

V-589

打撃法によるコンクリート版厚の推定実験（その2）

伊藤建設（株） 正会員 岩野 聡史 東海大学 正会員 極 檀 邦夫 伊藤建設（株） 塙 忠夫

1. はじめに

鉄筋コンクリート版の片側表面を打撃して生ずる弾性波を解析し、版厚を推定する実験を続けている。前報¹⁾で報告した通り、3種類の実験を組み合わせて版厚を求め良好な結果を得た。縦波弾性波と表面弾性波とが同時に到達する距離の決定が重要であるが、前報では波形の面積比の比較で求めるため、インパルスハンマーで打撃し、バラツキを消去するためにインパルス打撃波形で受信波形を標準化する必要があった。

今回は、受信波形だけを解析して、同時到達点が決定できないかを検討した。鉄筋コンクリート版の表面を鋼球のような小さな接触面で打撃した場合は、球面波が媒体を伝播すると考えてよい。表面を伝播する表面弾性波のエネルギーが通常は最も大きく圧縮弾性波（縦波）の測定を困難にする。物体内部には縦波弾性波とせん断弾性波が伝播していく。せん断弾性波はエネルギーがかなり小さいことと、伝播速度が縦波よりも遅いので、初期波形を解析する今回の実験では無視する²⁾。打撃点とセンサーが近いと、センサーには表面波が先に到達する。だんだん離れていくと縦波の影響が加わり波形の型が異なってくる。このような波形の類似性を相互相関係数の値により判断し同時到達点を求め、コンクリート版の厚さを推定した。

2. 同時到達点の測定

図1に表面波と縦波の経路を示す。表面波の経路長 L は打撃点とセンサー間の距離である。縦波の経路長 P は

$$P = \sqrt{L^2 + 4D^2}$$

である。（ D はコンクリートの版厚）

打撃点とセンサーが近いと L が P より短いため、表面波が先にセンサーに到達する。しかし、遠いと P の経路が長くて縦波の速度が速いため、縦波の方が先にセンサーに到達する。この中間に表面波と縦波が同時に到達する点がある。

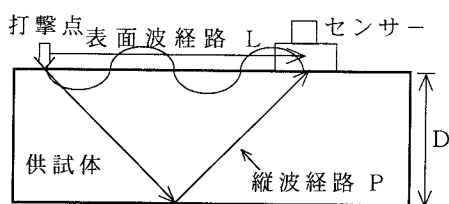


図1 表面波と縦波の経路

2-1 波形の面積比による同時到達点の決定： 版厚 12.5cm のコンクリート版をインパルスハンマーで打撃したときの打撃波形とセンサーの受信波形を図2に示す。波形の初期部分に着目すると、打撃点位置により形状は変化している。通常のコンクリート版では、表面波の速度 V_R と縦波の速度 V_P はポアソン比によって決まり、 V_R は V_P の約 50% と言われている。表面波が先に到達すると凹型。縦波が先に到達すると位相が反転しているので凸型となる。同時到達点は波形の凹凸が重なるので、初期波形の面積が最小となる。インパルスハンマーの打撃波形面積とセンサーの受信波形面積との比を図3に（図3）、面積比が零に近くなる点を同時到達点 11.6cm と決定した。しかし、この方法は波形の面積を求める際、初期波形の部分を2次関数と仮定するので、最小二乗法の計算が必要なこと、打撃波形を得るためにインパルスハンマーが必要なこと、など測定手順が複雑である。

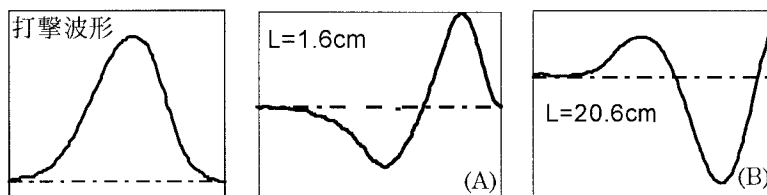


図2 インパルスハンマーによる打撃波形（左図）と受信波形（A,B図）

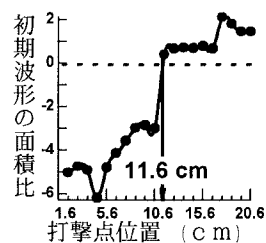


図3 初期波形の面積比

2-2 波形の類似性による同時到達点の決定方法： 打撃にはインパルスハンマーを使用しないで、10mm の鋼球を使用した。センサーの受信波形を図4に示す。この場合も同時到達点は初期波形が凹型から凸型に

