



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

張出し施工プレストレスト コンクリート橋のひび割れ調査報告



鹿島建設(株) 土木営業本部
宇津木 一 弘

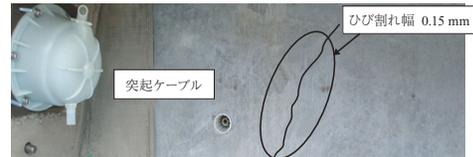


写真 - 1 タイプ② ひび割れの発生状況

1. はじめに

張出し架設工法にて施工したプレストレストコンクリート橋の主桁に発生したひび割れについて、ひび割れ発生時の調査および追跡調査を実施して、ひび割れの発生原因を推定するとともに、補修方法の提案および補修を実施した。調査対象橋梁は、3径間連続プレストレストコンクリート1室箱桁橋で移動式作業車による場所打ち張出し架設工法により施工を行った。PC鋼材は、ウェブ内およびウェブ定着突起に配置し、ブロック施工の進捗に合わせて緊張を実施した。使用鋼材は、12S15.2Bをウェブ片側あたりウェブ内に5本、定着突起に1～2本緊張となっている。

2. ひび割れの発生状況および原因の推定

2.1 ひび割れの発生状況

主桁に発生しているひび割れについて、ひび割れの発生場所および発生状況を踏まえて、表 - 1 に示すように分類した。なお、最大ひび割れ幅の欄には、ひび割れ幅の進展を記述している。各タイプのひび割れ発生状況を図 - 1、写真 - 1 に示す。

表 - 1 ひび割れのタイプ

タイプ	発生場所	最大ひび割れ幅(mm)
① 主桁ウェブ内側ひび割れ	主桁ウェブ内側	0.2 → 0.15
② 定着突起背面ひび割れ	ケーブル定着突起背面	0.15 → 0.1

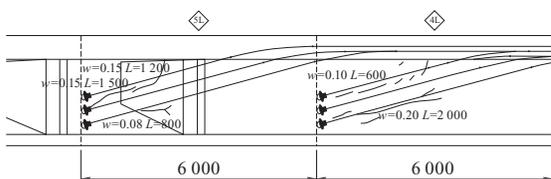


図 - 1 タイプ① ひび割れの発生状況

2.2 ひび割れ発生原因の推定

発生しているひび割れの状況に応じて、FEM解析または温度応力解析を実施してひび割れ発生原因の推定を行った。

FEM解析の例を図 - 2、発生原因の推定結果を表 - 2 に示す。

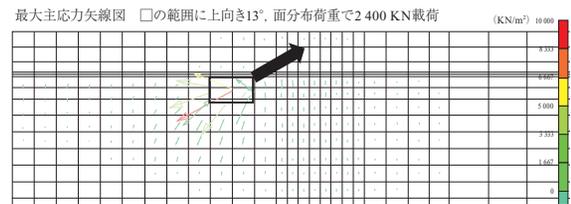


図 - 2 PC鋼材定着部FEM解析の例

表 - 2 ひび割れ発生原因の推定結果

タイプ	発生状況	発生原因	進展状況
①	ブロック端で緊張する鋼材に沿ったひび割れ	主ケーブル5本緊張による引張応力の発生	ひび割れ幅減少
②	定着突起背面に縦方向のひび割れ	突起ケーブル緊張による背面引張応力の発生	あとプレストレス導入によりひび割れ幅減少

3. 補修方法の提案

張出し施工時の主桁に発生したひび割れについて解析的な検討を含めて発生原因の推定を行った。ひび割れの原因としては、外力によるものとコンクリートの収縮によるものに大別されると考えられた。

プレストレス等の外力によって発生したひび割れについては、詳細設計および施工時の検討にてコンクリートに発生する引張応力に対して鉄筋を配置して構造的に問題とならないように、ひび割れ幅が0.2 mm以下に補強されている。

収縮および拘束により発生したと思われるひび割れについては局所的あるいは表面等の部分的な範囲に収まっており、その程度も0.2 mm以下となっている。収縮および拘

○ コンクリート構造診断士レポート ○

束により発生したと思われるひび割れについては、収縮が収まるまである程度の進展は避けられないものと考えた。

いずれの場合にしても、進展がある程度収まった段階で中性化等の劣化因子の進入に対して防護する目的で、ひび割れ幅の大きさに応じて、ひび割れ注入や表面被覆の処理を施すのが望ましいと判定した。

本橋にて、実施したひび割れの補修方法について、補修基準および補修の考え方を以下に述べる。

3.1 補修基準

(1) 「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」による検討

日本コンクリート工学協会（以下、JCI）の指針におけるひび割れ幅の限度¹⁾を表-3に示す。補修を対象とするひび割れの選定については、当該構造物の使用条件は防水性がとくに要求されていないことから、耐久性の観点から検討を行った。

環境条件は現地が山岳部に位置し、現時点では鉄筋の腐食は認められていないことから「中間」に該当する。そのほかの要因は、耐久性上の観点から「大」とする。これより、補修を必要とするひび割れ幅は0.4 mmとなる。また、補修を必要としないひび割れ幅は0.2 mm以下となる。

