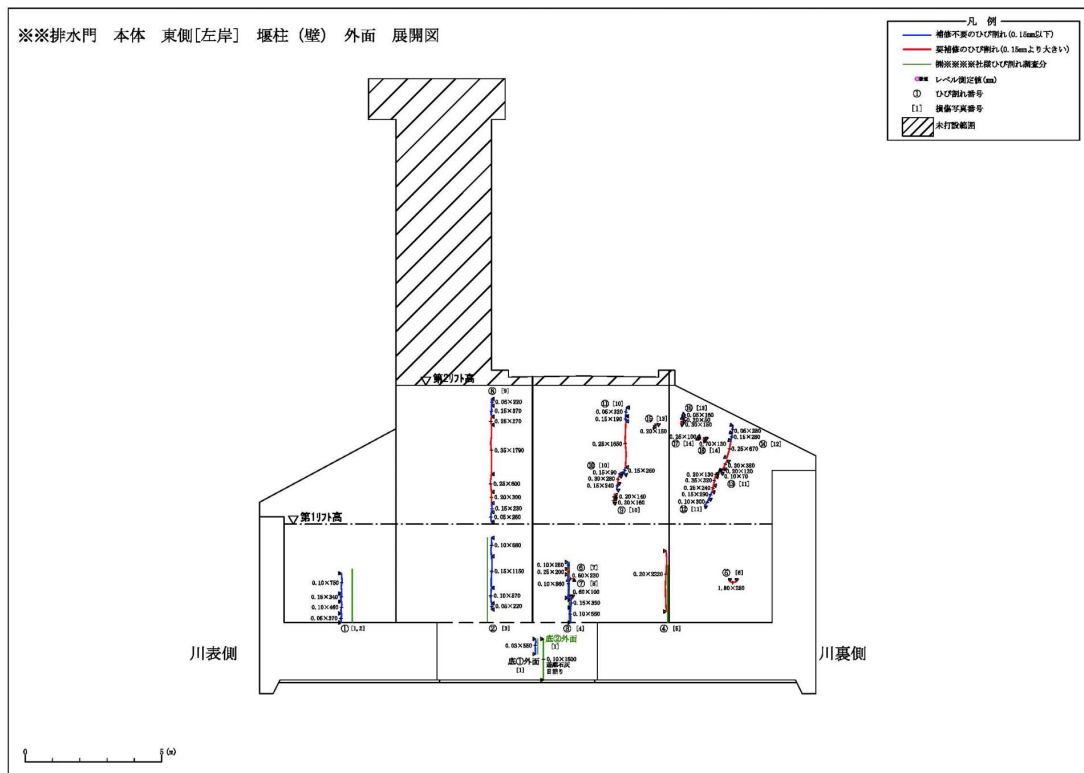
鉄筋探査状況



底版レベル測定状況

3. 調査結果

省略（結果のみを記載）



4. 所見およびまとめ

目視調査の結果、

- ・ 水門本体 底版コンクリートに横断・縦断・鉛直方向のひび割れ
- ・ 水門本体 堰柱(壁)コンクリートに鉛直・水平方向のひび割れ
- ・ 川裏翼壁 底版コンクリートに縦断方向のひび割れ

が確認された。

これらのひび割れ発生原因として

- ・ 鉄筋被り不足によるひび割れ
- ・ 上載荷重や土圧など外力によるひび割れ
- ・ 地盤の不同沈下によるひび割れ
- ・ セメントの水和熱でコンクリート内部温度が上昇して部材が膨張しその後の放熱によって収縮する際に入る温度ひび割れ
- ・ 硬化中や硬化後のコンクリート表面から水分が蒸発しコンクリートが自然に収縮して入る乾燥収縮ひび割れ
- ・ ブリーディングによる水の上昇によりコンクリートが沈下しこの沈下が型枠保持材（セパレーターコーン）などで拘束されることによって生じる沈下ひび割れ

