

電磁パルス法による接着系あと施工アンカーの非破壊評価に関わる実験的検討

大阪大学大学院 正会員 ○服部 晋一
大阪大学大学院 正会員 寺澤 広基

大阪大学大学院 正会員 鎌田 敏郎
大阪大学大学院 学生会員 山本 貴大

1. はじめに

笹子トンネル天井板崩落事故以降、あと施工アンカーの健全性を評価する手法への関心が高まっている¹⁾。しかしながら、これまでは抜き取りで行われる引張試験以外は、目視検査、打音検査が主体であり、定量性ある評価手法は確立されていない。そこで本研究では、目視では確認が困難な接着系あと施工アンカーの施工不良を対象に電磁パルス法を適用し、評価に有効な入力条件を把握することを目的とした。本稿では、空気溜りによる接着剤の充填量不足を模擬したコンクリート供試体を対象に、印加電圧とコイルの巻き数をパラメータとした評価実験を行った結果を報告する。

2. 実験概要

図-1に供試体の概要を示す。長さ230mmのM16ボルト(SNB7)を上向き施工し、下穴φ18mm、埋設長を130mmとした。樹脂注入式定着方式を使用し、接着剤の充填量を130mm(標準施工)、60mm、40mm、20mm(施工不良)とし、空気溜りがボルトの先端側に、接着剤がコンクリート表面側に充填されるよう施工した。

図-2に計測原理を示す。パルス電流発生装置より励磁コイルに瞬間的に電流を流すことによりコイル周辺に磁場を発生させ、コンクリートに埋設されているアンカーボルトを非接触で振動させる。この振動に伴って生じた弾性波をボルト頭部はLDVで、コンクリート表面はAEセンサで受信し、波形収集装置に格納する。AEセンサは、ボルトから30mmの位置の直角方向に2点設置する。

3. 入力条件の概要

電磁パルス法による衝撃入力に影響を与える要因として印可電圧、コイル巻き数を対象に入力条件を変化させ、磁場特性を評価した。印可電圧は400V、500V、600Vの3水準、コイル巻き数は、4、6、12ターンの3種類を使用した。得られた磁束密度の特性を図-3に示す。ここで磁束密度の立ち上がり速度は、立ち上がり時刻から10μ秒後の磁束密度の変化量から算出した。印可

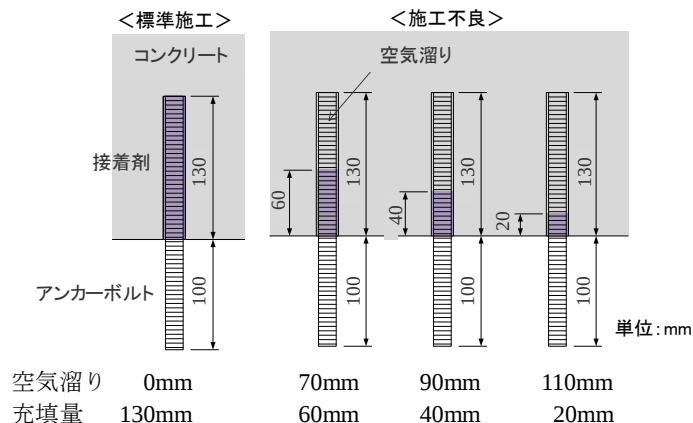


図-1 対象とする供試体

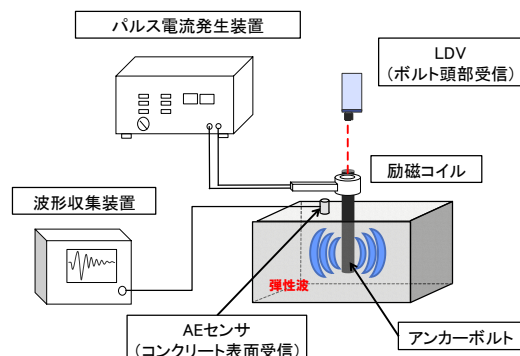


図-2 電磁パルス法による計測原理

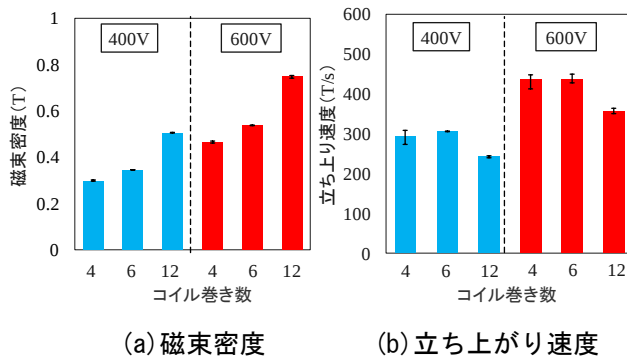


図-3 入力条件と磁場特性

電圧を高くすると磁束密度の立ち上がり速度は大きくなる。一方、コイルの巻き数を大きくすると磁束密度は増大するが、立ち上がり速度は低下することがわかる。

4. 評価指標

施工状況の評価指標として受信波形の波形エネルギー (E_n) を導入した。式(1)に計算式を示す。

$$E_n = \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (1)$$

ここで、 y_i は時刻歴波形の*i*番目のサンプル値である。ボルト埋設部に接着剤の未充填による空気溜りが存在すると、振動応答が変化し、波形エネルギーが変化する。そこで、振動応答を波形エネルギーにより定量化することにより充填不良の評価指標とした。また、周波数応答においては、最大エントロピー法(MEM)を適用して得られるピーク周波数を評価指標とした。