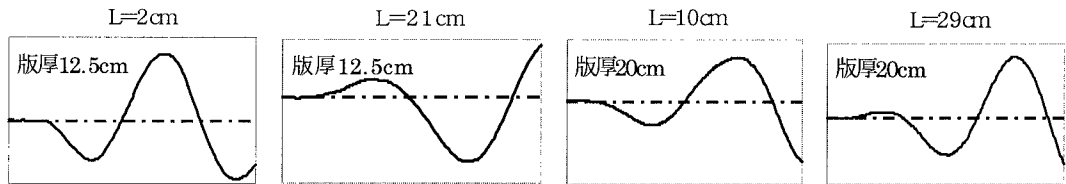


図4 鋼球打撃によるセンサーの受信波形

変化する点であると考え。そこで、表面波の典型的な波形を選び基準波形テンプレートに、同様に縦波の波形テンプレートも選ぶ。この波形テンプレートと各打撃点の受信波形との類似性を相互相関係数で評価する。同時到達点の測定は版厚 12.5cm ではセンサーと打撃点の距離を 2cm から 21cm まで、版厚 20cm では 10cm から 29cm まで、間隔は 1cm である。波形テンプレートに対する相互相関係数を縦軸に、打点とセンサー間距離を横軸にとり図 5 に示す。版厚 12.5cm の相互相関係数を見ると、表面波は 12cm 以後に、縦波は 11cm 以前は小さな値となっている。従って、11cm と 12cm の間に同時到達点があると考えられるので、2つの相互相関係数の交点を求めると 11.7cm となる。この値は波形の面積比による同時到達点 11.6cm とよく一致する。版厚 20cm では同時到達点 18.5cm を得た。

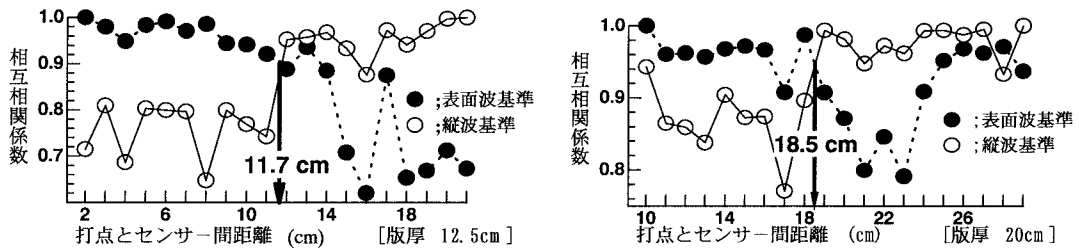


図5 相互相関係数による波形の類似性

3. 位相差による表面波速度の測定と鋼球打撃共振法による固有振動数の測定結果

表面波速度 V_R 、版の固有振動数 f_0 は前報と同様の方法で求めた。その結果を表 1 に示した。

4. 版厚 D 、縦波速度 V_P の計算

同時到達点を X とする。 V_R と V_P の関係式は

$$V_R = (X / \sqrt{X^2 + 4D^2}) \cdot V_P \cdots \textcircled{1}$$

となる。また、版の固有振動数と版厚の関係式は

$$V_P = 2 \cdot f_0 \cdot D \cdots \textcircled{2} \quad \text{である。実験結果を}$$

①、②に代入し版厚 D と縦波速度 V_P を計算する。

版厚 12.5cm では、11.7cm と約 6% の差があるがほぼ一致した。 V_P は 3724(m/sec) である。版厚 20cm では、24.3cm と約 20% の差が生じた。また、 V_P は 4734(m/sec) と普通のコンクリートの値より大きくなった。なぜ、このような大きな誤差が生じたかを考えると、同時到達点 X の少しの違いが、①、②式を連立して解くと、 V_P と D に大きく影響する。今後は妥当な V_P を得る新しい方法を考案する必要がある。

5. まとめ

版厚 12.5cm、20cm の鉄筋コンクリート版を用いて、受信波形の類似性を相互相関係数で表し同時到達点を求めると、版厚 12.5cm では版厚 11.7cm と良い結果が得られた。版厚 20cm では版厚 24.3cm とかなり大きく異なるが、縦波速度の測定方法を工夫し妥当な値を得ると改善できる。従って、波形の類似性による同時到達点の決定方法は有効であると考え。今後は、表面波の波形テンプレートの影響が大きいため、実測した表面波の速度、周期等から表面波のシュミレーション波形を作成し検討する予定である。

参考文献 1) 岩野他: 打撃法によるコンクリート版厚の推定実験, 土木学会関東支部第 23 回技術研究発表会講演概要集 p556

2) N. J. Carino: Laboratory Study of Flaw Detection in Concrete by the Pulse-Echo Method: ACI SP 82~28 p557~579