

衝撃弾性波法による補強コンクリートの付着状況評価に関する基礎実験

伊藤建設 (株) 正会員 岩野 聡史
 (独) 土木研究所 正会員 森濱 和正
 東海大学 正会員 極壇 邦夫
 アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理対策における一手段として、様々な工法による補強が実施されている。補強は部材、構造物の力学的な性能を回復もしくは向上させることを目的とした対策であることから、実際の施工結果がこの目的を満足するものであるかを確認することは重要であり、非破壊検査は有効な手段であると考えられる。そこで、今回はRC巻立てによる耐震補強を行った橋脚を用いて、補強部のコンクリートと既設部のコンクリートとの付着状況の評価について、衝撃弾性波法による適用性を検討する実験を行ったので報告する。

2. 実験した構造物の概要

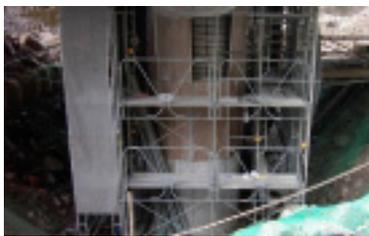


写真1 橋脚全景



写真2 補強部設計厚さ

実験した橋脚を写真1、図1に示す。供用後34年経過した橋脚で、既設部のコンクリートは呼び強度21、粗骨材最大寸法は40mmである。耐震補強は、厚さ250mmのRC巻立てであり、コンクリートは呼び強度24、セメントは高炉セメントB種で、粗骨材最大寸法は20mmである。衝撃弾性波法による測定は17点で行い、7点についてはコア採取により付着状況を目視で確認した。補強部の測定時の材齢は3週である。

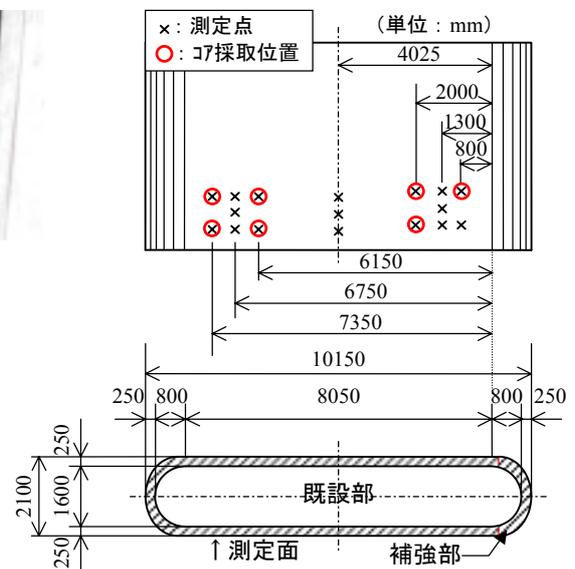


図1 実験対象橋脚（上：正面図，下：平面図）

表1 既設部と補強部の弾性波速度測定結果 (m/s)

	測定位置	6750mm付近		4025mm付近		1300mm付近	
		各測定値	平均値	各測定値	平均値	各測定値	平均値
既設部	上段	4040	4035	/	/	4016	4008
	中段	3940				3895	
	下段	4124				4112	
	全平均値	4021					
補強部	上段	4058	4132	4088	4190	4168	4171
	中段	4064		4202		4151	
	下段	4274		4279		4193	
	全平均値	4164					

3. 測定原理

測定状況を写真3に示す。補強部の表面を鋼球で打撃し、発生する弾性波を近傍に設置した加速度計で受信する。周知の通り、縦弾性波は内部を球面状に伝搬し、音響インピーダンスが異なる材料との境界面で反射するが、ここで、補強前の既設部と補強後の補強部のコンクリート表面で測定した弾性波速度を表1に示す。表1より、補強部の全平均値は4021m/sであるのに対し、既設部では4164m/sと差があり、つまり、両者の音響インピーダンスには差があることが分かる。これから、今回

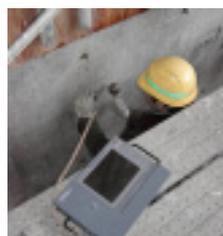


写真3 測定状況

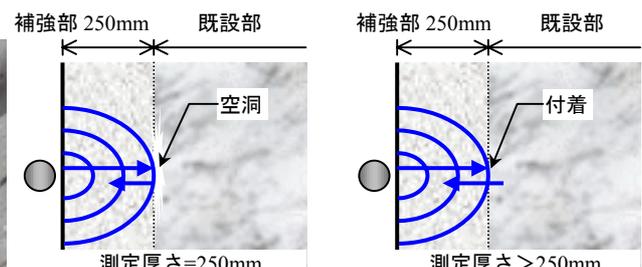


図2 空洞部, 付着部での縦弾性波モード図

キーワード：非破壊検査, 衝撃弾性波法, 耐震補強, 周波数解析, 音響インピーダンス
 連絡先：〒143-0015 東京都大田区大森西 1-19-1 TEL 03-5762-2058 FAX 03-3765-5190 E-mail siwano@itoken.co.jp

