

繊維補強コンクリートの健全性評価への弾性波法の適用性に関する検討

飛島建設 技術研究所 正会員 ○寄川 光博
 飛島建設 技術研究所 正会員 桃木 昌平
 University of Malaya 非会員 蔡 華堅

1. 目的

弾性波法は、伝播速度などの弾性波特性値が調査対象の物性や状態に依存して変化することを利用した非破壊試験手法である。はく落防止やひび割れ抑制などを目的として、繊維補強材を添加したコンクリートにおいて弾性波法を適用する場合には、繊維補強材の物性などが、健全性の指標となる弾性波特性値に影響すると考えられる。本研究では、繊維補強コンクリート梁の耐荷試験に併せて実施した弾性波法による非破壊試験を通じて、繊維補強コンクリートの健全性評価に対する弾性波法の適用性に関して検討した。

2. 試験概要

本研究では、「鋼繊維(φ0.62mm L30mm)で補強」(以後、「鋼繊維補強」と呼ぶ)、「ポリプロピレン繊維(0.5×0.9mm L40mm)で補強」(同、「PP 繊維補強」)および「繊維補強をしない」(同、「繊維無し」)の3体のコンクリート梁試験体に対する一方向四点曲げ荷重载荷の実施前と実施完了後において、弾性波を計測した。供試体の作製に使用したコンクリートは W/C=55%($\sigma_c \approx 36\text{N/mm}^2$)で、全てにおいて鉄筋 D13(SD295)×2 を梁下方に配置し、繊維補強する試験体では体積比1%の混入率で繊維補強材を添加した。供試体寸法、载荷装置及び弾性波計測に用いたセンサの配置図を図-1に示す。弾性波計測用の受振子には60kHz共振型AEセンサを用い、各センサの近傍において、超音波発生器及び鋼球ハンマ(φ5mm)を用いて弾性波を入力した。弾性波入力点の近傍のセンサで得られる波形を発振波形、その他のセンサで得られる波形を受振波形として、各測線間の伝播時間差を読み取り、伝播速度を算出して分析を行った。さらに、全測線間の波形情報からトモグラフィ解析¹⁾により試験体の弾性波速度構造を求めた。

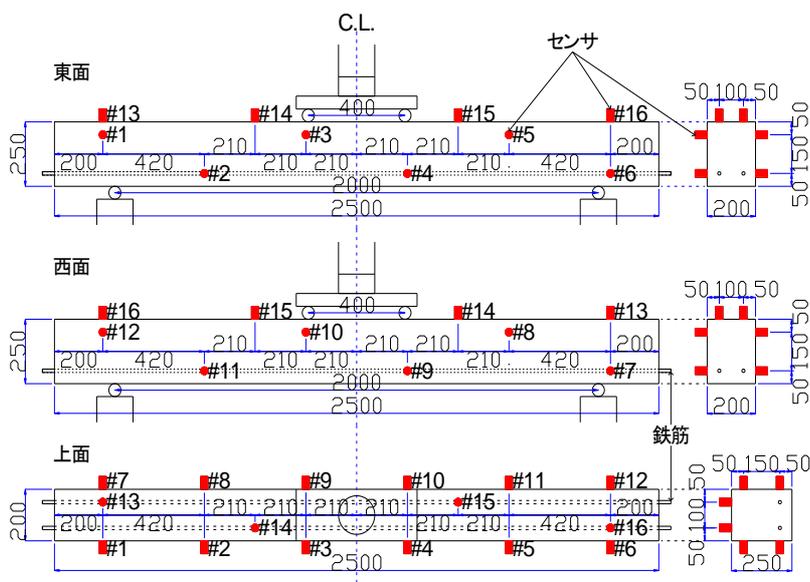


図-1 供試体寸法、载荷装置及びセンサ配置図

3. 試験結果および考察

荷重载荷は試験体が最大耐力点を迎えた後に、梁の圧縮縁が圧壊に至るまで行った。写真-1に供試体の損傷状況の一例を示すが、荷重载荷後の弾性波計測時点での梁の損傷度(=ひび割れ発生程度)には大きな違いはなかった。



写真-1 荷重载荷後の供試体の損傷状況例

図-2に伝播速度の算出結果の一例、図-3にトモグラフィ解析結果(東面図)を示す。荷重载荷前の弾性波伝播速度はPP繊維補強が他の試験体よりもやや速度が遅いことから、試験体の密度差が影響していると考えられるが、その差異は小さいため、調査対象に損傷がない状態においては、繊維補強材の有無や種別が弾性波伝播速度に及ぼす影響は弾性波入力方法に関わらず小さいと考えられる。

