

弾性波調査による ASR 損傷 RC 橋脚の内部劣化の評価

金沢大学大学院 学生員○杉谷真司 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之
(株)国土開発センター 正会員 笹谷輝彦 (株)国際建設技術研究所 正会員 藤原規雄

1.はじめに

現在、ASR 損傷構造物の劣化度調査はコアの採取やはつり調査などの局所的な破壊を伴うものが一般的であるが、このような詳細点検を供用中の RC 橋脚に適用するには限界があり、非破壊的な調査手法の確立が望まれている¹⁾。本研究では、ASR 損傷 RC 橋脚の劣化度調査を目視観察及びはつり調査、コア採取により行うとともに、同時に非破壊診断として弾性波調査を実施し、その適用性を検討することにした。この際に、ASR により劣化が進行したコンクリートでは卓越周波数が低下し、ピークが明確でなくなるという性質を利用し、伝播波形の周波数スペクトルを解析することにより ASR 損傷 RC 橋脚の内部劣化の評価を試みた。

2.調査概要

調査対象橋梁は、供用年数が約 20 年の単純桁を有する RC 橋脚であり、寒冷地域の山間部に位置している。両橋梁には横断勾配が設けてあり、凍結防止剤を含む路面排水が伸縮継手部より橋脚梁部に直接流下していた。目視観察及びはつり調査結果を表 1 に、屋内試験結果を表 2 に示す。屋内試験は橋脚梁部側面より採取した貫通状態のコンクリートコア(Φ55 mm)を用いて圧縮強度、静弾性係数、塩分含有量及び残存膨張量(デンマーク法)の測定を行った。なお、コンクリートコアは劣化の顕著な枕梁の流出側及び比較的劣化の軽微な枕梁の流出反対側(以後、反対側)より採取した。また、屋内試験におけるコアの劣化度を参考にして、RC 橋脚での非破壊検査箇所を決定した。弾性波法は直接透過法として受振波観察方式(振動子共振周波数:40kHz、振動子印加電圧:1.2kV)により行った。

表 1 ASR 損傷橋脚の目視観察及びはつり調査

			目視観察結果	はつり調査結果
A 橋	橋脚	梁	水平方向に卓越したひび割れが発生。流出側端部上面にスケーリングの痕跡。内部への割れの確認。梁全面において変色、亀甲状のひび割れの発生。	流出側端部の腐食顕著。せん断補強筋が上部の隅角部で破断。折り曲げ鉄筋が折り曲げ部に破断。
		柱	軸筋に沿った縦方向のひび割れが発生。	腐食軽微。破断なし。
B 橋	橋脚	梁	水平方向に卓越したひび割れが発生。梁全面において変色、亀甲状のひび割れの発生。	腐食軽微。せん断補強筋が上部の隅角部で破断。
		柱	軸筋に沿った縦方向のひび割れが発生。	腐食軽微。破断無し。

表 2 コンクリートコアの屋内試験結果

			圧縮強度* (N/mm2)	静弾性係数 (kN/mm2)	静弾性係数 /圧縮強度	塩分含有量 (kg/m3)**	残存膨張量(%)***	外観上のグレード ****
A 橋	P1	流出側	18.2	7.8	430	2.93	0.01	Ⅳ
		反対側	17.9	6.1	340	0.78	0.22	Ⅳ
	P2	流出側	23.0	11.1	480	4.99	0.04	Ⅳ
		反対側	27.0	12.2	450	—	0.26	Ⅲ
B 橋		流出側	24.9	11.4	460	1.04	0.05	Ⅳ

*設計基準強度は 24N/mm² **鉄筋位置での含有量 ***デンマーク法(飽和 NaCl 溶液浸漬法)
****コンクリート標準示方書「維持管理編」参照 グレード Ⅰ:潜伏期 Ⅱ:進展期 Ⅲ:加速期 Ⅳ:劣化期

