

衝撃弾性波法におけるコンクリートの弾性波伝搬速度の計算手法に関する検討

香川高等専門学校 学生会員 ○上高 正寛*1
 香川高等専門学校 正会員 林 和彦*1
 香川高等専門学校 正会員 長谷川雄基*1
 香川高等専門学校 北村 大地*1
 佐藤工業(株) 正会員 宇野洋志城*2

1. 背景と目的

鉄筋コンクリート部材に対して効率の良い補修や、損傷・劣化部のはつり除去等の判断を行うためには、精度良く内部損傷を把握できる方法が必要である。現状では、新設構造物に対する非破壊、微破壊試験として行われる手法において、強度推定や損傷位置の判定には超音波法や衝撃弾性波法などが用いられている。衝撃弾性波法において、主に行われているのは表面2点間の弾性波伝達速度や、片面からの入力波の内部反射による多重反射波の周波数解析などの手法である。これらの手法では、事前に正確な寸法情報が必要であることや、表面波と内部伝達波では速度差があるなどの点で、検査精度向上の余地がある。コンクリート表面は外的影響を多く受け、表面2点での衝撃弾性波試験ではセンサー間の距離が近い場合には必ずしも高精度な結果が得られるとは限らない。

また、センサーをコンクリートの直角面に配置した透過法の試験法は確立されていない。直角面から弾性波を入力することで弾性波速度による強度推定の精度向上や、深さ方向に対しての損傷部の把握を行える可能性があると考え、本研究では、センサーを直角面に配置した衝撃弾性波法についての検討を行うことを目的とする。

2. 実験概要

2.1 弾性波到達時刻決定法

衝撃弾性波法において、弾性波伝播速度は品質を評価するために広く用いられている指標であり、それを求めるにあたって、2点間の伝播時間が必要となる。伝播時間を求めるには相互相関法などの時間差を直接算出する手法を用いるか、弾性波の到達を検知し、到達時間差を計算する手法が必要である。現状試験法として確立している衝撃弾性波法では試験条件に依存した弾性波の到達時刻の決定法を定めており、本研究で対象とした直角面のセンサー配置に適した決定法はない。また、打撃入力方法や入力強度、センサーの種類や配

置などにより、信号の立ち上がり方や、信号-ノイズ比(S/N比)などが変化する。本検討の目的は、既存の手法と今回提案する方法を、様々な条件下で比較することで計算法の特徴を捉え、最適な決定法を提案することにある。今回提唱する対称法とは、第一波の最大振幅点とその半分の振幅の点を結んだ線の延長線が軸と交差するときを到達時刻とするものである。図-1に閾値法、勾配法、波形勾配法、対称法の概念図を示す。

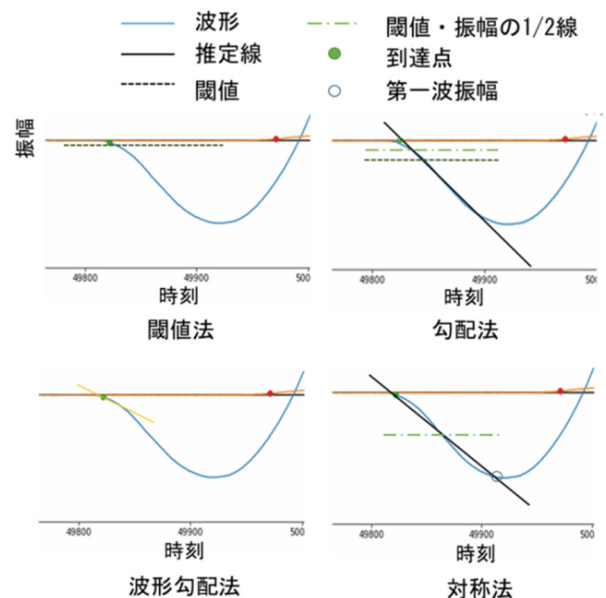


図-1 各決定法の概念図

2.2 供試体概要

呼び強度別に 12N/mm^2 , 21N/mm^2 , 30N/mm^2 の3種類の実構造物を模した無筋コンクリート供試体(M) ($850 \times 850 \times 550\text{mm}$) を作製した。以下供試体名を供試体種類(M)と呼び強度(12, 21, 30)をあわせてM21などと表記する。各供試体の標準養生28日強度はM12で 25.9N/mm^2 , M21で 32.0N/mm^2 , M30で 40.1N/mm^2 である。測定時の材齢は、M21は9週で他は8週であった。

キーワード：非破壊試験，衝撃弾性波法，波形処理

連絡先 *1：〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 TEL:087-869-3920

*2：〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL:046-270-3091

2.3 打撃入力のはらつき

今回の試験ではトリガー側センサーの近傍 (20mm) を試験者によるコンクリート打音ハンマーを用いた打撃で弾性波の入力を行った。10回測定におけるトリガー側センサーでの最大振幅の変動係数は 22.4%、第一波振幅の変動係数は 21.1%という結果で、試験者による打撃では入力に大きなばらつきが発生することが示された。

