

打撃装置を用いた衝撃弾性波法によるコンクリートの品質評価に関する研究

香川高等専門学校 学生会員 ○上高正寛 正会員 林和彦
 正会員 長谷川雄基 正会員 松本将之
 非会員 北村大地 非会員 吉岡崇
 佐藤工業（株） 正会員 宇野洋志城

1. 背景と目的

鉄筋コンクリート部材に対してグラウト注入などの補修や、損傷・劣化部のはつり除去等の判断を行うためには、精度良く内部欠陥を把握できる方法が必要である。新設構造物でのこれらの調査は非破壊または微破壊試験である必要があり、現状では、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点間の弾性波伝搬速度や、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、事前に正確な供試体の寸法情報が必要であることや、実際には表面波と内部伝達波では速度差があるといった点で、測定精度向上の余地がある。この精度向上の課題について、波形分析において筆者は斜角法を提唱し、検討を進めている。

筆者らが過去に行った検討より、打撃力及び打撃の質等にばらつきが発生するため、一定化することが課題であった¹⁾。本研究では、この課題に対して、ソレノイドを用いた電磁式打撃装置を作製し、その有用性の検討を行うことを目的とする。

2. 電磁式打撃装置作成概要

検討を行う衝撃弾性波法において、打撃装置に求められるのは、十分な打撃力を有することと、再現性のある実験ができることである。作製した打撃装置を図-1及び図-2に示す。

(1) アーム部の作製

図-1左のアームに要求される内容は、加振方向に対しての縦横の剛性が確保されること、ハンマー位置の調節のためアームの角度を調整できる機構を有することである。図-2のように薄い板を組み合わせてボルト留めとすることで、要求性能を達成した。

(2) ソレノイドの選定

打撃装置には十分な大きさの打撃力が求められることから、ACソレノイドを採用し、検討を行っていくこととした。しかし、DCソレノイドよりも駆動におけるノイズの発生が大きいことが懸念される。



図-1 作製した打撃装置（側面図）



図-2 作製した打撃装置（上面図）

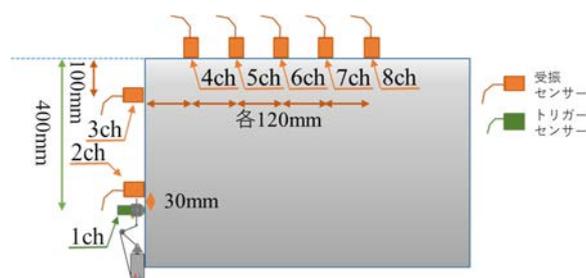


図-3 センサー及び打撃装置の水平配置図

(3) ハンマー部の作製

鋼棒を加工してハンマーを作製した。センサーはネジ固定である。また、ハンマー自体はアームに対して挟み込むようにボルトで固定しており、ハンマー位置の変更が可能である。十分大きな入力周波数を確保できるように先端の曲率半径を5mmとした。

3. 実験概要

幅850×高さ850×奥行550mmの大型コンクリート供試体を用いて、作製した打撃装置の性能を検討した。この供試体は、コンクリートの28日圧縮強度が32.0N/mm²で、材齢は421日である。使用する加速度センサーは8個で、打撃装置に1つ、打撃点近傍に1つ、打撃面に1つ、直角面に6つ配置した。加速度センサーは、コンクリート面との間にグリスを塗布し、ビニールテープの張力で押下している。加速度センサーの配置を図-3に示す。

固定する力の大きさが変化すると、打撃に影響を及ぼす

可能性があるため、打撃装置を1N・mにトルク管理したボルトで押さえつけた。ボルトの反力をとるために、等辺山形鋼を加工し、コンクリートを削孔しグリップアンカーを介して固定した。また、ソレノイドの駆動ノイズ低減のために、打撃装置とコンクリートの間及び固定治具との間にクロロプレンゴムを挟んだ。

4. 波形処理

実験で得られた全センサーの波形を図-4に示す。加速度センサーの特性上、大きな振動ののち、静止するような加速度を検知すると、図のような低周波成分が強く残るため、フィルタを用いて波形処理を行った。センサーの周波数特性、低周波成分、線形位相特性を勘案して、処理には通過帯域は100Hz-12000Hz、フィルタ次数9000で設計したFIRバンドパスフィルタを用いた。処理後の波形を図-5に示す。

