(22) AE法およびデジタル画像相関法を用いた鋼 矢板 - コンクリート複合材の曲げ特性評価

長崎 文博1・鈴木 哲也2・小林 秀一3・山岸 俊太朗4・佐藤 弘輝5

¹正会員 藤村ヒューム管株式会社 技術営業部(〒945-0061新潟県柏崎市栄町7番8号) E-mail:nagasaki@fujimura.gr.jp

²正会員 新潟大学准教授 自然科学系(農学部) (〒950-2018 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050) E-mail:suzuki@agr.niigata-u.ac.jp

³正会員 株式会社水倉組 営業本部 (〒953-0041 新潟県新潟市西蒲原区巻甲5480) E-mail:s_kobayashi@mizukura.co.jp

⁴学生会員 新潟大学大学院 自然科学研究科 (〒950-2018 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050) E-mail:f12e016c@mail.cc.niigata-u.ac.jp

⁵正会員 藤村ヒューム管株式会社 技術営業部(〒945-0061 新潟県柏崎市栄町7番8号) E-mail:satou.kouki@fujimura.gr.jp

近年,鋼矢板を用いた農業用開水路の早期腐食が技術的課題となっている.本報では,既設鋼矢板にコ ンクリート被覆を施した複合材の曲げ載荷時の特性評価を試みた結果を報告する.検討にはAE法とデジ タル画像相関法(DICM)を用いた.試験体は,既設鋼矢板,コンクリートおよびプレキャストパネルの 三層で構成されている.検討の結果,試験体の変形挙動は,AEやDICMの試験パラメータを用いることに より評価可能であることが明らかになった.鋼矢板-コンクリート複合材の変形挙動は,鋼矢板の凸凹形 状に起因すると考えられるねじれ現象と密接に関連していることが示唆された.

Key Words : *steel sheet pile, corrosion, concrete coating, bending test, acoustic emission, digital correlation method*

1. はじめに

農業水利施設の一つである鋼矢板を護岸とした農業用 水路は、その施工性と経済性から戦後の高度成長期に集 中的に整備された.これらの鋼矢板水路には、長期供用 に伴う経年劣化や耐用年数を迎える施設が増加している.

鋼矢板は鋼材の腐食反応により、断面を減少させる. 鋼材の断面減少はそのまま断面性能の低下に影響するが、 鋼矢板水路では、供用期間中の腐食による肉厚減少を考 慮した腐食代を設定している.一般に、設計で設定され る腐食代は、表裏合わせて2 mmである¹⁾.しかし、鋼矢 板水路の腐食状況調査によると、常時水位の水面付近で の腐食の進行が早く、特に供用年数が20年を超えた水路 で腐食の進行が顕在化することが報告されている³.こ のことから、この部位において腐食代を消失する前に、 鋼材腐食を踏まえた適切な補修工法の開発が急務な課題 である. 既存の腐食対策工法には、ウレタン樹脂などを鋼矢板 の表面に塗布する補修工法が挙げられるが、筆者らは、 図-1に示した、コンクリートを被覆材とした補修工法を 開発している.被覆材にコンクリートを選定した理由は、 従来工法と比較して、施工性、普及性およびLCC(Life Cycle Cost)の低減の観点から優位にあることと、鋼矢板



図-1 既設鋼矢板水路のコンクリート被覆による補修例

表-1 供試体の種類

ケース	種別	材料構成			
Case 1	既設鋼矢板	軽量鋼矢板 ==4.2 mm~6.1 mm			
Case 2	未使用鋼矢板	軽量鋼矢板 ⊨6.0 mm~6.1 mm			
Case 3	既設鋼矢板 +コンクリート	軽量鋼矢板 ⊨4.2 mm~6.1 mm, コンクリート σ _d =18 N/mm ²			
Case 4	未使用鋼矢板 +コンクリート	軽量鋼矢板 ⊨6.0 mm~6.1 mm, コンクリート σ _d =18 N/mm ²			

にコンクリートを被覆した鋼矢板 - コンクリート複合材 による鋼矢板の補強効果が期待できることにある.

本研究では、腐食代を有した既設鋼矢板にコンクリートを被覆した鋼矢板 - コンクリート複合材の力学特性に 着目し、実験室内でのモデル載荷試験による曲げ特性の 評価を試みた.

