

打音法による合成部材の未充填部の空洞検査

早稲田大学理工学部	フェロー	清宮 理
早稲田大学理工学部	非会員	押山宏晃
(財)沿岸開発技術研究センター	正会員	北澤壮介, 坂井直人
東洋建設(株)	正会員	佐野清史

1. まえがき

合成構造物で鋼殻内にコンクリート（自己充填の高流動コンクリート）を充填した場合、鋼板とコンクリート間に未充填部が生じる可能性がある。未充填部は鋼板の存在により外部から目視観測できない。未充填部の確認に関しては、打音法、赤外線法、RI法、超音波法などが提案されている、サンドイッチ部材による合成式沈埋函では、未充填部の検出にRI法が現在採用されている。これはRI法のみが未充填深さを検出できると判断されたためである。しかし作業が連続的に出来ず時間がかかりかつ価格も高い。未充填部の検査としてより高速にかつ低価格でおこなうため打音法を再検討した。打音法により鋼板とコンクリートの非接触部分の範囲を迅速に測定し、未充填範囲が広い箇所に対してRI法を用いて深さを特定する検査法を提案する。打音法では現在人間の耳を頼りに未充填部を検出しているが、これを音響工学的に打撃音と共鳴音との周波数、振幅などを計測してデータを根拠により非接触部分を特定する技術を検討する。

2. 打音実験の概要

2.1 供試体 供試体の寸法は 500 × 500 × 300mm で圧縮強度 240kgf/cm² の普通コンクリート製で、板厚 9mm の鋼板を上面に設置した。両者はスタッドジベル4本で結合した。発泡スチロールで未充填部を再現した。空洞は、円形形状で未充填部での厚さは 20mm とした。供試体の形状寸法は図-1 に示すとおりである。打音法を行なった測点を×、打撃箇所を

で図中に示す。供試体の種類は以下のとおりである。直径 5cm, 10cm, 20cm, 30cm の円形未充填部、4種類および欠陥なしの1種類である。

2.2 試験装置 打撃はインパクトハンマーにより人力で行った。受信用センサーは、NF回路製、広帯域AEセンサ 900S-WB で信号波形記録装置は、メモリハイコーダ 8852 でサンプリング周波数は 200 kHz である。打撃を各測点で行ないながらインパクトハンマーと鋼板で加速度値を計測した。

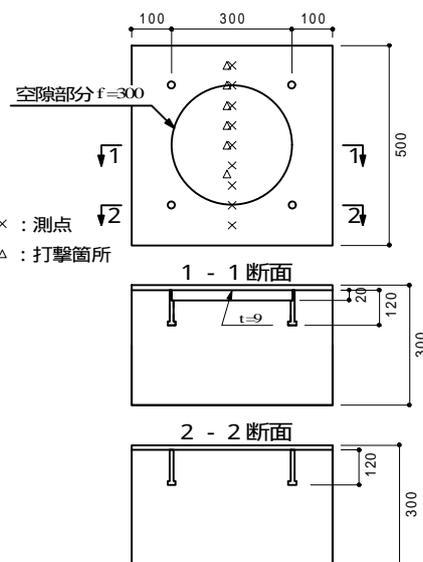


図-1 供試体

3. 波形の状況

取得された加速度波形の状況を以下に示す。図-2 は未充填部の径が 30cm の円形の中心を打撃し、中心での加速度を測定したものである。高い振動数の波形が継続し、あまり加速度振幅は減衰しなかった。音色は低い感じがした。また図-3 は径が 10cm の場合で図-4 は未充填部のない健全な供試体の加速度波形を示す。未充填部のない場合には、加速度振幅も小さく継続時間も短かった。音色も硬い感じの音となった。音色から未充填部の範囲の差は認識可能である。また波形の状況から、分かるように充填部の加速度振幅は、未充填部に比べ振幅、持続時間ともに明らかに小さかった。すなわち未充填部の大きさが大きいほど継続時間が長くなった。

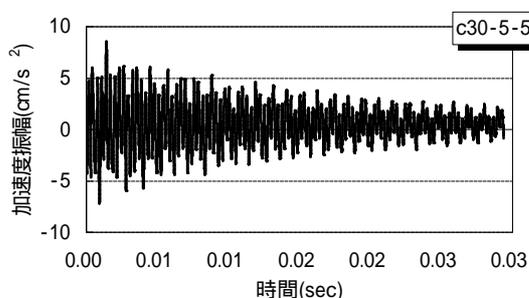


図-2 計測波形(30cm)

キーワード：打音法、合成部材、非破壊検査、未充填部

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館 16F-01 TEL&FAX03-5286-3852

4. 波形の解析

4.1 応答倍率 図-5 に未充填部の径が 30cm の場合の波形の応答倍率の結果を示す。ここで応答倍率とは、各測点の最大加速度振幅値を一番外側の未充填部での測点の最大振幅値で割ったものである。未充填部箇所は10cm~40cmの範囲で応答倍率は大きくなり、未充填部の中央で最大となった。すなわち応答倍率は、健全部と未充填部との境界付近で 5.0, 中央部では 15 前後となった。応答倍率について未充填部の径が 5cm では顕著でなく、5cm 以下の未充填部だと打音法での検出が困難だといえる。

