

弾性波トモグラフィによる ASR 劣化コンクリート橋脚の内部損傷評価

京都大学 正会員 ○麻植 久史 塩谷 智基 西田 孝弘 宮川 豊章
(株)新日本コンサルタント 非会員 古野 昌吾

1. 目的

現状、アルカリ総量規制や混和剤の使用、反応性骨材の規制等により、新設構造物における ASR による構造物の劣化は抑制されつつある。一方で、既設構造物については、目視調査やコア試料採取、はつり調査等に基づき、ひび割れの状況、鉍物種類、残存膨張量および鉄筋破断などの調査が実施されている。

上記の ASR の調査は、内部損傷を含めた劣化程度の評価と調査後の劣化進行の予測を行うことを目的として実施されるべきであり、構造物、部材あるいは部位において、対策の要否、対策方法および対策範囲、さらに言えば構造安全性を評価できる調査方法が望ましい。これに関して、目視調査は広範囲の調査が可能であるが、コンクリート内部の劣化状況に関する情報の取得が困難である。一方、コア試料採取やはつり調査では、鉤物種類、残存膨張量および鉄筋破断等の情報が得られるが、構造物の破壊を伴い、かつ一部の限定された部分の情報しか得ることができない。そのため、現状の調査方法の欠点を補完可能な手法が望まれる。ここで、ASR に限らずコンクリートの損傷を伴う劣化現象においては、弾性波速度の変化に着目した検討が行われてきた¹⁾。特に、三次元弾性波トモグラフィ解析²⁾は、コンクリート内部の情報を広範囲に渡って評価可能であり、ASR によるコンクリートの内部損傷評価に有効と考えられる。そこで、本研究では、ASR により劣化したコンクリート橋脚に三次元弾性波トモグラフィを適用して、その結果得られる速度分布からコンクリートの内部損傷を評価することを試みた。

2. 調査概要

対象とした構造物は、コンクリート T 型橋脚である。過去の調査により、これらの橋脚は ASR に起因する膨張およびひび割れが多数存在することが確認されている。また、本橋脚は、過去に表面被覆による対策が実施された形跡があり、多くの箇所ではコンクリートとともに表面被覆材のひび割れが確認された。本研究では、過去の調査や現地における事前調査に基づき、劣化程度が異なると考えられる 2 橋脚を選び、表面ひび割れが多いものを橋脚 A、少ないものを橋脚 B とした。部位は T 型橋脚の上部張出部を対象とした（詳細は図 - 1 参照）。計測には加速度計測システム（WX-7000SYR, 48 ch 仕様, TEAC 社製）および圧電型加速度トランジェンサー（707IS, 3 Hz~12 kHz, TEAC 社製）を使用した。また、弾性波の入力として、 $\phi 30$ mm と $\phi 100$ mm の 2 種類の鋼球で、片面から既知点を 1 点ずつ打撃し、逆面に設置したセンサで受信した（図 - 1）。打点は全 73 点、受信センサは全 39 点であり、間隔はそれぞれ 450 mm, 900 mm とした。

3. コンクリート中の弾性波速度ヒストグラム

図 - 2 に橋脚 A,B において $\phi 30 \text{ mm}$ と $\phi 100 \text{ mm}$ の鋼球を用いた場合に弾性波速度トモグラフィより得られる要素内弾性波速度のヒストグラムを示す。まず、同一直径の鋼球で打撃した場合を比較すると、橋脚 A の方が橋脚 B よりも低速

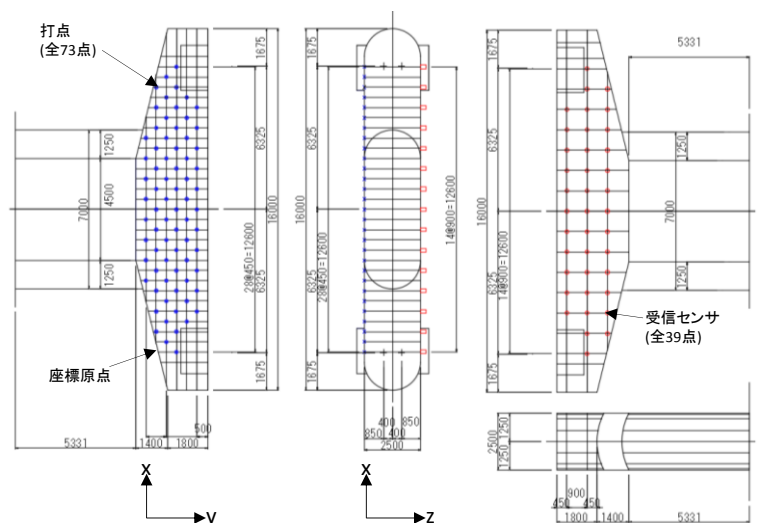


図 - 1 受信センサおよび打点の配置

キーワード：ASR，三次元弾性波トモグラフィ，速度分布，ひび割れ，実構造物

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学Cクラスター 京都大学大学院桂4 C3-b4S16 工学研究科 TEL075-383-3496

