

電磁パルス法を用いた非破壊での接着系あと施工アンカー部の断面欠損検出に関する検討

大阪大学工学部 学生会員 ○本田 圭佑 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 加藤 梨花
西日本高速道路(株) 正会員 松尾 祐典 大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基
大阪大学大学院工学研究科 正会員 服部 晋一 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

1. はじめに

近年、接着系あと施工アンカー部の施工不良や部材腐食等に起因する不具合等が発生しており、アンカー部の状態を評価する必要性が高まっている。これに対し、電磁パルス法を適用し施工不良や引抜耐力低下を非破壊で評価する研究が行われているが、供用中のボルトに発生する、腐食等に起因する断面欠損に関する検討は不十分である。そこで本研究では、電磁パルス法による断面欠損検出に向け解析と実験による検討を行った。

2. 計測システムの概要

計測システムの概要を図-1に示す。コンクリート中に埋設されたアンカーボルトに対し、パルス磁場を生成する励磁コイルをコンクリートおよび鉄製プレート(SS400)上に配置した。断面欠損は、ベースプレートの貫通部から雨水が浸水し、腐食が下方へ向けて進展することを想定し、断面欠損長さ(欠損部の軸方向の長さ)とコイル高さ(コンクリート面から励磁コイル底面までの距離)を検討のための指標とした。

3. 解析的検討

3.1 解析概要

図-2に解析モデルの概要を示す。ここでは、励磁コイルに電流を流した際に生じるボルト表面の磁束密度を計算した。プレート(SS400)部は $360\text{mm} \times 360\text{mm} \times 10\text{mm}$ とし、コンクリート部は $400\text{mm} \times 40\text{mm} \times 300\text{mm}$ 、ボルトは直径 16mm 、突出長 100mm 、埋込長 130mm とした。また、接着剤はボルト周辺に 1mm の層を設定した。また、長さ 30mm 、厚さ 2mm の周回切削によってボルトの断面欠損を模擬し、コイル高さをコンクリート面上から 10mm に設定した。また、励磁コイルはプレートの直上に、加振方向や加振力を安定させるため、励磁コイルを片方向に 10mm 偏心させ配置した。

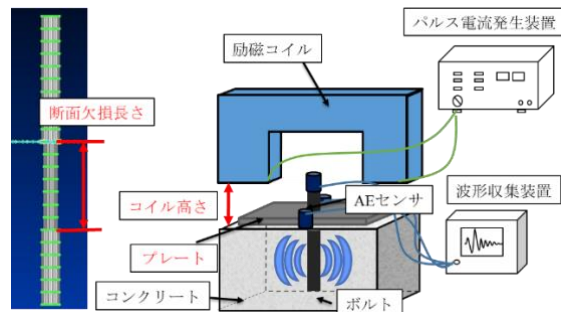


図-1 計測システムの概要

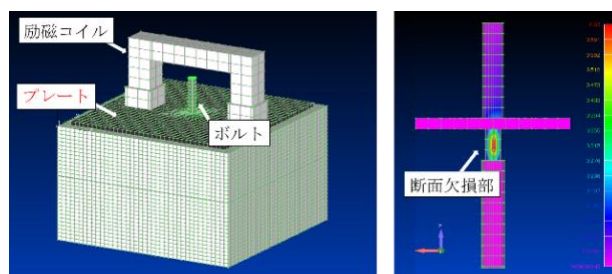


図-2 解析モデル

図-3 磁束密度のコンター

3.2 解析結果

図-3にアンカー部に作用する磁束密度のコンターを示す。この図より、プレートなどの磁性体がコンクリート上面に配置されている状況でも、磁力線は欠損部に集中していることが分かった。図-3に示すモデルは、ボルトとプレートとの間に 1mm の隔たりを設けているが、両者が接触している場合においても同様の傾向が見られた。

4. 実験的検討

4.1 実験概要

供試体外観を図-4(a)に示す。コンクリートの寸法は、 $1100\text{mm} \times 1100\text{mm} \times$ 高さ 300mm とした。断面欠損長さは $0, 10, 20, 30, 50, 70\text{mm}$ に設定し、接着剤充填不良を $10\text{mm}, 30\text{mm}, 50\text{mm}$ の長さで模擬したボルトを用意した。なお、いずれも解析モデルと同様に突出長 100mm 、埋込長 130mm とした。

次に計測装置の上面図を図-4(b)に示す。巻数が9

キーワード 非破壊検査手法, 接着系あと施工アンカー, 電磁パルス法, 断面欠損

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学工学部 社会基盤設計学領域 TEL:06-6879-7618

ターンであるコの字型の励磁コイルをプレートの直上に非接触で配置し、設定印加電圧は900Vとした。ボルトの振動によって発生する弾性波を、プレートの近傍に配置したAEセンサを用いて各ボルトにつき3回ずつ計測を行った。