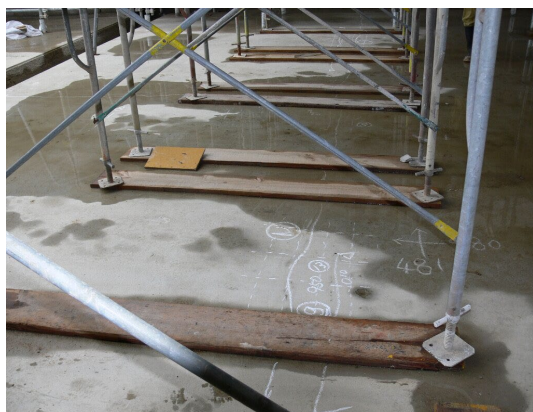
などが考えられる。

なお中性化や塩害、アルカリ骨材反応などによるひび割れについては打設より経過日数が浅いことより考えられない。

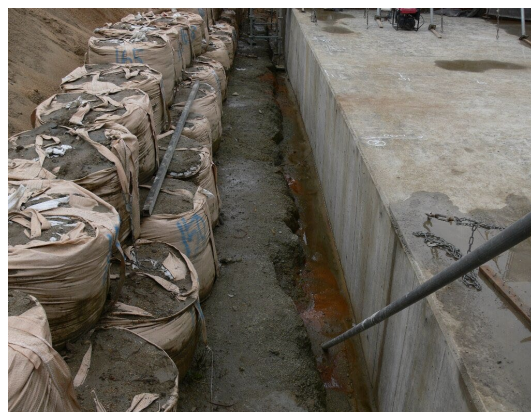
まず鉄筋探査機により配筋調査を行った結果、十分な鉄筋被りが確保されていたことより被り不足によるひび割れではないと考える。

水門本体 底版コンクリートのひび割れについては堰柱(壁)背面に埋戻しが施されていないこと底版でのレベル測定結果および岩着とのヒアリング結果より外力および不同沈下によるひび割れではないと考える。

川裏翼壁 底版コンクリートのひび割れについても側壁コンクリート打設中であつたこと岩着とのヒアリング結果より外力および不同沈下によるひび割れではないと考える。



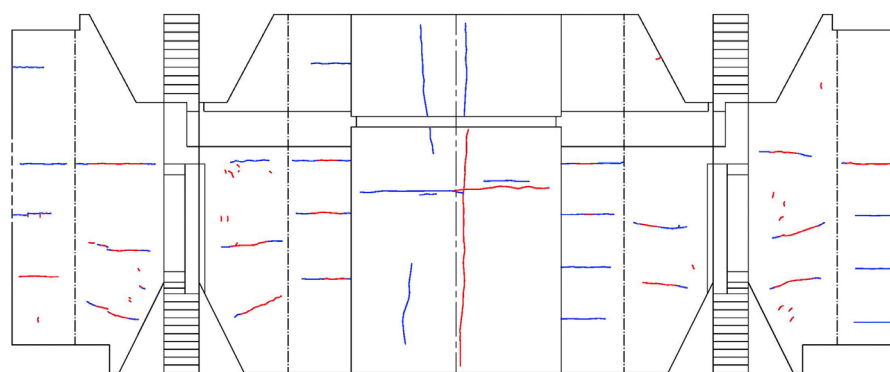
本体底版ひび割れ



底版岩着状況

水門本体 堰柱(壁)コンクリートの鉛直方向ひび割れについては、第1リフトコンクリートは底版から上方向に、第2リフトコンクリートも第1リフトとの打ち継目から上方向に発生し上部になるほど細く収束しほぼ等間隔に方向性をもって分布し内外面でおおよそ同じ位置に発生していたこと、コンクリート打設後3～6週間程度でひび割れが発生したことより第1リフトコンクリートは底版、第2リフトコンクリートは第1リフトの外部拘束により発生した温度ひび割れと推測しさらに貫通しているものとする。

しかし同じような時期に発生することが多い乾燥収縮ひび割れとも推測されることや温度ひび割れ発生後に乾燥収縮ひび割れも並行して進展することもあるため温度ひび割れもしくは乾燥収縮ひび割れとして扱い、ひび割れ深さについても未確認であるため表面ひび割れもしくは貫通ひび割れとする。