載荷試験による曲げ特性は、変形挙動と共にAE (Acoustic Emission)法による破壊挙動の評価を行った. また、鋼矢板の大局的な変形の観察の為、デジタル画像 相関法(DICM)による全視野計測を試みた.

2. 曲げ載荷試験

(1) 供試体

a) 試験ケース

曲げ載荷試験は表-1 に示す4ケースの供試体について 実施した.供試体には、実構造物から採取した既設鋼矢 板と未使用の鋼矢板を用いた.それぞれについて、鋼矢 板単材と鋼矢板にコンクリートを被覆した鋼矢板 - コン クリート複合材の材料構成で供試体を製作した.以上か ら各供試体は、Case 1が既設鋼矢板単材、Case 2が未使用 鋼矢板単材、Case 3が既設鋼矢板 - コンクリート複合材、 Case 4が未使用鋼矢板 - コンクリート複合材として製作 した.これらの供試体の形状図を図-2 に示す.供試体 の寸法は、鋼矢板2 枚を1 組として幅0.7 m× 長さ1.5 m で製作した.

b) 鋼矢板

鋼矢板の型式は,軽量鋼矢板3D型で規格板厚は6 mm である.既設鋼矢板は供用30年が経過しており,腐食が 確認された(図-3).この既設鋼矢板を用いたCase 1, Case 3は,供試体の製作に先立って鋼矢板表面の腐食生 成物や付着物を高圧洗浄機(14 MPa)にて除去した.そ の後,未使用鋼矢板と共に各供試体の板厚測定を実施し た.板厚測定は,超音波厚さ計を用いて供試体1体につ き,長さ方向14点×幅方向8点の計112点を測定した. 各供試体の長さ方向の平均板厚分布を図-4 に示す.腐 食による板厚減少は,農業用排水路の鋼矢板護岸におけ る水位の変動域(干満帯)で発生しており,既設鋼矢板 の板厚は4.2 mmから6.1 mm,平均板厚は5.2 mmであった.



5 6

板厚 (mm)

7

図-4 鋼矢板の板厚分布

3 4

測定点

鋼矢板測定点

表-2 荷重条件

載荷サイクル		1	2	3	4	5	6	7
荷重(kN)	Case 1, Case 2	22	27	33	38	43	48	54
	Case 3, Case 4	20	25	31	36	42	46	51
作用モーメント(kN・m)		18	22	27	31	35	39	43



図-5 曲げ試験概要図

既設鋼矢板の規格板厚に対する減少率は,最大で30%, 平均で13.3%であった.以上から,既設鋼矢板は腐食に よる板厚減少を生じているが,この減少量は,腐食代2 mmの範囲内であり,腐食代を有した状態であることが 確認された.尚,既設鋼矢板の板厚減少部分は,後述す る片持ち梁形式の曲げ載荷試験での載荷スパン部分に分 布している.

c) 充填コンクリート

鋼矢板 - コンクリート複合材であるCase 3およびCase 4 のコンクリート被覆は、プレキャストパネルを残存型枠 として用いてコンクリートを充填した.よって、供試体 は、鋼矢板と充填コンクリートおよびプレキャストパネ ルの三層で構成されている.

プレキャストパネルは、幅350 mm×高さ500 mm×厚 さ30 mmのガラス短繊維補強モルタルによる加圧成形板 である.供試体1体当りのプレキャストパネルの使用枚 数は6枚である.このプレキャストパネルの相互連結は、 パネル隅角部に埋め込まれたインサートに鋼板=3.2 mm を加工した固定プレートを用いてボルト(M10)によっ て連結した.

充填コンクリートは、鋼矢板とその前面に配置したプ レキャストパネルの間にコンクリートを充填した. コン クリート打設時のプレキャストパネルの位置保持のため、 鋼矢板とプレキャストパネルを接合した. この接合方法 は、丸鋼(直径16 mm)を接合材として、鋼矢板とプレ キャストパネルの相互連結に用いた固定プレートを互い に溶接で接合した. 充填コンクリートの設計基準強度は、 σ ck=18 N/mm²(材齢28日)である. 充填コンクリート とプレキャストパネルによる被覆厚さは、プレキャスト



図-6 試験状況

パネルの厚さ30 mmを含めて,鋼矢板の凹凸に応じて =125~275 mmとした(図-2).