3.RC 橋脚梁部の劣化状況と弾性の波測定結果

RC 橋脚の劣化状況及び弾性波の測定位置を図 1 に示す。橋脚枕梁部において弾性波法を適用した結果、弾性波が透過しない箇所があり、コンクリート内部への割れやそれに伴うコンクリートの顕著な劣化が発生した箇所を特定することができた。また、弾性波速度による比較検討を行ったが、ひび割れ内部における ASR ゲルの充填や含水状態などの影響を受けるため、劣化を明確に把握することはできなかった。このため、コンクリートの内部劣化をより鋭敏に捉えることができると考えられる伝播波形の周波数スペクトルより得られた周波数中央値を評価指標として用いることとした。周波数中央値とは伝播波形を FFT 解析することにより得られた周波数スペクトルの重み付き平均値である。橋脚梁部における周波数中央値の変化を図 2 に示す。弾性波法を適用した場合、両橋脚ともに共振周波数である 40kHz と比較して、周波数が低周波領域に顕著に移行しており、橋脚梁部の全体にて ASR による劣化が進行していることが推察された。A 橋の P1、P2 橋脚では

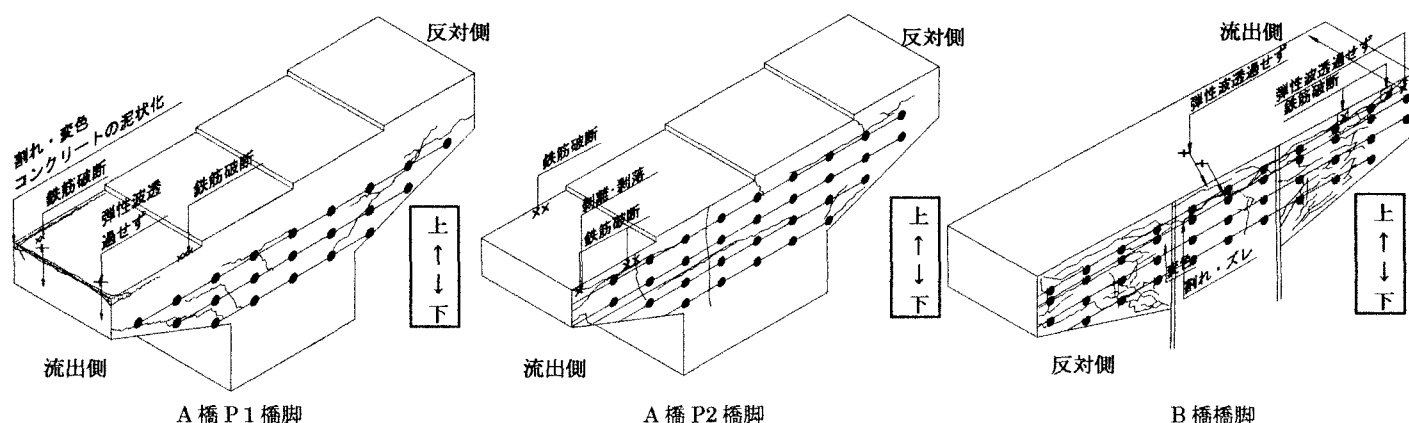


図1 橋脚の劣化状況及び弾性波の測定位置

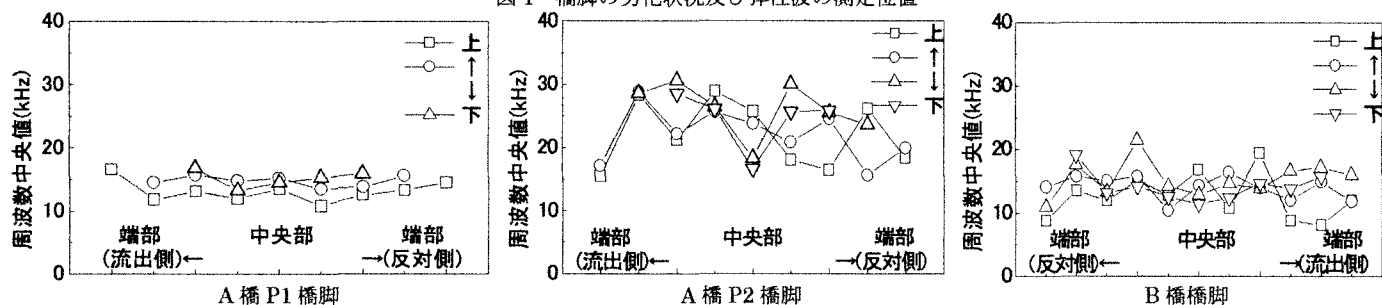


図2 橋脚梁部における周波数中央値の変化

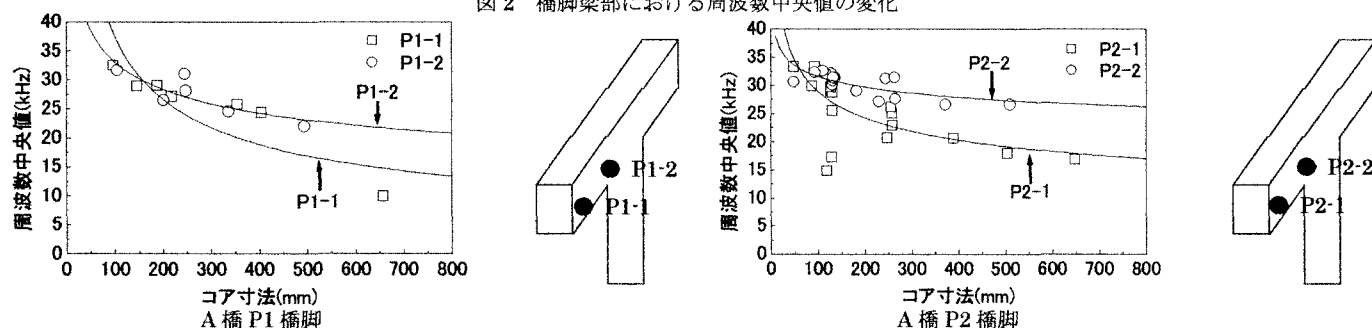


図4 周波数中央値とコア寸法の関係