水門本体 ひび割れ展開図

また水門本体 堰柱(壁)コンクリートの水平方向ひび割れについては、型枠保持材(セパレーターコーン)近傍で水平方向に発生していることよりコンクリートの沈下ひび割れと考える。



本体壁鉛直方向ひび割れ



本体壁水平方向ひび割れ

よって、いずれのひび割れもコンクリート打設後に発生し数年で成長が止まるため早い時点にひび割れ補修を行えば耐久性低下の問題には対処可能と判断した。

補修の要否に関しては、発生しているいずれのひび割れも「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2009」表-4.2.2 から水位が常時低いと想定し常時水圧作用環境下以外、部材厚 180mm 以上より補修を必要とするひび割れ幅 0.15mm より大きいとなった。

表-4.2.2 防水性・水密性の観点からのひび割れの部材性能への影響

環境条件		常時水圧作用環境下		左記以外	
部材厚 (mm)		180 未満	180 以上	180 未満	180 以上
ひび割れ幅： w (mm)	$0.20 < w$	大	大	大	大
	$0.15 < w \leq 0.20$	大	大	大	中
	$0.05 < w \leq 0.15$	中	中	中	小
	$w \leq 0.05$	小	小	小	小

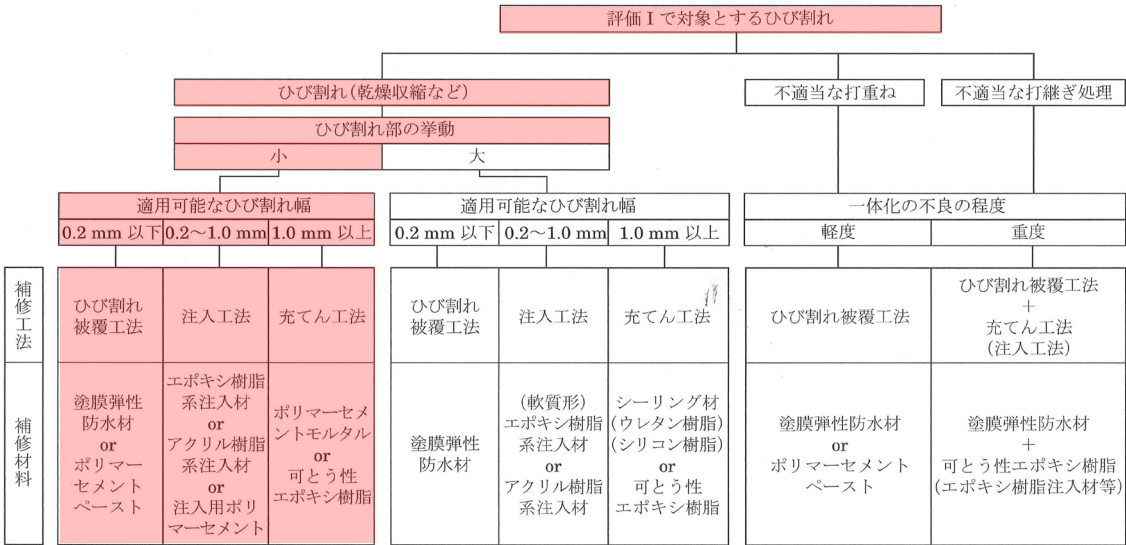
※評価結果「小」、「中」、「大」の意味は下記のとおり。
小：ひび割れが性能低下の原因となっておらず、部材が要求性能を満足する。
中：ひび割れが性能低下の原因となるが、軽微（簡易）な対策により対処が可能。
大：ひび割れによる性能低下が顕著であり、部材が要求性能を満足していない。

損傷図に記載した幅 0.15mm より大きいひび割れを防水性・水密性の観点から要補修と判定する。特に今回は貫通していないであろうひび割れに関しても実際は確認出来ないことよりすべて貫通ひび割れと扱い判定した。

