

衝撃弾性波試験による棒状補強材のグラウト充填確認方法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○ 前田 剛志
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 市川 達
東鉄工業株式会社 杉原 竜二

1. はじめに

JR東日本では、首都直下地震に備えた耐震補強対策として、盛土や切土等の土構造物の耐震補強を進めている。変状リスクの高い土構造物を削孔したのちに棒状補強材（芯材：鉄筋+グラウト材：セメントミルク）を設置し、その周囲で発揮される摩擦抵抗により耐震性能の向上を図っている。

現在、削孔後のグラウト材充填の履行確認は施工者からの注入記録（注入管理票表・状況写真等）により実施しているのが現状である。

本研究では、品質確保を一層図ると共に、履行確認の充実を目的として、衝撃弾性波試験によりグラウト材が適切に充填されているかの評価の可否を検討した。

2. 実証試験

(1) 試験方法

実証試験は、図-1のような長さ5m、改良径110mm、鉄筋径D25の試験供試体を製作し、衝撃弾性波試験により実施した。衝撃弾性波試験は、図-2に示すように周波数帯域20kHz程度のインパルスハンマー（鋼球径Φ15mm）を用いて弾性波を入力し、鋼材を伝わる波形や対面から反射してきた受信波形の収録を行った。

試験ケースを表-1、試験概要図を図-3、試験体写真を図-4に示す。試験は、鉄筋のみ（継手の有・無）、グラウト充填度を変化（25%、50%、100%）させた供試体を製作し、試験条件を気中と土中に分けて実施した。

(2) 検討内容・結果

1) 打撃入力の入力方法の検討

Case1（カプラー無）では、図-5のように鋼材対面の反射波を多重反射としてとらえるができていないものの、Case2（カプラー有）では図-6のように鋼材対面からの多重反射が確認できない。これは継手位置で弾性波の部分的な反射が生じていることや複数の継手位置からの多重反射が重なり合っているためと考えられる。



図-1 試験体模式図



図-2 計測状況（インパルスハンマー）

表-1 検討Case

検 討	条 件	内 容
Case1	気中	鉄筋
Case2	気中	鉄筋+継手
Case3	気中	「鉄筋+継手」+グラウト25%
Case4	気中	「鉄筋+継手」+グラウト50%
Case5	気中	「鉄筋+継手」+グラウト100%
Case6	土中	「鉄筋+継手」+グラウト100%
Case7	土中	「鉄筋+継手」+グラウト25%



※ 土中条件については試験場を手握りにて掘削し深さ100mmに埋設した。

図-3 試験概要図



図-4 試験体写真



図-5 受信波形（Case1）



図-6 受信波形（Case2）

キーワード 非破壊検査、弾性波、グラウト充填、耐震補強
連絡先 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町2丁目10番地1 東日本旅客鉄道株式会社 東京支社 東京耐震補強工事区

2) グラウト充填度毎の弾性波入力の違い

気中条件において、グラウト充填度を変化させた検討ケース (Case3, Case4, Case5) の入力結果を図-7に示す。充填度が上がるにつれて、エネルギーの持続時間 (振幅の大きさ) が小さく、減衰が生じていることがわかる (黄色枠で示す範囲: 最大ピーク値の半分に落ちる程度)。しかしながら、図-8に示すように周波数成分を観察する限りではその差は小さく、充填度が小さいほど複数の卓越するピークが認められる。充填度の50%と100%では、差は殆ど認められない。

3) 土中条件における弾性波入力の違い

土中条件での検討ケース結果を図-9, 図-10に示す。気中条件での試験結果と変わらず、土中に入れた状態であったとしても、充填度が上がるにつれて (25%→100%) エネルギーの減衰が早い傾向にあった。周波数成分では、充填度が小さい程、高周波成分での卓越するピークが検出されている。

3. 考察

試験結果より、弾性波の入力とグラウト充填度との関係について、下記の特徴が認められた。

- (1) 受信波形において、充填度が上がるにつれて、入力波形の振幅 (エネルギー) の減衰が大きくなる傾向にある。
- (2) 入力から鋼棒端部の反射波が生じる前までの波形 (入力成分) においては、多重反射による波形の乱れが少ないことから、エネルギーの減衰の程度を判断可能である。また、グラウト充填度が高いデータを基準として、対象箇所のエネルギーの減衰の程度を比較することにより、グラウト充填度の定性的な評価が可能である。
- (3) 入力から鋼棒端部の反射波が生じるまでの波形 (入力成分) で周波数分析することで、充填度が低いほど、複数の卓越するピークが認められる (高周波成分が生じる) 傾向にある。

4. さいごに

本研究により、非破壊試験として衝撃弾性波法を採用することで、棒状補強材のグラウト材の充填度を評価できる可能性が高いことがわかった。今後は、実現場での試験を実施することにより、現場環境による影響等を検証し、非破壊によるグラウト充填確認方法の確立を図っていく所存である。

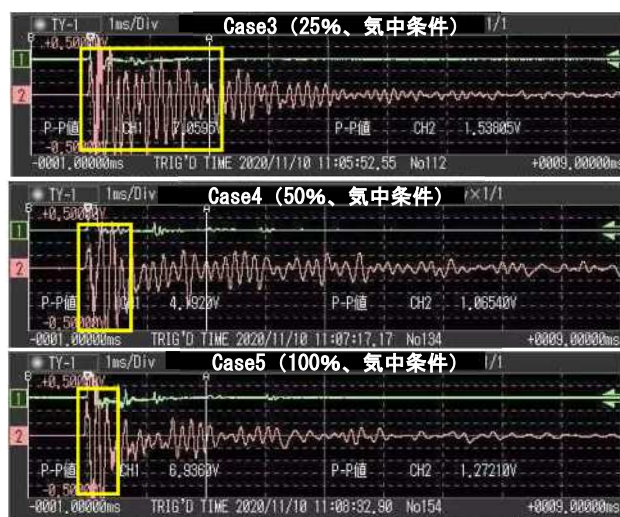


図-7 Case3, 4, 5試験結果 (受信波形)



図-8 Case3, 4, 5試験結果 (周波数成分)

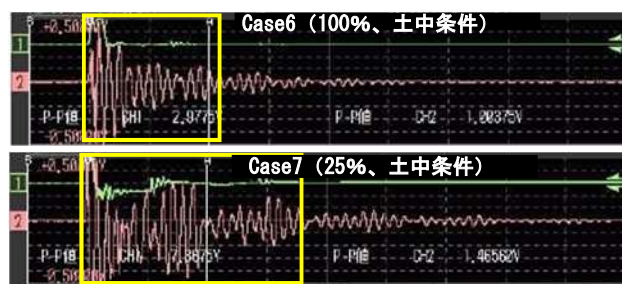


図-9 Case6, 7試験結果 (受信波形)

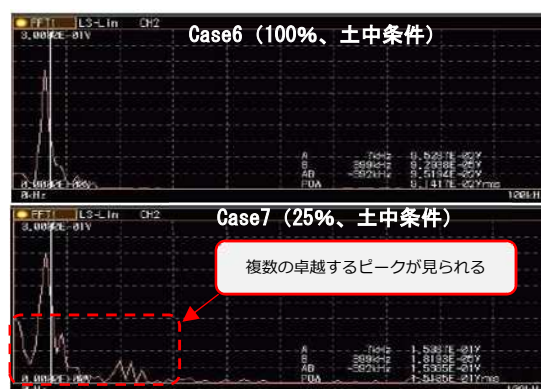


図-10 Case6, 7試験結果 (周波数成分)