

AE パラメータを用いた鋼矢板 - コンクリート複合材の付着特性評価に関する実験的研究

藤村ヒューム管 (株) 正会員 ○佐藤 弘輝
 新潟大学 自然科学系 (農学部) 正会員 鈴木 哲也
 (株) 水倉組 正会員 小林 秀一

1. はじめに

既存の社会基盤施設は、老朽化に伴う適切な補修が不可欠である。既存の施設には、効率的に LCC (Life Cycle Cost) の低減を図る技術の構築が急務な技術的課題である。本論の研究対象である農業用水利施設の鋼矢板護岸は、実環境下で腐食が顕在化している施設が散見されている。筆者らは、技術的課題を解決する手法として既存施設にコンクリート被覆を行う手法を検討している。本論では、鋼矢板とコンクリートの界面での付着特性を AE 法により評価した結果を報告する。

2. 試験方法

2.1 供試体

本論で供試した試験体には、鋼矢板表面性状を観察するための「鋼矢板表面観察供試体」と付着試験を実施した「付着試験供試体」の 2 種類がある。

鋼矢板表面観察供試体を図-1 に、鋼矢板表面の観察範囲を図-2 に示す。

本研究では、既設鋼矢板切片の水路面側および土面側での腐食状況を把握するため、既設鋼矢板の表裏および未使用鋼矢板の表面性状の観察を行い、既設鋼矢板護岸における一般的な鋼矢板表面性状の把握を行った。評価パラメータは、算術平均粗さである。鋼矢板表面の観察は、5 枚の直径 47 mm 切片について中央 10 mm 角の範囲で実施した。表面の観察には、三次元構造解析顕微鏡 (Wyko 製 NT - 3300) を使用して算術平均粗さの測定を非接触で実施した。測定結果を元にコンクリートと付着させる水路面側の鋼矢板の表面性状の把握を行った。

付着試験供試体の種類を表-1 に、供試体の形状寸法を図-3 に示す。鋼矢板切片とコンクリートの付着試験は、2 ケースで実施した。供試体作成に用いた鋼矢板は、未使用の鋼矢板と供用後 30 年が経過して腐食が進行した水路から採取した既設鋼矢板を使

用し、各々から 150 mm 角の鋼矢板切片を切り出した。既設鋼矢板表面は、ケレン処理を行ってコンクリートが付着する表面のサビ層や付着物を除去した。各鋼矢板切片には、万能試験機のチャックで引っ張り上げられるように鋼矢板中央に鋼棒を溶接にて取り付けた。供試体は、図-3 に示すように凸型の固定部材の上部開口箇所鋼矢板切片を設置し、固定部材の中空部分に平均圧縮強度 26.6 N/mm² のコンクリートを打設して供試体を作成した。

2.2 付着試験

付着試験は、万能材料試験機 (島津製作所製 AG - 250kNI) を使用して行った。載荷速度は、土木学会基準 (JSCE - K 531 - 2010) に準じて 2,000 N/min の

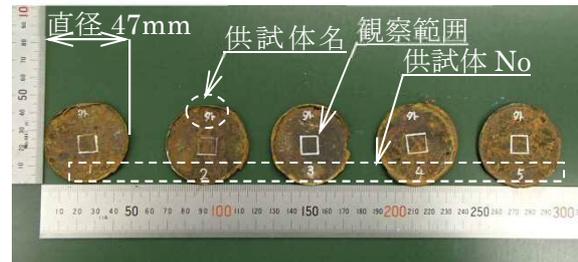


図-1 観察試料

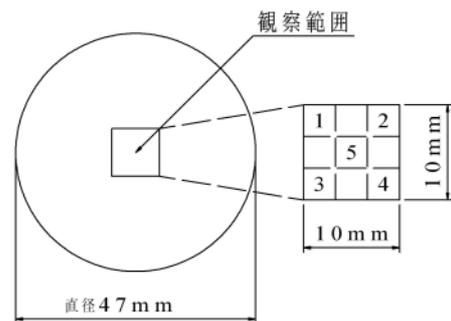


図-2 鋼矢板表面の観察

表-1 供試体の種類

ケース	材料構成	鋼矢板厚 (mm)
Case 1	未使用鋼矢板 +コンクリート被覆	t=6.0~6.1mm
Case 2	既設鋼矢板 +コンクリート被覆	t=4.7~5.7mm

キーワード 鋼矢板, コンクリート, 付着試験, AE 法, AE 源位置標定

連絡先 〒945-0061 新潟県柏崎市栄町 7-8 藤村ヒューム管 (株) TEL. 0257-22-3144 E-mail: satou.kouki@fujimura.gr.jp

一定速度として鋼矢板に取り付けた鋼棒を引っ張り上げ、鋼矢板とコンクリートが剥離するまで荷重した。

2.3 AE計測

本研究では、荷重過程において材料の微小破壊時に発生する弾性波をAE法により計測した。AEセンサは、コンクリート下面に4センサ、両側面に各2センサ配置した。計測装置は、SAMOS (PAC社製)、350 kHz共振型センサを使用し、しきい値を42 dB、増幅値を60 dBに設定した。