(2) 曲げ載荷試験

曲げ載荷試験の概要図を図-5,試験状況を図-6 に示 す.曲げ載荷試験は、載荷スパン 0.8 mの片持ち梁で実 施した.変位挙動は、ロードセルによる荷重計測と変位 計による変位計測から評価した.変位計測は、変位計を 供試体の片持ち梁先端に配置し、載荷方向の変位を計測 した.

載荷方向は供用時の作用荷重を想定して,農業用排水 路に常時土圧が作用する方向,すなわち既設鋼矢板にお いては土面に接していた側,鋼矢板-コンクリート複合 材においては鋼矢板面側から載荷を行った.

荷重条件は, 表-2 に示す載荷サイクルを設定した. 載荷方法は,繰り返し載荷として各サイクルで3回の載 荷を繰り返した.載荷荷重は,既設鋼矢板を採取した農 業用排水路の設計モーメント (=18 kN・m) とその 1.5 倍 (=27 kN・m) を基準値として設定した.載荷荷重が 鋼矢板単材 (Case 1, Case 2) と鋼矢板 - コンクリート複 合材 (Case 3, Case 4) で異なるのは,供試体を片持ち梁 として設置した際に作用する自重モーメントの影響によ るものである.

(3) AE計測

曲げ載荷過程における破壊挙動をAE法により計測し, 供試体の材料安定性の評価を試みた.

AE法とは物体のエネルギ解放に伴って発生した弾性 波を受動的に検出する手法であり、検出波の特性を各指 標値(AEパラメータ)により定量的に評価するもので ある³.

AE計測は, SAMOS-AEシステム(PAC社製)を用いた. 閾値は42 dBで,検出波は60 dBで増幅した. AEセンサは,共振型(150 kHz)を用いて図-7 に示すように供試体の表面に8センサを等間隔に設置した.

本研究では、評価指標値にAEヒット数とCalm比を用 いた.ここで、AEヒット数は、一連の載荷および除荷 に発生するAE発生総数である.Calm比とは、NDIS2421⁴ にて定義されているAEパラメータである.この評価値 は、「除荷時に計数されたAEヒット数」に対する「履 歴のサイクル中に計数されたAEヒット数」で表される. これは、繰り返し荷重下でのAE発生挙動において、載 荷時に比べて除荷時の不活発さが安定性の指標となるこ とから、Calm比は不活発さを健全性の指標としている. すなわち、Calm比の上昇は材料劣化を意味しており、 本研究では、このような材料劣化が進行した状態 (Clam比≒1.0)を材料の力学的安定性の低下と定義し て検討を行った.

(4) 画像計測

凹凸状の複雑な断面形状で構成される鋼矢板について, DICMによる変位解析を試みた.

DICMは、測定対象物表面をCCDカメラなどで撮影し たデジタル画像を解析することにより、計測範囲全体の 変形の大きさと方向を推定する解析手法である⁵. この とき、2台のカメラを用いることで3次元変形を解析する ことができる. 解析原理は、測定対象物表面の計測範囲 にスプレーなどで不定形ドット(ランダムパターン)を 施し、測定対象物の変形前と変形後の移動量を追跡する ことにより、変形量と変形方向を解析するものである.

変形前の画像データより任意の点を中心とした小領域 (サブセット)を指定し、変形後の画像データから変形 前の指定小領域と相関性の高い小領域を探索することに より、小領域の中心点の移動量と移動方向を評価するこ とができる.

画像計測は、鋼矢板単材の Case 1 および Case 2 につい て実施した.計測機器は、デジタル 3D コリレーション システム (Correlated Solutions 社製)を用いた. 図-8 に示 すように、CCD カメラを 2 台使用して、異なる方向か ら鋼矢板の表面を撮影し 3 次元変形を解析した.計測に あたり、計測範囲の鋼矢板表面に白色のランダムパター ンを描画した.また、CCD カメラの画像のひずみ補正 をキャリブレーションプレートを使用して行った.計測 範囲には、4 台のハロゲンライトを用いて照度を一定に 保ち、画像撮影を実施した.画像の撮影間隔は、100 Hz である.