弾性波速度を算出する際の弾性波到達時刻決定法は、閾値法と対称法¹⁾で検討した。閾値法は、振幅が一定の閾値を超えた点を到達時刻とする方法である。対称法は、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点を到達時刻とするものであり、ノイズに反応しにくいことを特徴としている。

5. 実験結果

実験で得られた波形に対してフィルタ処理を行い、弾性波速度を算出したものを図-6及び図-7に示す。コンクリートの弾性波速度は一般的に約4000m/sであり、対称法の方が比較的ばらつきが少ないものの、両手法とも大きな誤差が見受けられる。この誤差の原因として、全体的にノイズが大きく、弾性波が加速度センサー位置へ到達した時刻が正確に推定されていないことが考えられる。また、弾性波速度は弾性波の測線の距離を弾性波の到達時刻の差で除して求めるため、打撃点とセンサーが近い位置であるほど誤差が大きくなる傾向にある。したがって、打撃点(図-3での1ch)と近傍センサー(同2ch)の測線である測線1-2の誤差が大きい原因としても考えられる。さらに、測線1-6及び測線1-7の弾性波速度の誤差が大きく、波形としてもノイズが大きいことが確認された。この位置ではノイズの反射波と波形が重なっていることが考えられる。また、これらのノイズの機械的な要因は、ACソレノイドの駆動によるもの、リンク機構部分に金属部分が滑る構造によるものなどが考えられる。

6. まとめ

1) 加速度センサーは急激な直流成分に対応できず、低周波成分が強く残ることがあり、これにはフィルタ処理で低

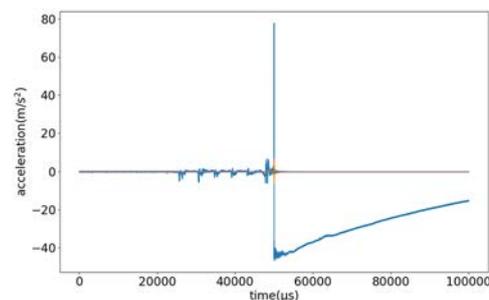


図-4 処理前の波形

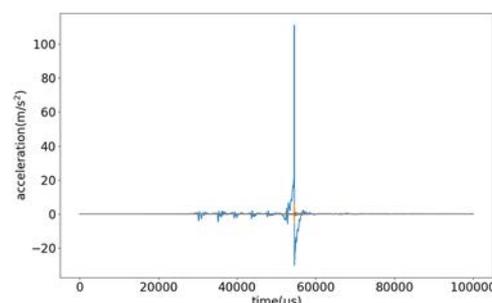


図-5 処理後の波形

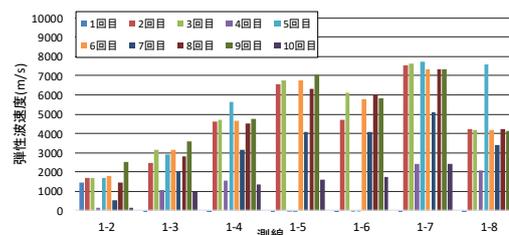


図-6 閾値法における弾性波速度

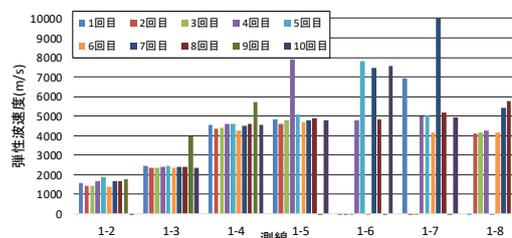


図-7 対称法における弾性波速度

減が可能である。

2) 打撃位置とセンサー位置が近い部分では速度算出に誤差が生じやすい。

4) 対称法は閾値法よりもノイズを回避できており、弾性波速度の誤差の低減に有効である。

3) 今回作製した打撃装置は駆動時のノイズが大きく、低減のために改善が必要である。

参考文献

1) 上高正寛, 林和彦, 長谷川雄基, 北村大地, 宇野洋志城: 衝撃弾性波法におけるコンクリートの弾性波速度の計算手法に関する検討, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, V-581, 2019