3. 結果および考察

3.1 鋼矢板の表面性状

鋼矢板の水路面と土面での算術平均粗さと板厚の関係を図-4に示す。

検討の結果、鋼矢板の表面性状の観察では水路面側および土面側で各々異なる表面性状の傾向が確認された。

既設鋼矢板の残存板厚は、3.0~3.9 mmであった。未使用鋼矢板の板厚が6.0~6.2 mmであることから、既設鋼矢板の残存板厚は、未使用鋼矢板の50~60%であった。既設鋼矢板の表面粗さは、水路面側で算術平均粗さ13.61~24.87 μm、土面側では6.03~9.89 μmが確認された。未使用鋼矢板の算術平均粗さが、3.74~6.92 μmであることから、水路面側での算術平均粗さが大きい傾向が確認された。

以上より既設鋼矢板水路面側は、腐食の進行によって鋼矢板表面の算術平均粗さが大きくなる傾向が確認されたものと考えられる。このことから、付着試験でコンクリートと付着させる既設鋼矢板護岸の水路面側は、算術平均粗さが土面側と比較して大きく、腐食の進行は、水路面側で進行しているものと考えられる。

3.2 付着試験における鋼矢板 - コンクリート複合材のAEパラメータの発生挙動

各ケースの引張試験結果を表-2に示す。鋼矢板とコンクリートの付着特性は、既往研究¹⁾により荷重-変位挙動と累積AEヒット数の特性とに関連が確認された。付着応力度と変位量の関係は、いずれも一連の荷重過程で直線状に増加する傾向と実構造物の20倍以上の付着力を有することが確認された。

本報では、検出したAEの振幅値およびAEエネルギーの特徴量を破壊挙動との関連から更に考察した。

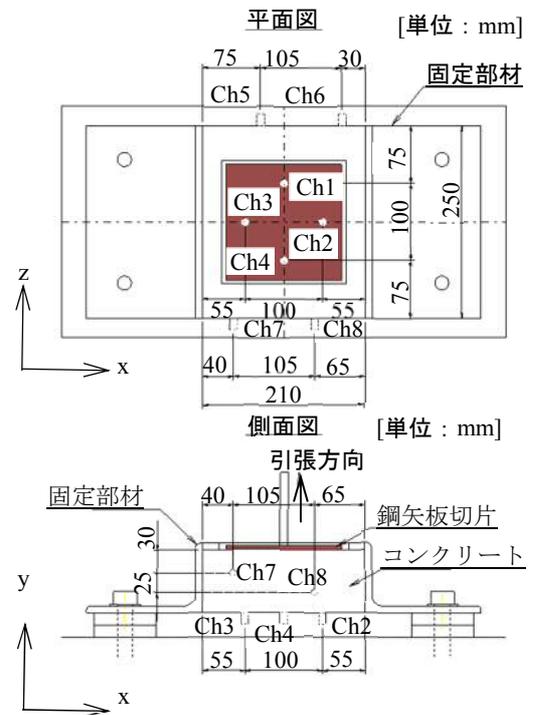


図-3 供試体形状寸法図

- ◆ 未使用鋼矢板
- 既設鋼矢板水路面側
- × 既設鋼矢板土面側

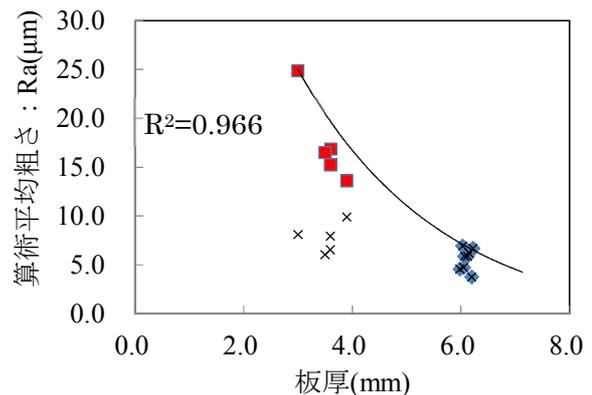


図-4 鋼矢板表面の算術平均粗さと板厚の関係

表-2 試験結果のまとめ

ケース	最大荷重 (kN)	最大荷重時の累積AEヒット数
Case 1	4.51	194
Case 2	2.83	863

図-5に応力度レベル - AEパラメータの関係を示す。AEパラメータは、最大振幅値とAEエネルギーである。検討の結果、最大振幅値とAEエネルギーは類似の挙動を示すことが確認された。

Case 1では、最大振幅値が一連の荷重過程においてほぼ直線状に推移する傾向が確認された。AEエネルギーは、応力度レベル30%で発生挙動が異なる傾向が確認された。Case 2では、応力度レベル60%においてAEエネルギーの傾向の変化が確認された。

応力度レベルの増加に伴う AE エネルギーの変化は、付着試験の進行に伴う破壊挙動の進行と密接に関連し、局所的に発達した破壊部位が連結したことにより、エネルギー値の増加が確認されたものと推察される。