の橋脚で補強部から縦弾性波を入力すると、縦弾性波には補強部と既設部の境界面で反射し、その後、表面（打撃面）と両者の境界面で多重反射する成分が存在すると考えられる。

縦弾性波の多重反射により生成される周波数は、入力側の材料と反射面側の材料との音響インピーダンスの比率によって異なる性質がある¹⁾。反射面が空洞と接している場合には、生成される周波数 f_0 は弾性波速度を V_p 、反射面までの深さを D とすると $f_0=V_p/(2\cdot D)\cdots$ （式1）となる。これに対し、反射面が音響インピーダンスを有する材料に密着している場合には、生成される周波数は f_0 よりも低く変化する。従って、測定した周波数と弾性波速度から厚さを測定すると、反射面が空洞と接している場合には、測定厚さは反射面までの深さと一致するが、反射面が材料に密着している場合には、測定厚さは反射面までの深さよりも厚くなる。これから、今回の橋脚のようにRC巻立てにより補強した構造物では、縦弾性波の補強部と既設部の境界面での多重反射により生成される周波数成分から厚さを測定し、この測定厚さと補強部の実際の厚さを比較すれば、補強コンクリートの付着状況の推定が可能であると考えられる。

4. 実験結果

実験結果を表2に示す。全測定点とも測定厚さは補強部の設計厚さ250mmよりも厚くなり、前述の測定原理で言えば、補強部は既設部に付着している傾向となった。しかし、測定厚さは測定点によって340mm～440mmと異なる結果であった。これは、反射面が音響インピーダンスを有する材料に密着している場合には、反射面側の材料の音響インピーダンスが大きいほど周波数の低下量が大きく、測定厚さが厚くなることによるものと考えられる。つまり、本構造物では、測定点によって補強部の付着状況が異なっていると考えられる。そこで、コア採取により補強部の実際の厚さと付着状況を確認した。その結果、横位置7350mm、縦位置1420mmでは、測定厚さと実際の厚さとの比率が1.33と最も低い値になったが、この位置では、コア採取中に補強部と既設部との境界面で剥離が生じ、完全な付着ではなかった。これから、測定厚さが設計厚さ以上であっても完全に付着していない可能性があること、また、測定厚さが厚い方が付着状況は良いと考えられ、測定厚さが付着状況の指標として適用できる可能性があることが示された。

表2 各位置での衝撃弾性波法による測定厚さ(mm)およびコア採取結果

	縦位置 (mm)	横位置(mm)			縦位置 (mm)	横位置(mm)	縦位置 (mm)	横位置(mm)		
		7350	6750	6150				4050	2000	1300
①測定厚さ	1420	350	400	410	1400	440	1550	370	350	360
②コア実測厚さ		263.5	—	263.7		—		253.5	—	253.5
③ ①/②		1.33	—	1.55		—		1.46	—	1.42
④付着状況		▲	—	○		—		○	—	○
①測定厚さ	1000	—	350	—	950	420	1110	—	360	—
②コア実測厚さ		—	—	—		—		—	—	—
③ ①/②		—	—	—		—		—	—	—
④付着状況		—	—	—		—		—	—	—
①測定厚さ	550	440	390	390	500	420	650	350	390	340
②コア実測厚さ		260.4	—	257.5		—		251	—	—
③ ①/②		1.69	—	1.51		—		1.39	—	—
④付着状況		○	—	○		—		○	—	—

※○：既設部のコンクリートで破断、▲：コア採取中に補強部と既設部の境界面で剥離

5. まとめ

補強コンクリートの付着状況の評価に対する、衝撃弾性波法の適用性を検討する実験を行った。その結果、縦弾性波の補強部と既設部の境界面での多重反射により生成される周波数成分から測定した厚さが、付着状況を示す指標となる可能性があることが示された。しかし、今回は付着状況を変化させた実験は行っていないことから、定量的な評価を行う段階までには至らず、今後の課題である。なお、本研究は独立行政法人土木研究所との共同研究で行ったものであり、本書は研究成果の一部である。

参考文献 1) 岩野聡史他: 内部不連続面で多重反射する縦弾性波の振動数について, 第58回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第V部門, pp.791-792, 2003.9