

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 コンクリートの弾性波動理論に基づいたインパクトエコー法および
SIBIE 法の実用化に関する研究

(Theoretical Treatment of Impact-Echo based on Elasto-Dynamics
and Practical Applications of SIBIE Procedure)

熊本大学大学院自然科学研究科 複合新領域科学専攻 衝撃エネルギー科学講座
(主任指導 大津 政康 教授)

論文提出者 山田 雅彦
(by Masahiko Yamada)

主論文要旨

プレストレストコンクリート (PC) 構造物において PC グラウトの充填が不十分であると PC 鋼材の腐食進行や PC 鋼材の構造一体性が確保できないなど、構造物の安全性、使用性、耐久性を著しく損なう場合がある。このため古くから非破壊検査による充填性の評価が実施されてきているが、PC グラウトの探査位置が鉄筋に囲まれた深い場所であり、また通常は鋼製シースの中に PC 鋼材と混在している。そのため一般のコンクリート空洞探査では評価が困難であり、より高度な非破壊検査技術が要求されている。

PC グラウトの充填評価としては、弾性波を利用した手法が多く試みられている。弾性波を利用した PC グラウトの充填評価手法としてはインパクトエコー法、また高周波で振幅の大きな弾性波を入力して反射波の信号を画像化するスペクトルイメージング法である SIBIE (Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo) 法が知られている。

インパクトエコー法では、鋼球等を用いて弾性的な衝撃力を構造物表面に入力し、その弾性波が内部欠陥および境界面から反射することにより生じる共振周波数により、構造物の内部欠陥および厚さの情報を得る。インパクトエコー法の特徴として、構造物表面から弾性波を入力する際に鋼球を使用することにより入力の周波数成分を検査対象に応じて設定できる点、周波数スペクトルのピーク周波数により構造物の内部欠陥や厚さを同定できる点が挙げられるが、鋼球は表面との接触時間が長く、幅広い周波数成分を持つ弾性波が入力できない。また、高周波の弾性波を入力する際、鋼球を小さくする

必要があり十分な振幅が得られないという問題点もある。そこで、より幅広い周波数領域を持ち、十分な振幅が得られると考えられるアルミ飛翔体を開発した。しかしアルミ飛翔体による衝撃入力においては、その波形や周波数成分、安定性に関して十分な研究がなされておらず、アルミ飛翔体の衝撃入力の理論的な解明が重要なテーマとなった。また、インパクトエコー法は部材の形状や大きさによって内部の弾性波の反射状況が複雑になり、周波数分布にはそれらに起因する様々なピークが出現する 경우가多く、グラウトの充填不良に起因するピークを同定することが難しいといった問題がある。この問題を解決する手法として、対象となる内部断面を画像化する SIBIE 法が提案されている。しかしながら SIBIE 法においても小型供試体レベルでの成果が多く、大型の構造物に対して評価を行った事例が少ないという問題点がある。

そこで本研究ではコンクリートの弾性波動理論について論じ、衝撃力を受けるコンクリート構造物の弾性波を用いたインパクトエコー法および SIBIE 法による欠陥検出評価手法について明らかとする。また新たに衝撃入力の持つ周波数スペクトルを求めるシステムを開発した。

本論文は全 6 章で構成している。第 1 章は、本研究の背景および目的を論じている。

第 2 章においては、弾性波に関する基本的な原理、および弾性波動理論に基づいた構造物の動的挙動について示した。

第 3 章では衝撃力による弾性入力としてコンクリート構造物に動的な外力をあたえる衝撃力の周波数成分を評価する手法について検討した。衝撃力の周波数成分はコンクリートの動的挙動およびインパクトエコー法による欠陥検出の結果に大きく影響を及ぼす。そこで周波数領域での逆合成積によって衝撃力の周波数成分を評価する手法を提案した。

第 4 章ではインパクトエコー法における衝撃入力の考察とセンサ特性の影響の評価を行った。半無限弾性体に瞬間的に作用する集中力に関する Lamb 解の周波数スペクトルと半無限弾性体を模した供試体を用いた実験によって得られた周波数スペクトルとの逆合成積からアルミ飛翔体と鋼球、インパクトハンマーの衝撃入力の評価を行った。その試験を加速度計とレーザー振動計で実験を行い、周波数スペクトルから加速度計のセンサ特性の解明を試みた。その結果、アルミ飛翔体の衝撃力の周波数スペクトル、また加速度計のセンサ特性を明らかとした。

第 5 章では SIBIE 法の現場試験への適用として、大型の供試体や実際に供用中の構造物へインパクト入力を行い、SIBIE 解析結果と BEM 解析でのシミュレーション結果と比較することで SIBIE 法の現場試験での欠陥検出性能の評価を行った。その結果、現 SIBIE 法を用いることで現場での欠陥検出を評価することは十分に可能であることが明らかとなった。

第 6 章は以上の成果をまとめ結論を導いた。その結果、弾性波動理論に基づいたコンクリートの動的挙動が解明され、衝撃入力の周波数スペクトル、およびセンサ特性からインパクトエコー法および SIBIE 法を用いる際の適切な条件が明らかとなり、本研究の目的が達成されたことが述べられている。