補修方法は、解説図-6.2.4 から

- ・ ひび割れ幅 0.2mm 以下は被覆工法
- ・ ひび割れ幅 0.2～1.0mm は注入工法
- ・ ひび割れ幅 1.0mm 以上は充てん工法

が望ましいとする。

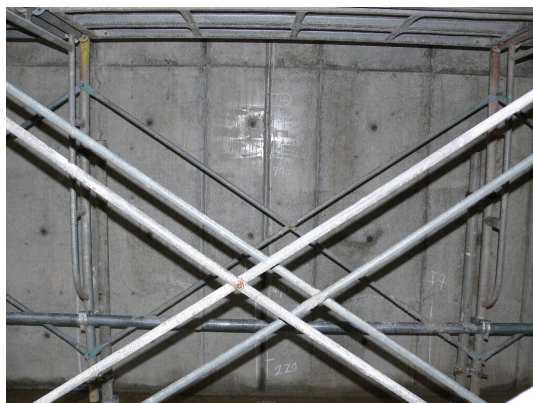


※「評価Ⅰで対象とするひび割れ」とは乾燥収縮や水和熱によるひび割れなど、竣工から数年内には収束すると考えられるひび割れをさす。

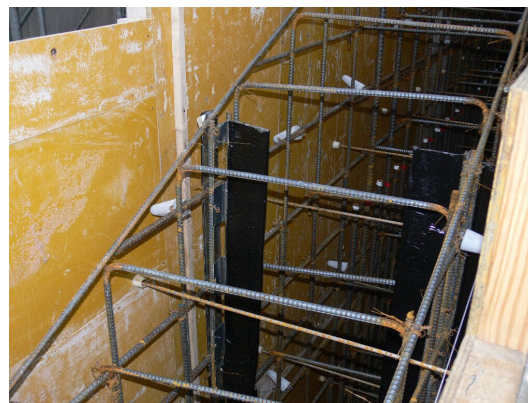
解説図-6.2.4 ひび割れの補修工法の選定例

なお、ひび割れ幅・表面の湿潤や角部など材料の性質や施工性により別途協議した上で被覆工法・注入工法・充てん工法のいずれも可とする。

さらに、ひび割れ誘発目地に発生したひび割れの補修要否に関しても誘発目地材がコンクリートと接着する被覆タイプであるため別途協議とする。



誘発目地に発生したひび割れ



翼壁部の誘発目地材

補修後は、完成検査まで補修部の変化および新規のひび割れ発生有無を観察するものとしその後は通常の定期点検に委ねるものとする。

5. まとめ

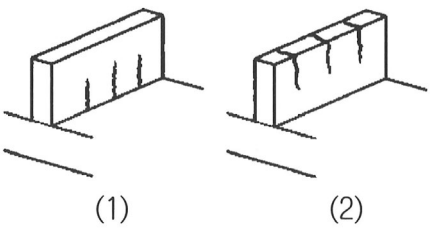
温度ひび割れといっても表面ひび割れの場合は打設後数日以内に、貫通ひび割れの場合は打設後1～2週以降に発生することが多く、特に後者は材齢2～3カ月以降に発生することが多い乾燥収縮ひび割れと発生時期やパターンが近いことより判別しにくくしかも複合で発生している可能性もあるため特定も難しい。

また、セメントの異常凝結によるひび割れ・セメントの異常膨張によるひび割れ・骨材中の粘土鉱物によるひび割れ・沈下によるひび割れ・打継ぎの不適によるひび割れ・初期収縮によるひび割れ・初期凍害によるひび割れなど初期欠陥でも挙げるときりがないです。

特に表面に発生した温度ひび割れ・凍結融解によるひび割れやアルカリシリカ反応によるひび割れは亀甲状に発生することが多いですが、冬季のコンクリート打設時に表面のコンクリートが冷えて内部コンクリートの膨張に追従しきれなくて発生する・コンクリート内部の水分の膨張に耐えかねて発生する・表面に近いコンクリートが中性化してアルカリ骨材反応が終息しているのに対し内部のコンクリートのみが進行し膨張に差が生じて発生すると外観上はよく似ていても発生メカニズムに違いがあります。

そういったことを踏まえてヒアリング・コンクリート打設記録など資料を出来る限り集めたのち損傷図や写真より発生パターンを確認することにより判定間違いなど失敗が減ると思います。