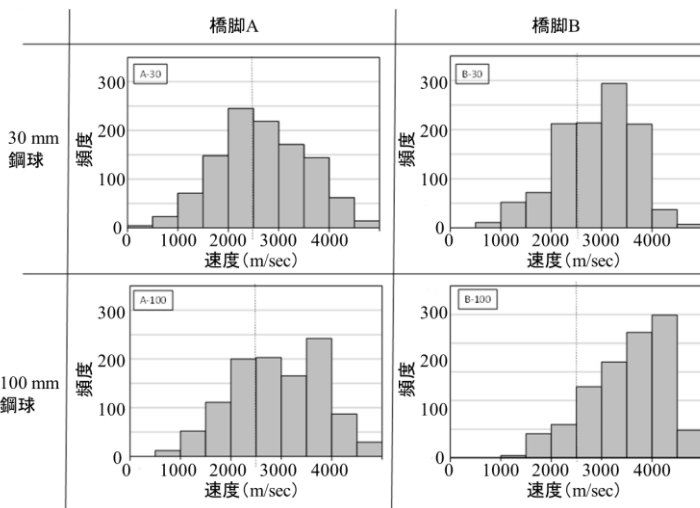


図 - 2 橋脚 A, B における弾性波速度ヒストグラム

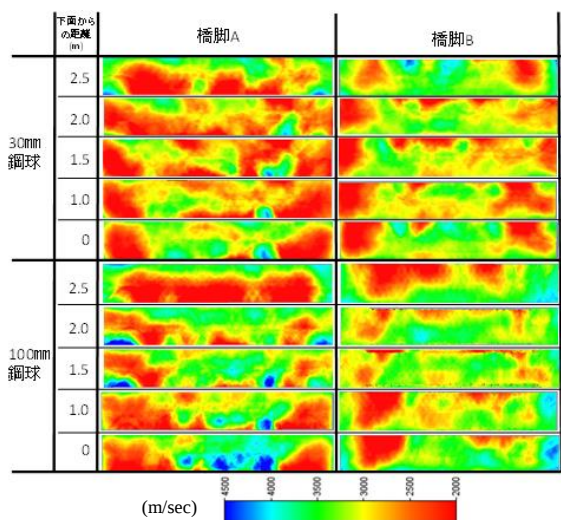


図 - 3 各水平方向断面における速度分布

度領域が多いことが確認される。この結果は、表面ひび割れ状況と整合する。一方、同一橋脚において、鋼球直径の影響に着目すると、小さい鋼球（30 mm）で打撃した方が、大きい鋼球（100 mm）で打撃した場合より、低速度の部位が多いことが伺える。これは、小さい鋼球で打撃した方が波長の短い弾性波を励起させており、より小さいひび割れの発生を検知し速度低下が顕在化したためと推察される。以上の結果から、三次元トモグラフィから得られる弾性波速度は、実際の損傷と整合しており、内部の劣化を適切に評価できると考えられる。

4. 三次元速度分布に基づく ASR による内部損傷評価

弾性波トモグラフィから得られる三次元速度分布に基づいて、対象としたコンクリート橋脚での ASR による内部損傷度評価を試みる。図 - 3 に各水平方向断面における速度分布を示す。まず、30 mm の鋼球で打撃した場合の結果を見ると、橋脚 A に関しては、内部まで低速度領域（赤い領域）が延伸しているのに対し、橋脚 B に関しては低速度領域が概ね表層に限定されていることが確認される。一方、100 mm の鋼球で打撃した場合は、橋脚 A および B 間での低速度領域の面積的な差は確認されるが、いずれも表層付近に限定されており、中心部での速度低下は橋脚 A の 30 mm 鋼球打撃の場合と比較して顕著ではない。すなわち、橋脚 A に関しては、表層では大小の損傷が生じておりそれが比較的小さい損傷として内部へ進展しているのに対し、橋脚 B に関しては、内部での進展の可能性が小さいと推察される。今後、損傷が弾性波速度に及ぼす影響を定量評価し、本研究で用いた三次元弾性波トモグラフィ手法を損傷部位や範囲を的確に評価できる手法としたい。

5. 結論

本研究では、ASR により劣化した実際のコンクリート橋脚（対象範囲：12.6 m×1.8 m×2.5 m）を対象として三次元弾性波トモグラフィ解析を適用し、内部の損傷状況の把握を試みた。これより、異なる波長の弾性波を励起させた三次元弾性波トモグラフィを実施することで、コンクリート内部の損傷の大きさを評価できる可能性が示唆された。また、ASR による劣化程度の異なる実コンクリート橋脚内部の劣化を推定した結果、定性的ではあるが、内部への損傷の延伸および損傷の大きさを推定できた。

参考文献

- 1) P. Rivard and F. Saint-Pierre : Assessing Alkalo-silica Reaction Damage to Concrete with Non-destructive Methods: From the lab to the field, Construction and Building Materials, Vol.23, PP.902-909, 2009.6
- 2) Y. Kobayashi, T. Shiotani, D. G. Aggelis, H. Shiojiri.: Three-Dimensional Seismic Tomography for Existing Concrete Structures, Proceedings of Second International Operational Analysis Conference, Vol. 2, pp. 595-600, 2007