4.2 継続時間 図-6 に継続時間を示す。ここで継続時間とは、各測点において最大振幅から最大振幅の 1/2 になるまでの時間とした。未充填箇所はグラフの 10~40cm の範囲であるが、充填部に比べ未充填部分では継続時間は長くなっているが、応答倍率ほど場所ごとに明瞭な傾向はなかった。充填部では、継続時間が 0.004sec 程度であったのに対し未充填部では 0.01~0.03sec 程度であった。また空洞部が広がるにつれて継続時間が長くなった。

4.3 フーリエ解析 計測により得られた波形をフーリエ変換した結果を図-7 に示す。未充填部の径が 30cm のときの中央部での観測波形での計算結果であるが、3300Hz, 400Hz の周波数が卓越していた。未充填部の径が 30cm として鋼板の両端固定条件で固有振動数を計算すると、1 次で 4000Hz, 2 次で 11000Hz であった。ほぼ 1 次の固有振動数で振動していたとみなせた。他のケースでも同様な結果を得た。充填部では 8~9 個のスペクトルのピークが見られ明瞭な卓越周期が見出せなかった。

5. 結論

今回の実験で合成部材のコンクリートの未充填部の位置を打音法で探ることが可能であることが判明した。すなわち未充填部では加速度応答倍率が大きくなり、かつ継続時間も長くなった。未充填部が 5cm より小さければ、打音法での検出は難しかった。また計測波形の卓越振動数はおもに鋼板の未充填部での 1 次固有振動数に等しかった。充填部では多数のスペクトルのピークがあり未充填部の有無がスペクトルからも判断できる。ただし今回未充填部の深さの計測、鋼板の厚さの影響などは考慮しておらず今後の検討としたい。本研究は、早稲田大学、沿岸開発技術研究センター、運輸省港湾技術研究所、五洋建設、東洋建設、東亜建設、佐伯建設、若築建設の合成構造への充填コンクリートの開発に関する共同研究として実施した。

【参考文献】 魚本健人, 伊東良浩: 打音法によるコンクリートの非破壊検査, コンクリート工学論文集, Vol.7, No.1, pp.143-152, 1996

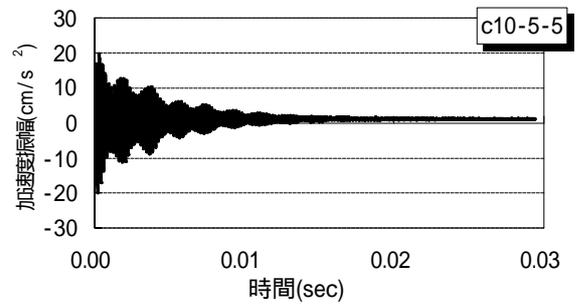


図-3 計測波形(10cm)

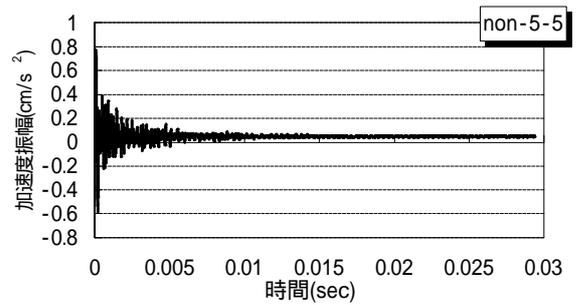


図-4 計測波形(充填部)

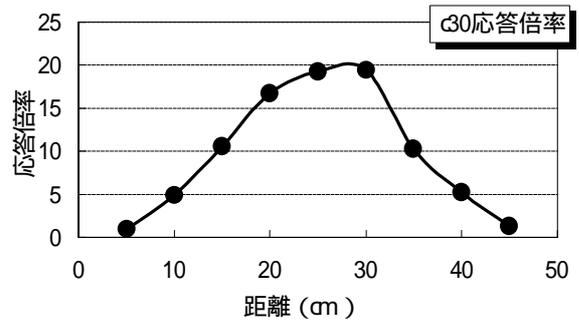


図-5 未充填部での振幅の倍率

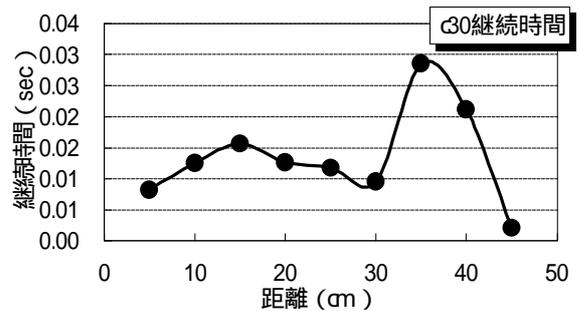


図-6 未充填部での継続時間

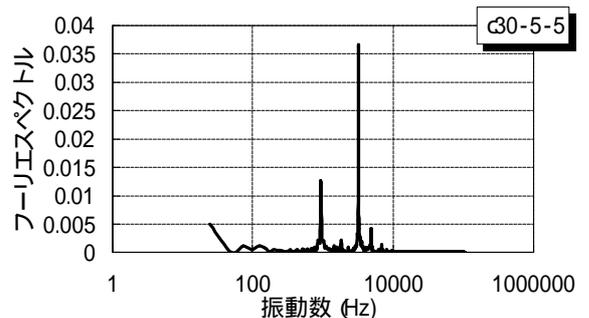


図-7 加速度波形のフーリエ変換