キーワード 繊維補強コンクリート, 非破壊試験法, 弾性波法, 伝播速度, 弾性波トモグラフィ

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設(株)技術研究所 TEL 04-7198-7559

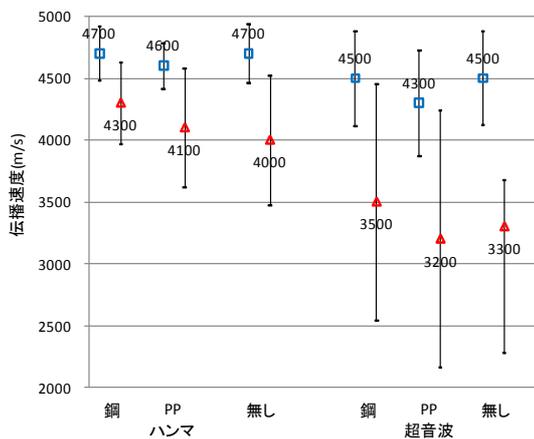


図-2 弾性波伝播速度算出結果の一例

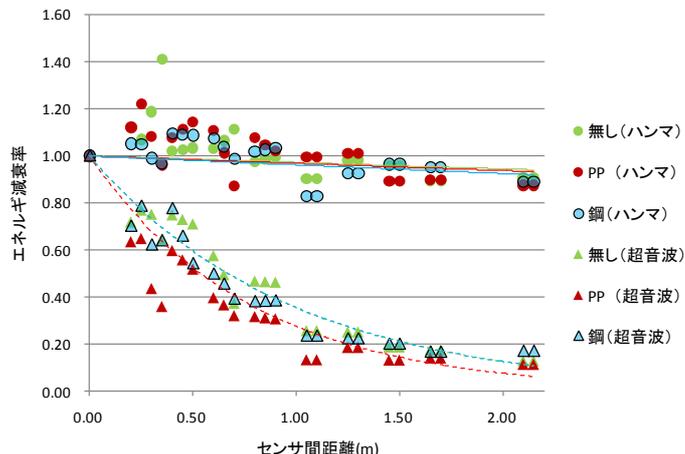


図-4 弾性波エネルギー減衰率算出結果の一例

一方、荷重載荷後の弾性波伝播速度では、弾性波入力方法によって大きく異なる結果が得られた。超音波発生器の場合、各試験体とも弾性波伝播速度は一樣に低い値を示した。超音波発生器から入力された弾性波は鋼球ハンマに比べ高周波で図-4 に示すように減衰率も大きい。対象が伝播可能な規模であれば損傷度に対する感度は高いと考えられる。図-3 に示すように各試験体ともに損傷度を明瞭に表しており、当該試験体の評価に適した入力手法であること、また、繊維補強材による影響は損傷なしと同様に小さいことがわかった。一方、鋼球ハンマによる弾性波は超音波に比べ低周波で、損傷度に対する感度は低いと考えられるが、繊維補強材の有無や種別によって結果にばらつきが生じた。特に鋼繊維補強の弾性波伝播速度は明らかに大きな損傷を有するにも関わらず、ほとんどの測線で健全と評価され得る高い値を示した。これは、鋼球ハンマによる弾性波エネルギーが超音波より高く、図-4 に示すように減衰率も小さいことから、高いエネルギーを保持した弾性波がひび割れ間を接続する鉄筋や繊維補強材を伝播したことが影響したと考えられる。

	荷重載荷前 (損傷なし)	荷重載荷後 (大きな損傷あり)	伝播速度 (m/s)
ハンマ 鋼繊維補強			4570. 3660. 3050. 2130. (m/s)
ハンマ PP 繊維補強			
ハンマ 繊維無し			
超音波 鋼繊維補強			
超音波 PP 繊維補強			
超音波 繊維無し			

図-3 弾性波トモグラフィ解析結果 (東面図)

4. まとめ

繊維補強コンクリートの健全性評価への弾性波法の適用性に関して検討を実施し、以下の知見を得た。

- (1) 損傷がない繊維補強コンクリートに対して弾性波法を適用する場合において、健全性評価指標である弾性波伝播速度に対する繊維補強材種別および弾性波入力方法の影響は低い。
- (2) 損傷がある繊維補強コンクリートに対して弾性波法を適用して健全性評価を行う場合においては、入力する弾性波のエネルギーの大きさによって、健全性評価に差異が生じることに留意する必要がある。

参考文献

1) 塩谷智基, D. G Aggelis, 桃木昌平: 弾性波トモグラフィによるコンクリート構造物の健全性評価, とびしま技報 No. 56, pp. 111-116, 2007.