第 V 部門 電磁パルス法による接着系あと施工アンカーボルト固着部の接着剤の充填状況の評価手法

立命館大学理工学部	学生会員	○前川	晴香	立命館大学理工学部	正 会 員	内田	慎哉
西日本高速道路(株)	正 会 員	宮田	弘和	大阪大学大学院工学研究科	正 会 員	鎌田	敏郎
大阪大学大学院	学生会員	劉	軒	立命館大学大学院	学生会員	木村	貴圭

1. はじめに

本研究では、コンクリート中に埋め込まれた近接す る2本の接着系あと施工アンカーボルトを対象にして、 電磁パルス法によりアンカーを加振し、その振動をレ ーザードップラ振動計で受信する計測を行い、非破壊 で各ボルト固着部における接着剤の充填状況を評価す る方法についての検討を行うことを目的とした.

2. 実験概要

2.1 供試体

図-1 に供試体の概要を示す. コンクリート部分の寸 法は縦 1000mm×横 1000mm×厚さ 350mm であり,そ こに直径 24mm, 深さ 130mm の穴を 8 箇所開けた. 孔 内に長さ 240mm のアンカーボルトをコンクリート表面 から 110mm 突出するように設置した後,接着剤を流し 込むことでボルトを固定した. 接着剤の充填率としては 4 水準 (25, 50, 75, 100%)を設け,図-2 に示すよう に充填率ごとにアンカーボルトを 2 本設置した. なお, 同一充填率における 2 本のボルトを区別するために,各 ボルトの名称を「ボルト A」および「ボルト B」とし, ボルト A の中心位置からボルト B の中心位置までの距 離は 100mm とした. また,ナットで鋼製プレートとボ ルトを固定できるようにし,ナットとプレートの有無が 弾性波特性に与える影響を把握することとした.

2.2 電磁パルス法による計測の概要

写真-1に計測概要を示す. 励磁コイルは円筒形状 とし、コイル上端とボルト上端が一致するように設置 した. 励磁コイルに瞬間的に大電流を流し、動磁場を 発生させることによりアンカーボルトを振動させた. ボルト頭部に設置したレーザードップラ振動計からボ ルト頭部の表面にレーザーを垂直に照射することで、 振動する反射面の速度成分を測定した. 記録した波形 から、周波数スペクトルを算出した.

3. 実験結果

3.1 ボルトのみの状態で測定した結果

Haruka MAEKAWA, Shinya UCHIDA, Hirokazu MIYATA, Toshiro KAMADA, Xuan LIU, Takayoshi KIMURA rv0022hk@kankyousystem.jp



図-1 供試体概要







写真-1 電磁パルス法による測定状況

図-3 に、ナットとプレートを設置せずボルトのみ の状態で測定を行った場合の受信波形の周波数スペク トルを示す.周波数スペクトルの算出方法には、最大 エントロピー法を適用した.図によれば、接着剤充填 率が大きくなるにしたがって高周波側にピークがシフ トしている.ここで、アンカーボルトの振動は、接着 剤部分を固定端、他方のボルト先端を自由端とした片 持ち梁の振動挙動を示すと仮定して、1 次振動モード の固有振動数を算出した.計算結果を表-1 に示す. 表より、計算値と測定値は多少異なる場合があるもの の、充填率が大きくなると周波数スペクトル上のピー クが高周波側にシフトする傾向は合致している.

ここで、8kHz 以上の周波数範囲に着目すると、充 填率 25%の場合にのみ、12kHz 周辺にピークが出現し ていることが確認できる.ここで、ボルト頭部で励起 された弾性波がボルト底部で反射し、再度頭部に伝搬 する多重反射により出現するピーク周波数の理論値は 以下の式により算出できる.

$$f = \frac{V_p}{2L} \tag{1}$$

ここで、f: 縦波共振周波数(Hz)、L: ボルトの長さ
(m)、V_p: 縦波速度(m/s) である.

式(1)より,理論値は 11kHz となり,図-3 に示す 12kHz 付近のピークと概ね一致している.充填率が低 い場合は,コンクリートへ伝搬する波の成分が少なく なり,ボルト内部を伝搬する波の成分が多くなったも のと解釈できる.以上より,片持ち梁の振動モードに 類似した挙動に加えて,ボルト軸方向を伝搬する波の 挙動も同時に捉えていることがわかった.両者の挙動 に着目すれば,ボルト周辺における接着剤の充填状況 を把握できる可能性がある.

3.2 プレートとナットを設置してボルトを締め付けた 状態で測定した場合

図-4 にボルトをプレートとナットで締め付けた場 合の受信波形の周波数スペクトルを示す.ボルトのみ の状態で測定した場合(図-3 参照)は,充填率が大 きくなると片持ち梁の固有振動数であるピークが高周 波数側へとシフトする現象がみられたが,ナットで十 分に締結されるとこうした特徴が見られなくなった. しかしながら,いずれのボルトにおいても,12kHz 周 辺のピークの存在に着目すると,充填率 25%において 縦波共振周波数のピークが出現していることがわかる.



図-3 周波数スペクトル(ボルト単体)

表-1 片持ち梁1次モードの固有振動数



したがって、ボルト2本が近接する場合においても、 縦波共振周波数に着目すれば、近接するボルトの影響 を受けることなく、本手法により充填率が25%程度以 下の低いものを検知できることが明らかとなった.

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す.

- (1) レーザードップラ振動計によりアンカーボルト頭 部で受信する方法では、片持ち梁の振動モードに 類似した挙動に加えて、ボルト軸方向を伝搬する 弾性波の挙動も同時に捉えていることが明らかと なった。
- (2) 周波数スペクトル上における縦波共振周波数に着 目すれば、ボルトが近接し、かつナットでボルト が締結された状態においても、アンカーボルト固 着部の充填率が 25%程度以下の低いものを検出で きる可能性があることがわかった.

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (若手研究(B) 25820194)の援助を受けて行なった ものである.ここに記して謝意を表する.