図-10 残留変位量と作用モーメントの関係

22 - 4

3. 試験結果と考察

(1) 変位測定結果

曲げ載荷試験における供試体の各サイクル毎の最大変 位量を図-9,残留変位の履歴を図-10に示す.

鋼矢板の単材では,既設鋼矢板 Case 1 と未使用鋼矢板 Case 2 で異なる変位挙動が確認され, Case 1 が大きな変 位量を示した.作用モーメント 27 kN・m における変位 量では, Case 1 が最大変位量 34.3 mm, 残留変位 3.1 mm, Case 2 が最大変位量 22.9 mm, 残留変位量 0.8 mm を示し た. Case 1 に対する Case 2 の変位量の比は,最大変位量 67%,残留変位量 26%であった.

鋼矢板 - コンクリート複合材では、Case 4 の未使用鋼 矢板の複合材にて、作用モーメント 39 kN・m での被覆 コンクリートのひび割れを確認した.これに対して、既 設鋼矢板の複合材の Case 3 は、一連の載荷サイクルでの 被覆コンクリートのひび割れは確認されなかった.変位 挙動は、作用モーメント 27 kN・m において、Case 3 が 最大変位量 7.3 mm、残留変位量 0.9 mm を示した. Case 4 は、最大変位量 10.6 mm、残留変位量 1.6 mm を示した.

鋼矢板単材と鋼矢板 - コンクリート複合材を比較する と複合材の最大変位量の低減が確認された. この低減効 果は,作用モーメント 27 kN・m において,既設鋼矢板 では Case3 が Case 1 に対して 21%,未使用鋼矢板では Case4 が Case 2 に対して 46%の結果を得た. このことか ら,曲げ載荷時の鋼矢板-コンクリート複合材の変位挙 動はコンクリートに強く影響を受けており,曲げ変形の 抑制効果が明らかになった.

同様の結果は、先行研究である Sebastin WM et al.⁹やA. M. El-Shihy et al.⁹による実験室内のモデル試験で報告され ている.本研究では、これらの先行研究の成果を踏まえ て、AE 法による破壊挙動の評価を試みた.また、鋼矢 板単材の DICM による面的変形の観察を試みた.

(2) AEパラメータ解析結果

曲げ載荷過程における作用モーメントと AE ヒット数 および Calm 比の関係を図-11 に示す.

鋼矢板単材では, Case 1 において AE の頻発が作用モ ーメント 31 kN・m の載荷サイクル以降で確認された. 更に, 39 kN・mの載荷サイクルで除荷時の AE の頻発と これに伴う Calm 比の増加が確認された.一方, Case 2

は、載荷サイクル過程での作用モーメントの増加に伴う AE ヒット数の増加傾向が認められるが、載荷時に比べ 除荷時の AE ヒット数が低い値で推移し、これにより Calm 比も微増傾向で推移している.以上より、繰り返 し載荷における AEパラメータの推移が Case 1 と Case 2 で異なることが確認され、既設鋼矢板 Case 1における長 期供用に伴う損傷蓄積による材料安定性の低下の示唆さ れた.

鋼矢板 - コンクリート複合材では, Case 4 の作用モー





メント 39 kN・mの載荷サイクルで,AEの頻発と Calm 比の増加が確認された.これは、変位計測で確認された 39 kN・mの載荷サイクルでのひび割れ発生(図-10)を 示唆しているものと推察される.また、これ以降の載荷 サイクルでの AE の頻発は、残留変位の増加傾向と連動 しており、材料安定性の低下が進行していることが確認 できた.一方、Case 3 では、載荷過程における AE パラ メータの顕著な変化は確認されなかった.

鋼矢板 - コンクリート複合材の作用モーメント 27 kN・m までの載荷サイクルに着目した場合, Case 3, Case 4 とも AE ヒット数が低頻度で推移していることか ら,鋼矢板水路の供用レベルの作用モーメントにおいて は,被覆コンクリートによる材料安定性の改善効果が認 められた.

(3) DCIM解析結果

鋼矢板単材Case 1とCase 2の変位量の分布を示したコン ター図を図-12 に示す.この図は、作用モーメント35 kN・mの載荷サイクルにおける載荷方向(Z軸方向)の 最大変位時の状態を示している.既設鋼矢板Case 1では、 鋼矢板の凸部と凹部でほぼ同様の変位量分布を示したの に対して、未使用鋼矢板Case 2は、凸部と凹部のそれぞ れの鋼矢板の変位量に差が生じており、供試体にねじれ が生じていることが確認された.