5. 実験結果

図-4、図-5に実験結果を示す。図-4(a)はボルト頭部における波形エネルギー、図-4(b)はコンクリート表面における波形エネルギーを示している。ボルト頭部を受信する方法では、充填量が小さいほど波形エネルギーが増大した。また、磁束密度が最も大きくなる印可電圧 600V、コイル巻き数 12 ターンで大きい検出感度が得られた。一方、コンクリート表面を受信する方法では、充填量が小さいほど波形エネルギーが減少した。また、磁束密度の立ち上り速度が最も大きい条件である印可電圧 600V、コイル巻き数 6 ターンにおいて、検出感度が大きい結果が得られた。

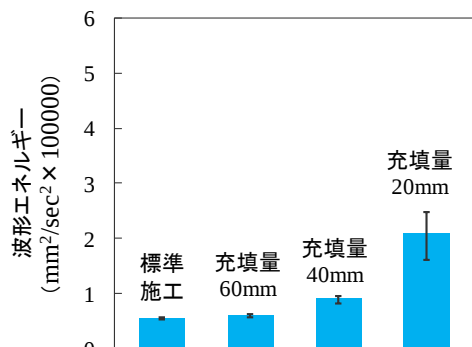
図-5(a)はボルト頭部における周波数応答のピーク周波数、図-5(b)はコンクリート表面における周波数応答のピーク周波数を示している。充填量が小さくなると、ボルト頭部、およびコンクリート表面いずれにおいても、ピーク周波数が低周波数側にシフトすることがわかった。また、磁束密度の立ち上り速度が最も大きい条件(印可電圧 600V、コイル巻き数 6 ターン)において、検出感度が大きい結果が得られた。これは、ボルト本体と定着部が一体として振動しており、ボルトの振動特性とコンクリートの振動特性が定着部の長さによって影響を受けているものと考えられる。

6. まとめ

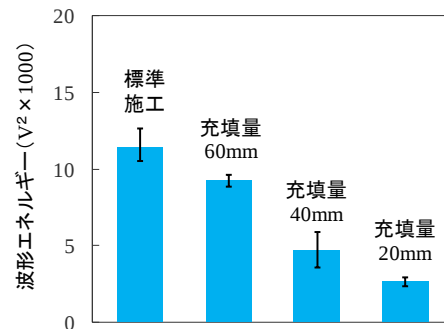
ボルト頭部では磁束密度が大きい入力条件、コンクリート表面では、磁束密度の立ち上り速度が速い入力条件で、充填不良を効率的に評価できる可能性があることが明らかになった。

謝辞

本研究は、関東経済産業局補助金(戦略的基盤技術高度化支援事業 受付番号: 2731412052)の援助により行ったものである。

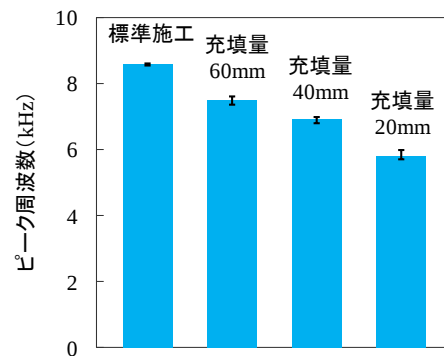


(a) ボルト頭部受信 (12 ターン-600V)

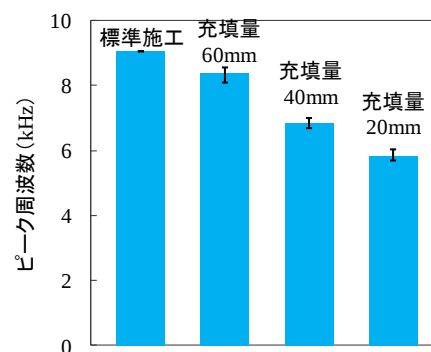


(b) コンクリート表面受信 (6 ターン-600V)

図-4 波形エネルギーによる評価結果



(a) ボルト頭部受信 (6 ターン-600V)



(b) コンクリート表面受信 (6 ターン-600V)

図-5 ピーク周波数による評価結果

参考文献

- 1) 宮田弘和, 内田慎哉, 鎌田敏郎, 服部晋一, 林本和也: 電磁パルス法による金属製あと施工アンカー固着部の非破壊評価に関する実験的検討, 土木学会第 71 回年次学術講演会概要集, V-490, 2016