

弾性波モニタリング手法による PC 鋼材の破断検知に関する検証実験

日本道路公団 正会員 ○横山 和昭
日本道路公団 正会員 紫桃 孝一郎

日本道路公団 正会員 長田 光司
(社)PC 技術協会 正会員 二井谷 教治

1. はじめに

環境に対する適切な配慮がなされた設計が行われ、十分な品質管理のもとで施工が行われた場合、PC 橋は耐久性の高い構造物であり、わが国では多数の PC 橋が建設されている。しかし、塩害等の環境条件の影響により、PC 鋼材が腐食し破断することも危惧される。PC 鋼材の破断は、PC 橋の耐荷力に大きな影響を与えることになるが、一般の目視点検では発見し難いため、定量的なモニタリングが必要である。定量的なモニタリング手法には、応力を測定する方法と PC 鋼材の破断により発生する弾性波を測定する方法等があるが、本研究では、AE センサーや加速度計等を用いた弾性波モニタリングに着目し、実橋での検証実験を行い、その適用性について検討を行った。

2. 実験概要

本実験は、供用中の橋梁において、交通騒音を主体とする背景雑音（以下、暗騒音）の中で PC 鋼材の破断が検出可能であることを確認することを主目的とし、さらに、その検出精度についても検証することとした。そこで、AE センサーや加速度計を配置した対象橋梁に、図-1 に示す供試体を取付け、電食による腐食促進方法によって供試体に配置した PC 鋼材を切断した。写真-1 に供試体取付け状況を示す。PC 鋼材には、規格引張荷重の約 60% となるように緊張力を与えた。また、グラウトの充填状態は、完全グラウト、アンボンド（グラウトなし）および部分グラウト（切断位置を中心に 500mm グラウトなし）の 3 種類とした。モニタリング時には、センサーを 6~7m 間隔で対象橋梁のウェブを中心に取付け、PC 鋼材破断の検出および発生位置の特定を行った。

また、図-1 に示すように、埋込型ひずみ計およびロードセルにより、コンクリートひずみおよびアンボンド PC 鋼材の緊張力の経時変化を測定した。実験に使用した供試体は type1（長さ 1750mm）および type2（長さ 750mm）の 2 種類で、配置する PC 鋼材径および鋼材本数が異なる。使用した供試体およびモニタリングを実施した橋梁を表-1 に示す。同表に示すように、対象橋梁は東関東自動車道の PC 箱桁および東名高速道路の PCT 桁である。

実験に用いたモニタリングシステムは、表-2 に示す既存の 2 種類のシス

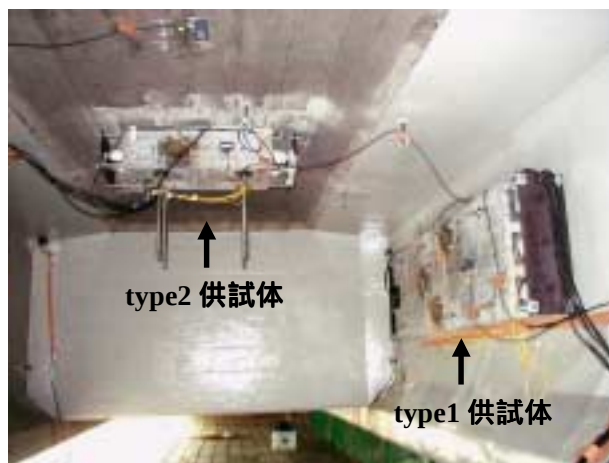


写真-1 供試体取付け状況

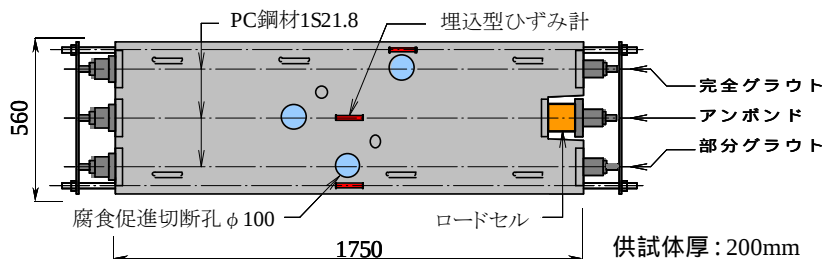


図-1 供試体の概要（type1）

表-1 対象橋梁および使用供試体

対象橋梁	設置方向	使用供試体	PC鋼材	
			種 類	鋼材径
東関東自動車道 S橋(PC箱桁)	橋軸方向	type1	PC鋼より線	1S21.8
	橋軸直角方向			1S21.8
東名高速道路 N橋(PCT桁)	橋軸方向	type1		1S21.8
	橋軸直角方向	type2		1S17.8

キーワード PC 橋，鋼材破断，弾性波モニタリング，AE センサー，加速度計

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 日本道路公団 試験研究所 TEL:042-791-1621