表-3 JCI指針による補修ひび割れ幅

その他の要因(1) 区分	環境(2)	耐久性からみた場合			防水性から みた場合
		きびしい	中間	穏やか	—
(A) 補修を必要とする ひび割れ幅 (mm)	大	0.4 以上	0.4 以上	0.6 以上	0.2 以上
	中	0.4 以上	0.6 以上	0.8 以上	0.2 以上
	小	0.6 以上	0.8 以上	1.0 以上	0.2 以上
(B) 補修を必要としない ひび割れ幅 (mm)	大	0.1 以下	0.2 以下	0.2 以下	0.05 以下
	中	0.1 以下	0.2 以下	0.3 以下	0.05 以下
	小	0.2 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.05 以下

(注) 1) その他の要因(大・中・小)とは、コンクリート構造物の耐久性および防水性に及ぼす有害性の程度を示し、下記の要因の影響を統合して定める。
ひび割れの深さ・パターン、かぶりの厚さ、コンクリート表面被覆の有無、材料・配(調)合、打継ぎなど。
2) 主として鉄筋の錆の発生状況の観点からみた環境条件。

(2) 「コンクリート標準示方書」による検討

土木学会コンクリート標準示方書における鋼材の腐食に対する許容ひび割れ幅の限界値²⁾を表-4に示す。環境区分は一般の環境（塩化物イオンが飛来しない通常の屋外の場合、土中の場合など）とし、許容ひび割れ幅を算出すると、 $W_a = 0.005c$ (c :かぶり45 mm) = 0.225 mmとなる。

表-4 RC標準示方書による補修ひび割れ幅

鋼材の種類	鋼材の腐食に対する環境条件		
	一般の環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
異形鉄筋・普通丸鋼	0.005c	0.004c	0.0035c
PC鋼材	0.004c	—	—

したがって、上記の検討から補修を必要としない許容ひび割れ幅0.2 mm (JCI) < 0.225 mm (土木学会) となることから、補修の対象とするひび割れ幅は0.2 mm以上とした。

3.2 補修方法

JCIのコンクリート診断技術'02 [基礎編]³⁾における

ひび割れ補修工法の分類を表-5に示す。この表によると、補修工法はひび割れ幅に応じて、ひび割れ幅が0.2 mmより大きいものは注入工法もしくは充填工法、0.2 mm以下は表面被覆工法が適している。

表-5 JCI診断技術による補修工法の分類

補修目的	ひび割れの現象・原因	ひび割れ幅*1 (mm)	補修工法*2					
			表面処理工法	注入工法	充填工法	その他の工法 浸透性防水剤の塗布工法 その他		
防水性	鉄筋が腐食していない場合	ひび割れ幅の変動 小	0.2 以下	○	△	○	○	
			0.2-1	△	○	○		
		ひび割れ幅の変動 大	0.2 以下	△	△		○	
耐久性	鉄筋が腐食していない場合	ひび割れ幅の変動 小	0.2 以下	○	△	△		
			0.2-1	△	○	○		
			1 以上		△	△		
		ひび割れ幅の変動 大	0.2-1	△	△	△		
			0.2-1	△	○	○		
			1 以上		△	○		
	鉄筋腐食	—				○		
	塩害	—					●	
	反応性骨材	—					●	

(注) *1 ひび割れ幅3.0 mm以上のひび割れは、構造的な欠陥を伴うことが多いので、ここで表示している補修工法だけでなく、構造耐力の補強を含めて実施されるのが普通である。

*2 ○印: 適当と考えられる工法
△印: 条件によっては適当と考えられる工法
●印: 研究段階の工法。

上記のように、補修の対象となるひび割れ幅は0.2 mm以上となるが、今後の供用に際して、ひび割れから雨水や二酸化炭素などの劣化因子が侵入し、長期的に劣化現象（鉄筋の腐食等）を引き起こす可能性が否定できないことから、ひび割れ幅が0.1 mm以上のひび割れについては低圧注入工法によりアクリル樹脂系の補修材の充填を行い、0.1 mm未満のひび割れについてはコンクリート改質材を塗布した。

3.3 補修時期

補修の実施時期については、劣化因子の進入を早期に防ぐことが望ましいことから、構造系の変化による主桁応力度の変動がなくなる仮固定解放後、すみやかに実施することとした。

4. おわりに

張出し架設工法により施工する場合は、施工途中の応力状態が、完成時と異なる状態となる。たとえば、連結ケーブル緊張前の定着体の局部応力や施工機械の反力による応力集中など。施工途中の応力状態に合せたひび割れに対する補強の検討が必要となる。また、ひび割れの補修時期についても応力状態の変化に合せて、最適な補修時期を見極める必要があると考える。

参考文献

- (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2003-, pp.61
- 土木学会：コンクリート標準示方書設計編 pp.112-113, 2007.
- (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'02 [基礎編], pp.236

[2014年6月16日受付]