この作用モーメント35 kN・mの載荷サイクルにおけ る載荷および除荷の一連の過程での変位量の推移を DICM解析から算出した. 図-13 は, Case 1およびCase 2の 供試体長手方向(Y軸方向)の変位量の推移で,図-14 は, Case 1およびCase 2の載荷方向(Z軸方向)の変位量



(Case 1)







図-14 Z軸方向の変位量

の推移である.変位量の算出部位は,図-12 に示した鋼 矢板の凸部(A部)と凹部(B部)である.

Z軸方向の変形挙動では、既設鋼矢板Case 1がA部とB 部でほぼ同等の変位量で推移しているのに対し、未使用 鋼矢板Case 2では、A部とB部で変位量の差を生じながら 推移しており、図-12 で認められたねじれ変形が一連の 載荷除荷の過程で生じていることが確認された. この結 果を最大変位量で比較すると、Case 1はA部の最大変位 量19.6 mmに対して、B部の最大変位量18.9 mmで変位量 の差は0.7 mm. 一方、Case 2は、A部の最大変位量15.7 mmに対し、B部の最大変位量13.7 mmで変位量の差は2.0 mmであった.

Y軸方向の変位量の推移では、Case 1とCase 2ともにA 部とB部で変形挙動が異なることが確認された.最大変 位量は、Case 1がA部で0.5 mm、B部で-2.0 mm、Case 2で は、A部で1.2 mm、B部で-1.5mmを示した.変位量の差 は、Case 1が2.5 mm、Case 2が2.7 mmであった.これは、 鋼矢板2枚を1組としたときの中立軸と凹部凸部のそれぞ れの鋼矢板の中立軸の位置の違いによって、鋼矢板の継 手にずれが生じていることが推察される.Case 1とCase 2 で変位量が異なるのは、未使用鋼矢板に対して既設鋼矢 板の断面諸元が腐食によって変化したことによるものと 推察される.

以上のDICMによる変位量の算出結果より,鋼矢板供 試体において,凹凸断面によるねじれを伴う変形挙動が 確認された.更に,供試体長手方向の凹部と凸部の変形 挙動が異なり,鋼矢板継手でずれ変形が生じていること が確認された.これらのねじれ変形とずれ変形が,鋼矢板-コンクリート複合材Case 3とCase 4の破壊挙動の違い に影響を与えていると推察される.

(4) 考察

変位計測およびAE計測の結果から、長期供用された 既設鋼矢板は、未使用鋼矢板と比較して、材料安定性の 低下とそれに伴う耐力低下が確認された.この既設鋼矢 板にコンクリートを被覆した鋼矢板 - コンクリート複合 材では、鋼矢板単材と比較して、変位量の低減を確認す ると共にAEパラメータから材料安定性の改善効果が認 められ、コンクリート被覆の力学的有効性が示唆された. 特に、農業用排水路の鋼矢板護岸に想定される作用モー メントの範囲内にて、被覆コンクリートによる材料安定 性の改善効果を確認することができた.

その一方で、既設鋼矢板と未使用鋼矢板の鋼矢板 - コ ンクリート複合材を比較すると、未使用鋼矢板が大きな 変位量を示し、載荷サイクルにおいて材料の破壊挙動が AEパラメータより確認された.これについて、DICMに よる鋼矢板の面的変形の観察の結果、未使用鋼矢板のね じれを伴う変形挙動が観察された.また、2枚の鋼矢板 を1組とした供試体の継手部にずれを起因とする長手方 向の変位量の差が確認された.AEパラメータにより確 認された未使用鋼矢板の鋼矢板 - コンクリート複合材の 変形挙動は、この鋼矢板のねじれとずれを要因とするせ ん断応力が被覆コンクリートに作用したものと推察され る.



図-15 被覆コンクリートのひび割れ状況

図-15 は、本試験の載荷サイクルの後、更に、荷重80 kN(作用モーメント66 kN・m)まで載荷した鋼矢板-コンクリート複合材の被覆コンクリートひび割れ状況で ある. Case 3, Case 4ともに、片持ち梁の最大曲げモーメ ントが作用する固定端にひび割れが発生した.除荷後の ひび割れ幅を計測した結果, Case 3が0.04 mm, Case 4が 0.1~0.2 mmで、部材の耐力に影響を与えるレベルの破壊 状況ではなかった.また、鋼矢板と被覆コンクリートの 界面剥離は生じておらず、一体性を保持していることが 確認された.