Case 1 の累計エネルギーにおいて応力度レベル 30%まで勾配が急である傾向が確認されたのは、この段階で鋼矢板の鋼棒直下で剥離が進行していたものと考えられる。Case 1 で最大付着力が確認された理由は、コンクリートに埋め込まれた未使用鋼矢板中央の山の高さが、Case 2 よりも深いためと推察されるが、検出された AE のエネルギー値は、既設鋼矢板と比較して小さいことから、界面での靱性が小さいものと考えられる。Case 2 では応力度レベル 60%で、最大振幅値、AE エネルギー共に発生挙動が大きくなる傾向が確認されたことから、鋼矢板の表面の粗さに入り込んだコンクリートが、付着性能に大きく寄与しているものと考えられる。

3. 3 AE パラメータの変化点における AE 源位置標定結果

図-6 に各ケースの AE エネルギーの変化点である 30%および 60%における X-Z 方向の AE 源位置標定を示す。検討の結果、両ケースで異なる AE 発生挙動が確認され、最大振幅値や AE エネルギーの増減と共通する発生挙動が確認された。

Case 1 では、応力度レベル 30%以下の位置標定で振幅値 60~79dB の AE ヒットが供試体中央付近で集中的に確認された。その後応力度レベルの上昇とともに供試体内部に AE ヒットが分散する傾向であるが、Case 2 と比較して分散範囲が小さい傾向が確認された。Case 2 では、応力度レベル 60%以上の位置標定において応力度レベルの進行とともに AE ヒットが広範囲に分散する傾向が確認された。両ケース共、応力度レベル 30%以下では AE ヒットが少ない傾向、最大振幅値および AE エネルギーの発生挙動と同様な傾向が確認された。

Case 1 における AE エネルギーにおいて応力度レベル 30%までの勾配が急である傾向は、供試体中央での集中的な AE ヒットに起因するものと考えられる。Case 1 では、Case 2 と比較して、AE ヒットが分散する傾向が確認されなかった。Case 2 で AE ヒットが広範囲に分布している傾向が確認された。以上の

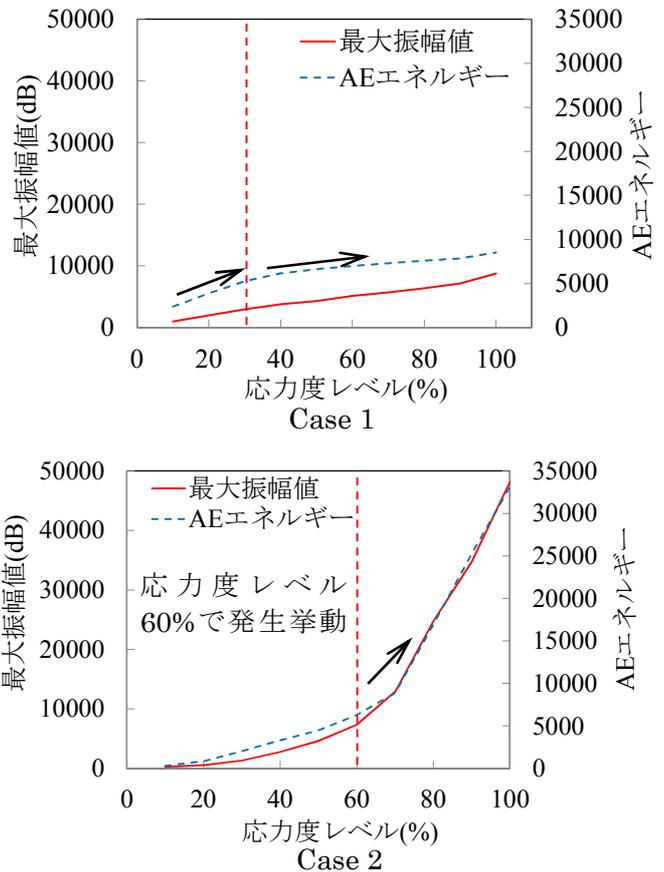


図-5 応力度レベル - 累計振幅値と
累計エネルギーの関係

ことから、累計エネルギーおよび累計振幅値と同様に表面の粗さが影響しているものと考えられる。特に鋼矢板の粗さの影響は、荷重過程の後半で界面での付着特性に大きな影響を与えるものと考えられる。

4. おわりに

本論では、本検討技術を確認するために必要不可欠な鋼矢板 - コンクリート複合材の界面での付着特性を応力度レベルに着目して AE パラメータにより評価した。

結果、コンクリートの付着性能は、鋼矢板の表面性状の影響を受けることが示唆された。以下に今回の検討の結果を列記する。

- (1) 鋼矢板の表面観察の結果、水路面側での算術平均粗さが大きい傾向が確認された。このことから、付着試験でコンクリートと付着させる既設鋼矢板護岸の水路面側は、算術平均粗さが土面側と比較して大きく、腐食の進行は、水路面側で進行しているものと考えられる。
- (2) AE 源位置標定では、未使用鋼矢板を用いたケースと既設鋼矢板を用いたケースを比較し、荷重過程の後半での AE ヒットの発生挙動が異なる