2.4 直角打撃に対する検討

センサー直角配置での弾性波到達時刻の決定法の検討および、測定のはらつき評価、強度に対する応答の確認、角度に対する応答の確認を目的とした。測定は、M12, M21, M30 で高さ 425mm において、トリガーセンサーから幅 (w) 方向 200mm, 奥行き (d) 方向 250mm の角度 51.3° (w200-d250) で行い、角度を変化させた比較対象として M21 のみ幅方向 350mm, 奥行き方向 50mm の角度 8.1 度 (w350-d50) での測定も行った。基本の測定回数は同一点 5 回とし、ばらつきの検討のため、M21 の w200-d250 ケースは 10 回の測定を行った。直角打撃の概念図を図-2 に示す。

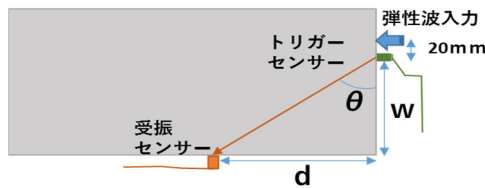


図-2 直角打撃の概念図

(1) 弾性波速度のはらつきの評価

10 回測定した結果に対して各手法でそれぞれ計算して求めた弾性波伝播速度のはらつきを図-3 に示す。直角面での衝撃弾性波試験は閾値法 1%、勾配法 1%、勾配法 2%では変動係数 20%以上という結果が得られた。これは、直角打撃では受信センサー側の S/N 比が小さくなる傾向が見られ、低い閾値を取る決定法では、ノイズが閾値を上回ったことが原因と考えられる。その他の手法では、弾性波速度の変動係数は 8%前後という結果となった。振幅や波の立ち上がり方等のはらつきによって弾性波速度のはらつきが発生していると考えられる。

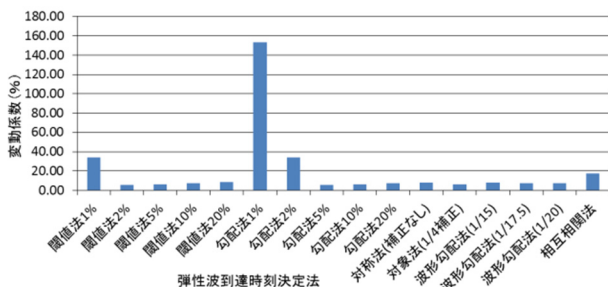


図-3 各手法における弾性波伝播速度のはらつき

(2) 強度に対する応答の結果

図-4 の強度に対する弾性波速度の比較の結果より、強度に対する弾性波伝播速度の変化は小さいが、平均値としては M21 において最も高い値を示している。

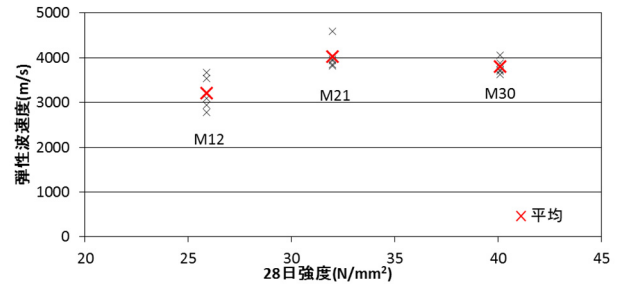


図-4 対称法における弾性波速度の比較

(3) 角度に対する応答の結果

w200-d250 (51.3°) と w350-d50 (8.1°) の角度の比較を行った。直線距離はそれぞれ 320mm と 354mm でほぼ同じであるが、表面からの角度が大きな w200-d250 の方が 1.25 倍程度、伝搬速度が大きかった。コンクリート表層は弾性波速度が小さいことが知られており、w350-d50 の測線が表層に近いため弾性波速度が低下したと考えられる。

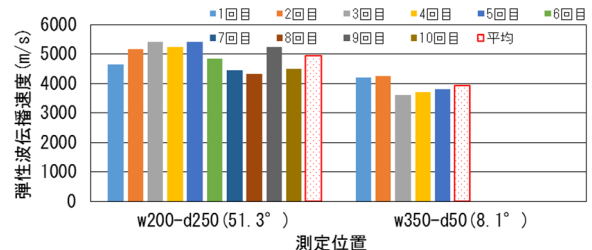


図-5 対称法における弾性波速度の角度の比較

3.まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 弾性波到達時刻の決定法は、打撃方法、センサー配置などから適切なものを選択することで精度よく弾性波伝播速度を求められる。今回提唱した対称法は受信側の S/N 比の小くなるセンサーの直角面配置に有効である。
- (2) 打撃入力のはらつきは弾性波到達時刻に影響を及ぼすため、弾性波速度もばらつくことが示された。
- (3) トリガーセンサーと受信センサーのなす測線の角度が小さくなると弾性波速度の低下が見られた。理由としては、表層の脆弱性の影響をより強く受けていることが考えられる。