たとえば発生パターンは似ていますが下記の図のようにヒントが見つかるかもしれません。



ちなみに（１）温度ひび割れ、（２）乾燥収縮によるひび割れパターンです。

（１）は、底版の外部拘束があることにより壁コンクリート収縮時にひび割れが発生しています。今回は、コンクリート工学協会発行の「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針２００９」にて判定などを行いました。その中で今さらかもしれませんが再確認の意味でよく使用される表を紹介します。ひび割れ発生の原因は表－３．１に示すように多岐にわたり表－４．１．１のように評価の種類も原因により変わってきます。

表-3.1 ひび割れ発生原因

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		
		骨材	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（アルカリ骨材反応）		
	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		
			10	コンクリートの自己収縮		
B 施工	コンクリート	練混ぜ	B1	混和材料の不均一な分散		
			2	長時間の練混ぜ		
		運搬	3	ポンプ圧送時の配合の不適當な変更		
			4	不適當な打込み順序		
		打込み	5	急速な打込み		
			6	不適當な締固め		
		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		
		養生	9	初期凍害		
			10	不適當な打継ぎ処理		
	打継ぎ					
		鋼材	鋼材配置	11	鋼材の乱れ	
	12			かぶり（厚さ）の不足		
	型枠	型枠	13	型枠のはらみ		
			14	型枠からの漏水		
		支保工	15	型枠の早期除去		
			16	支保工の沈下		
		その他	コールドジョイント	17	不適當な打重ね	
18				グラウト充てん不良		
C 使用環境	熱、水分作用	温度・湿度	C1	環境温度・湿度の変化		
			2	部材両面の温度・湿度の差		
			3	凍結融解の繰返し		
			4	火災		
			5	表面加熱		
	化学作用		6	酸・塩類の化学作用		
			7	中性化による内部鋼材のさび		
			8	塩化物の浸透による内部鋼材のさび		
		D 構造・外力	荷重	長期的な荷重	D1	設計荷重以内の長期的な荷重
					2	設計荷重を超える長期的な荷重
短期的な荷重	3			設計荷重以内の短期的な荷重		
	4			設計荷重を超える短期的な荷重		
構造設計			5	断面・鋼材量不足		
	支持条件	6	構造物の不同沈下			
		7	凍上			
E その他				その他		

表-4.1.1 ひび割れの原因と評価の種類

番号	予測される原因	評価の種類			番号	予測される原因	評価の種類		
		I	II	III			I	II	III
A 1	セメントの異常凝結			○	5	急速な打込み	○		○
2	セメントの水和熱	○		○	6	不適當な締固め	○		○
3	セメントの異常膨張			○	7	硬化前の振動や載荷			○
4	骨材に含まれている泥分	○		○	8	初期養生中の急激な乾燥	○		○
5	低品質な骨材		○	○	9	初期凍害		○	○
6	反応性骨材		○	○	10	不適當な打継ぎ処理	○		○
7	コンクリート中の塩化物		○	○	11	鋼材の乱れ			○
8	コンクリートの沈下・ブリーディング	○		○	12	かぶり（厚さ）の不足		○	○
9	コンクリートの乾燥収縮	○		○	13	型枠のはらみ	○		○
10	コンクリートの自己収縮	○		○	14	型枠からの漏水	○		○
B 1	混和材料の不均一な分散	○		○	15	型枠の早期除去	○		○
2	長時間の練混ぜ	○		○	16	支保工の沈下	○		○
3	ポンプ圧送時の配合の不適當な変更	○		○	17	不適當な打重ね	○		○
4	不適當な打込み順序	○		○	18	グラウト充てん不良			○
C 1	環境温度・湿度の変化	○		○	D 1	設計荷重以内の長期荷重	○		○
2	部材両面の温度・湿度の差			○	2	設計荷重を超える長期荷重			○
3	凍結融解の繰返し		○	○	3	設計荷重以内の短期荷重	○		○
4	火災			○	4	設計荷重を超える短期荷重			○
5	表面加熱			○	5	断面・鋼材量不足			○
6	酸・塩類の化学作用		○	○	6	構造物の不同沈下			○
7	中性化による鋼材の腐食		○	○	7	凍上			○
8	塩化物の浸透による鋼材の腐食		○	○					○