表-2 モニタリングシステムの概要

	システム1	システム2
センサー	30～150kHzブリアンプ内臓AEセンサー	2～20kHz圧電式加速度計
システム	ローカル制御	インターネットによる制御，データ転送
鋼材破断と暗騒音との識別	弾性波の伝播特性，弾性波の特徴，発生位置などから判断	
鋼材破断位置の特定	各センサー間の信号到達時間から推定	

テムである．センサーの周波数帯域および制御方法には違いがあるが，暗騒音と PC 鋼材破断との識別方法や破断位置の特定方法は同様である．

モニタリングは，約 1 ヶ月間実施し，データの収録は無人で継続的に行った．図-1 に示した埋込み型ひずみ計およびロードセルについても 15 分間隔のインターバル計測を行い，経時変化を測定した．

3．実験結果

モニタリング終了後，2 種類のシステムから得られた弾性波データを専門技術者が分析して暗騒音と識別し，PC 鋼材破断の発生時間および破断位置の特定を行った．図-2 に，測定したアンボンド PC 鋼材緊張力の経時変化と両システムにより PC 鋼材破断の発生を特定した時刻と回数を示す．図中の急激な緊張力の低下は，PC 鋼材の素線破断によるものと考えられる．図から明らかなように，緊張力の急激な変化と両システムによる PC 鋼材破断の検知はほぼ整合している．これより，実橋における様々の暗騒音下でも弾性波モニタリング手法により PC 鋼材破断の検出は可能であることが検証できた．

図-3 に供試体ごとの PC 鋼材破断の検出率を示す．

検出率とは，モニタリング終了後に確認された PC 鋼材素線破断本数に対する検出数を表す．S 橋では，橋軸方向供試体および橋軸直角方向供試体とも，検出率は 80%程度であった．N 橋の検出率は，橋軸方向供試体については 90%程度であった．それに対し，橋軸直角方向供試体の検出率は 70%程度であった．これは，N 橋の橋軸直角方向供試体（type2）は PC 鋼材長が短く，また，緊張から試験までの時間があったため，モニタリング時の緊張力が所定の緊張力より小さかったことが影響していると考えられる．これらより，両システムとも，ほとんどの場合の素線破断について検出が可能であったと考えられる．なお，システムおよびグラウト充填状況の違いによる検出率に関しても大きな差異は見られなかった．また，破断位置特定の誤差については，両システムともセンサー間隔の 5%程度であった．

4．まとめ

弾性波モニタリング手法による PC 鋼材の破断検知に関する実験を既設 PC 橋で行った結果，センサーを適切に配置すれば，PC 鋼材の破断が高い精度で検出できることが検証された．今後は，PC 橋の維持管理手法の一つとして，弾性波モニタリング手法の実用化に向けて検討していく予定である．

最後に，本研究の取りまとめにあたっては，「PC 橋のモニタリング技術に関する研究委員会」（委員長：魚本健人教授）の委員の皆様にご多大の助言を賜りました．ここに，謝意を表します．

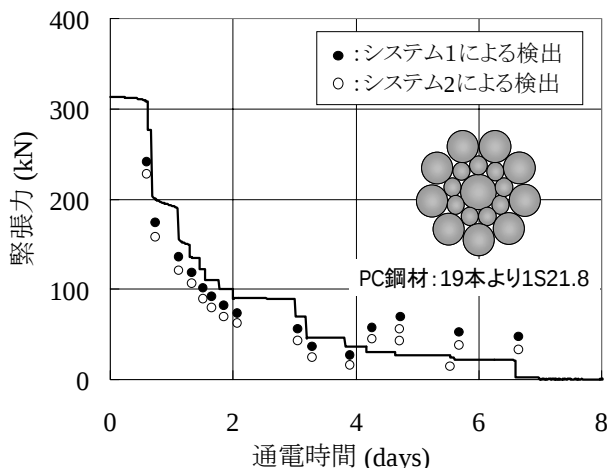


図-2 アンボンド PC 鋼材緊張力の経時変化

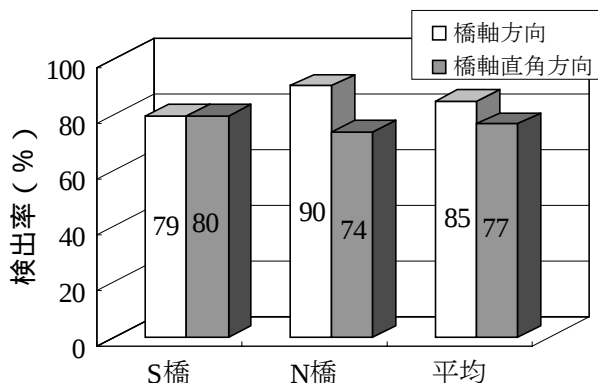


図-3 PC 鋼材破断の検出率