4.2 評価指標

本研究では評価指標として波形エネルギー、周波数スペクトルに着目した。波形エネルギーは時刻歴応答波形の各サンプリング点の2乗和であり、以下の式(1)で表される。

$$E = \sum_{i=0}^n y_i^2 \quad (1)$$

ここで、 E ：波形エネルギー、 y_i ：応答波形における各サンプリング点の振幅値、 n ：時刻歴波形でのサンプリング数 ($n=10000:0\sim 10000\mu s$) である。

また、周波数分析では受信波形をFFT（高速フーリエ変換）し、周波数スペクトルを評価した。

4.3 実験結果

図-5に縦軸：波形エネルギー、横軸：コイル高さ、奥行き：断面欠損長さとしたグラフを示す。プレートの有無に関わらず、断面欠損長さの増大に伴い波形エネルギーは増加し、長さ50mm以上の断面欠損検出の可能性が示唆された。続いて図-6にプレートの無いアンカー部での周波数スペクトルを示す。この図より、断面欠損長さ30mm以上のとき6~8kHzに顕著なピークが表れ、長さ30mm以上の断面欠損検出の可能性、および接着剤充填不良のあるボルトと区別できる可能性が示唆された。さらに図-7にプレートを有するアンカー部での周波数スペクトルを示す。この図より、断面欠損長さ50mm以上の時6~8kHz付近でスペクトル強度が著しく増大し、断面欠損検出の可能性があることが分かった。

5 まとめ

- (1) プレートの存在やボルトと附属物の接触状況に依らず、励磁コイルによるパルス磁場は断面欠損部に集中することが分かった。
- (2) コイル高さが20~30mmにおける波形エネルギーから、本実験の条件下では長さ50mm以上の断面欠損を検出することが可能であった。
- (3) 6~8kHz付近のピークスペクトルに着目すると、プレートが無いアンカー部では長さ30mm以上、プレートを有するアンカー部では長さ50mm

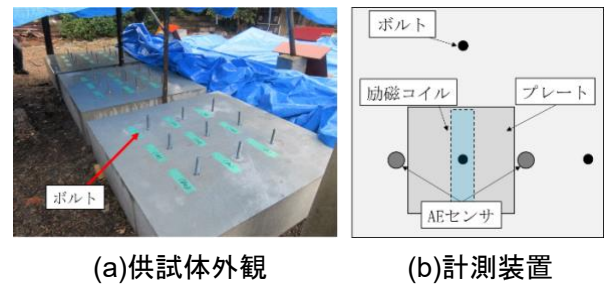


図-4 供試体概要

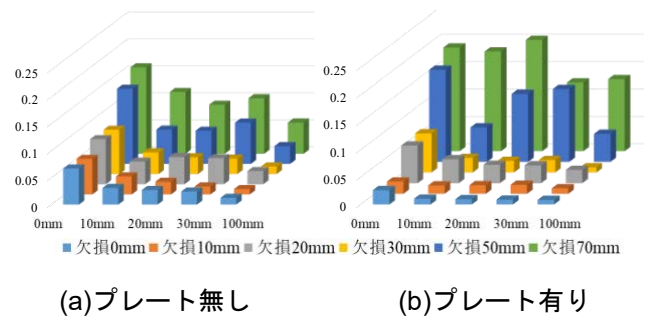


図-5 波形エネルギー

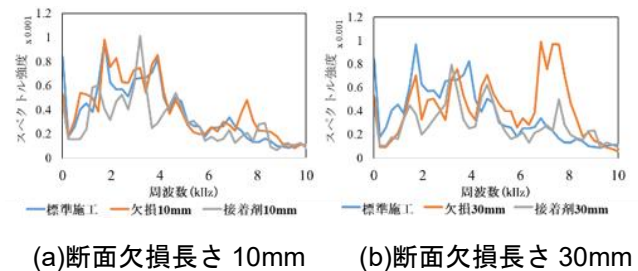


図-6 周波数スペクトル（プレート無し）

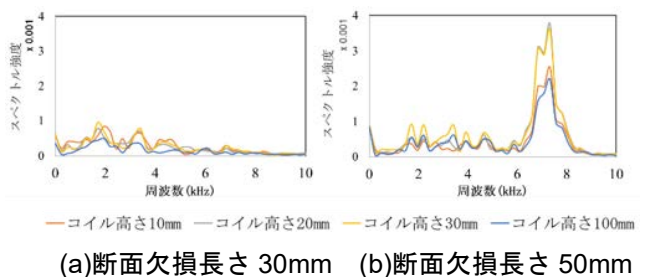


図-7 周波数スペクトル（プレート有り）

以上の断面欠損をコイル高さに依らず、検出することが可能であった。

謝辞

本研究は、大阪大学大学院工学研究科 西日本高速道路学共同研究講座における共同研究の一環として行われたものである。記して謝意を表す。

参考文献

木村貴圭, 内田慎哉, 宮田弘和, 鎌田敏郎:電磁パルス法による接着系あと施工アンカー固着部の非破壊評価手法に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.2116-2121, 2014