既設鋼矢板と未使用鋼矢板の鋼矢板 - コンクリート複 合材を比較すると、未使用鋼矢板のCase 4だけに、固定 端のひび割れに加えて、被覆コンクリート表面の供試体 中央部に長手方向へ延びるひび割れが最大幅0.2 mmで発 生した. このひび割れが未使用鋼矢板のねじれ変形とず れ変形を起因としたものと推察される.

DICMによって確認された既設鋼矢板と未使用鋼矢板 の面的な変形挙動の違いは、腐食に伴う板厚減少による 断面諸元の変化が影響したと推察される.特に凹凸部 各々の鋼矢板の中立軸の変化が大きく影響を与えている ものと推察され、この検討が今後の課題である.

4. まとめ

本研究は、農業用水路に普及する鋼矢板護岸にコンク リートを被覆して補修する工法の鋼矢板 - コンクリート 複合材の力学特性を検証するため、曲げ載荷試験による 変形挙動とAE計測およびDICMによる解析を試みた.こ の結果を以下に列挙する.

1) 鋼矢板 - コンクリート複合材の曲げ載荷による変形挙 動は、コンクリート被覆に大きく依存することが明ら かとなった.コンクリート被覆による変形の抑制効果 が認められ、腐食を伴う既設鋼矢板においてもこの効 果が確認された.

- 2) AE計測による解析の結果,既設鋼矢板の長期供用に 伴う損傷蓄積による材料安定性の低下が示唆された. 既設鋼矢板にコンクリートを被覆した鋼矢板 - コンク リート複合材では,AEパラメータから材料安定性の 向上が示唆された.
- 3) DICMより、本試験に用いた鋼矢板2枚を1組とした供 試体では、凹凸断面によるねじれを伴う変形挙動が確 認された.また、これに伴う鋼矢板継手のずれの発生 が認められ、鋼矢板 - コンクリート複合材の破壊挙動 に影響を及ぼしているものと推察された.

参考文献

- 農業土木学会:土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」 技術書, pp. 357-374, 2001.
- 2)峰村雅臣,土田一也,羽田卓也,原 斉,森井俊広,鈴木哲 也:新潟県における鋼矢板水路のリサイクルの取り組み, 平成24年農業農村工学会大会講演会要旨集,2012.
- Grosse, C. U. and Ohtsu, M. Editors : Acoustic Emission Testing, Springer, pp.3-10, 2008.
- 4) 日本非破壊検査協会: NDIS2421 コンクリート構造物のアコ ースティック・エミッション試験方法,2000.
- 5)出水 享,松田 浩,伊藤幸広,木村嘉富:デジタル画像相 関法を用いた撤去 PCT 桁橋の載荷試験時における変位,ひ ずみ,ひび割れ計測,コンクリート工学年次論文集, vol.34,No.2,2012.
- Sebastian W. M. and McConnell R. : Non-liner FE analysis of steel concrete composite structures, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 126 (6), pp. 662-647, 2000.
- A. M. El-Shihy et al. : Torsional effect on steel-concrete composite sections subjected to negative moment, *Materials and Structure*, 45, pp. 393-410, 2012.

USE OF AE AND DICM FOR EVALUATION OF BENDING CHARACTERISTICS OF STEEL SHEET PILE - CONCRETE COMPOSITE

Yasuhiro NAGASAKI, Tetsuya SUZUKI, Shuichi KOBAYASHI, Shuntaro YAMAGISHI and Koki SATO

In recent years, the accelerated corrosion of steel sheet pile in an agricultural canal has been problems. In this research, evaluation of bending characteristics is conducted in corroded steel sheet pile with concrete by using AE and DICM. The test specimens are made of three-layer composite which is composed of steel sheet pile, concrete and precast panel. Thus, the deformation behavior of testing samples could be evaluated by AE and DICM parameters. A relation between torsional behavior due to the concavo-convex shape of steel sheet pile and bending behavior of composite was correlated.