※評価の種類は○の付いたものを選定する。予測される原因に対して○が2個付いている場合は、評価Ⅲを行う前に評価Ⅰあるいは評価Ⅱを先に行うものとする。

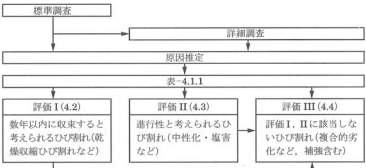


図-4.1.1 評価の手順

例として評価Ⅰ（乾燥収縮などの数年以内に収束すると考えられるひび割れ）の評価方法を示します。表－４．２．１は鋼材腐食の観点からで表－４．２．２は防水性・水密性の観点からの評価方法です。評価方法もいろいろで分かりにくくなっていますが、これらの表はコンクリート診断技術などさまざまなところに記載されています。

表-4.2.1 鋼材腐食の観点からのひび割れの部材性能への影響

環境条件	塩害・腐食環境下	一般屋外環境下	土中・屋内環境下
ひび割れ幅： w (mm)			
$0.5 < w$	大 (20 年耐久性)	大 (20 年耐久性)	大 (20 年耐久性)
$0.4 < w \leq 0.5$	大 (20 年耐久性)	大 (20 年耐久性)	中 (20 年耐久性)
$0.3 < w \leq 0.4$	大 (20 年耐久性)	中 (20 年耐久性)	小 (20 年耐久性)
$0.2 < w \leq 0.3$	中 (20 年耐久性)	小 (20 年耐久性)	小 (20 年耐久性)
$w \leq 0.2$	小 (20 年耐久性)	小 (20 年耐久性)	小 (20 年耐久性)

※評価結果「小」、「中」、「大」の意味は下記のとおり。
 小：ひび割れが性能低下の原因とならず、部材が要求性能を満足する。
 中：ひび割れが性能低下の原因となるが、軽微（簡易）な対策により対処が可能。
 大：ひび割れによる性能低下が顕著であり、部材が要求性能を満足していない。
 ※※カッコ内の数値は耐久性評価結果を保證できる期間の目安としての年数を示しており、(20 年 耐久性) はひび割れの評価時点から 15～25 年後程度の耐久性評価結果を保證できる期間の目安として設定したものであり、15～25 年の平均をとって示したものである。

表-4.2.2 防水性・水密性の観点からのひび割れの部材性能への影響

環境条件	常時水圧作用環境下		左記以外	
部材厚 (mm)	180 未満	180 以上	180 未満	180 以上
ひび割れ幅： w (mm)				
$0.20 < w$	大	大	大	大
$0.15 < w \leq 0.20$	大	大	大	中
$0.05 < w \leq 0.15$	中	中	中	小
$w \leq 0.05$	小	小	小	小

※評価結果「小」、「中」、「大」の意味は下記のとおり。
 小：ひび割れが性能低下の原因とならず、部材が要求性能を満足する。
 中：ひび割れが性能低下の原因となるが、軽微（簡易）な対策により対処が可能。
 大：ひび割れによる性能低下が顕著であり、部材が要求性能を満足していない。

6. あとがき

ひび割れ調査は非常に簡単で調査業務において登竜門的な基本中の基本の調査ですが、目視程度で判断するのは実は難しく・重大な欠陥を見逃すこともありリスクも高いです。

そのリスクを軽減するためにコンクリート打設記録などの収集やヒアリングを行った上で現地踏査に挑み報告書作成にはひび割れ発生メカニズムや構造を理解した上で「コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針 2009」など示方書を使って発生原因を判定し補修の要否や方法を提案する必要があります。

コンクリートを生き物に例える人もいるように毎回違った形のひび割れと向かい合いどう判断するかは現場を積み重ねるほど奥が深いと感じます。

今回は、初心に帰り気持ちを引き締めるために技報の趣旨とは少し違うかもしれませんが、あえて技報にいたしました。

また、ジャストにはいろいろな部署があり隣の部署が何をしているか何が出来るか意外と知らない人もいらっしゃるかもしれません。

しょうもない技報と笑ってやってください。