周波数中央値に相違が認められ、この結果は実際の劣化状況とも一致していた。B橋ではA橋のP1橋脚と同様な値が得られ、梁端部及び中央部ともにコンクリートの内部劣化が進行していることが推察された。RC橋脚の端部と中央部では配筋状況が相違するので、その影響を考慮する必要があるが、劣化が顕著な梁端部の上部で周波数中央値が大きく低下していた。

4. コンクリートコアの弾性波測定結果

周波数中央値とコア寸法の関係を図4に示す。コンクリートコアによる周波数中央値の測定は、橋脚梁部より採取した長さ(厚さ)で測定した後、屋内試験用のコアを切り出す際にコア寸法を変化させて測定を行った。周波数中央値はコア寸法の短い範囲ではばらつきが大きくなるとともに、コア寸法が長くなると測定値が低下する傾向を示した。また、流出側と反対側とのコアの周波数中央値を比較した結果より、各採取箇所での劣化状況との対応が確認され、屋内試験によるコアの強度とも良好な相関関係が認められた。

5. まとめ

ASR 損傷 RC 橋脚に弾性波法を適用した結果、鉄筋破断が発生した箇所では弾性波がまったく透過しない箇所があり、弾性波法により大きな割れが発生した箇所を特定できた。また、劣化が顕著な梁端部の上部では周波数中央値が小さくなっており、周波数中央値により橋脚枕梁部の内部劣化の評価が可能であると推察された。一方、コンクリートコアに弾性波法を適用する際には、コア寸法により周波数中央値が変化することに留意する必要があると推察される。

<参考文献>

1) 葛目 和宏 他: アルカリ骨材反応を生じた構造物に適用する非破壊検査, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム論文報告集, 第2巻, pp.171~178, 2002.10