(30) 複合構造化により補強した鋼製柱の耐荷性能に関する研究

谷口 望1・林 偉偉2・佐竹 紳也3・赤江 信哉4・久保 武明5・依田 照彦6

¹正会員 前橋工科大学 社会環境工学科 (〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1) E-mail:n-tani@maebashi-it.ac.jp

²正会員 早稲田大学 理工学術院 国際教育センター (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1) E-mail: linweiwei@aoni.waseda.jp

³正会員 太平洋マテリアル 関西支店 営業部 (〒532-0011 大阪市淀川区西中島4-3-2) E-mail: shinya-satake@taiheiyo-m.co.jp

⁴正会員 太平洋マテリアル 開発研究所 機能性材料グループ (〒285-0802 千葉県佐倉市大作2-4-2) E-mail: shinya-akae@taiheiyo-m.co.jp

⁵正会員 トーニチコンサルタント 本社事業本部 鉄道本部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町1-13-3) E-mail: T_Kubo@tonichi-c.co.jp

^{67_エロー会員 モニタリングシステム技術研究組合 理事長 (〒101-0041 東京都千代田区神田須田町1-16) E-mail: yoda1914@waseda.jp}

構造物における鋼製の柱は、以前から現在まで多く用いられている構造であり、特に都市内で多く建設 されてきた.これらの構造物は、耐震補強や腐食損傷対策が必要になる事例が多くなっている.そこで、 既設の鋼製柱に対する新しい補強方法として、ゴムラテックスモルタル(SBR混入ポリマーセメントモル タル)を活用した複合構造化による対策法を提案する.本対策法の効果を確認する目的で、鋼板とゴムラ テックスモルタルの付着強度試験を行うとともに、鋼製柱を模擬した模型載荷試験を行い、補強前後での 剛性向上効果を確認した.併せて非線形性を考慮した有限要素解析と比較することで、試験の妥当性を検 証するとともに、補強による耐荷性向上効果を確認した.

Key Words : polymer cement mortar, steel column, corrosion, reinforcement

1. はじめに

近年、土木構造物に対する補修補強が多く行われてい る.本対策は、耐震性向上、延命化対策(腐食・き裂)、 環境対策(騒音振動低減)など様々な目的で使用されて いる.鋼構造で製作された構造物では、古くから供用さ れているものが多く、耐震性(耐荷性)が劣る場合や、 維持管理上問題となっているものも多い.さらには、狭 隘な状況に置かれ、形状が複雑な構造であることも多い. 著者らは、このような既設鋼構造物に対して、コンクリ ート系の比較的新しい材料として、ゴムラテックスモル タル(SBR混入ポリマーセメントモルタル:PCM)を用 いた複合構造化による補修補強方法を提案してき た^{1)、2)}.提案する対策方法は、狭隘かつ複雑な形状の 場合の鋼構造物にも対応できる補修補強手法であるとと もに、供用中の構造物にも適用可能であることが最大の 特徴となっている.本対策手法は、剛性向上手法や騒音 振動低減手法として従来から試験的な検討が行われてき ており、実構造物への適用³もすでに行われており、活 荷重による繰返し応力が作用する重交通の下で5年以上 が経過した後でも問題は生じていない⁴.これら従来の 検討では、疲労損傷への予防保全対策や、騒音振動低減 を目的とした弾性範囲内での剛性向上であった.しかし、 これらの検討の過程で、PCMと鋼材の付着力は、鋼材 が降伏した状態においても良好な結果を示しており、耐 荷性の向上に対しても十分な効果が期待できる結果とな っていた².

一方, 土木構造物の維持管理では, 鋼材とコンクリートとの境界部における腐食損傷が問題となっている⁵.



この腐食損傷は、トラス橋の床版埋め込み部に発生した 事例が有名であり、鋼製柱の基部においても発生するこ とが知られている⁵⁰.本事象より、鋼材に対して安易に コンクリート部材を設置することは避ける必要があると 言えるが、ここにPCMを使用した本複合構造化手法を 提案できると考えた.つまり、鋼材およびコンクリート 双方に強力な付着力を発揮できるPCMを、その接触面 に用いることにより、鋼構造物の複合構造化による長期 耐久性の改善が可能であると考えられる.

本研究では、従来からの複合構造化手法を、鋼構造物 の耐荷性向上にも適用することを提案し、これを実証す ることを目的としている.耐荷性を向上する必要がある 構造物の代表例として鋼製柱に着目することとし、鋼製 柱を想定した単柱模型の水平載荷試験を実施した.本載 荷試験は、複合構造化前後で載荷試験を実施している. また、試験供試体の中には、鋼製柱基部に腐食損傷が発 生したものを模擬した供試体を製作し、この腐食損傷に 対する補修効果も確認することとした.

それぞれの試験結果は、材料非線形性を考慮した有限 要素解析と比較し、試験の妥当性を検証するとともに、 耐荷性向上効果の確認や、鋼材とPCMの付着モデルに 関する検討を行った.

2. 複合構造化手法について

今回提案する鋼部材への補強方法は、コンクリートを 使用する手法である.一般に、鋼材に通常のコンクリー トを取り付けた場合、その界面の付着力は小さく、合成 しない.そこで、本手法では、鋼材およびコンクリート 材双方に強い付着力を有するPCMを活用する(図-1). また、複合構造化の施工上の特徴としては、既設鋼部材 に対して削孔や溶接などの改造を行っていないことであ る.

PCMは、モルタルにゴムラテックス混和剤を混入させたものであり、鋼材・コンクリート双方への付着性能は、一般に材令7日付着引張付着強度で1.0MPa程度(一般コンクリートの5倍程度)であり、耐塩化物性能、耐衝撃性能にも優れていることが実証されている⁶. 既存



表-1 せん断付着試験体の種類と数

| 試験体 No. | 鋼板表面処理 | 被覆材 | 試験体数 |
|------------|--------|-----------|------|
| 1 | ブラスト | PCMコーティング | 3 |
| 2 | グラインダ | PCMコーティング | 3 |
| 3 | 黒皮 | PCMコーティング | 3 |
| 4 | ブラスト | 早強コンクリート | 3 |

の適用事例としては、道路橋の鋼床版の疲労対策として、 鋼床版の上に打設する構造などが提案されている.本複 合構造化においては、この高い付着性能から、鋼部材の 防食だけでなく、コンクリート部材との一体化を促進す ることも可能であると考えた.なお、PCMのヤング係 数は、一般に2.00×10⁴MPa程度である.PCM被覆厚は、 施工性及び、耐塩化物性能から算定される通常のコンク リートの設計かぶりと同等な耐久性から5mm厚を目標と して設置することとした.

早強コンクリートは、補強材として設けるものであり、 コンクリート中にはひび割れ防止対策としての配筋を設 けることとする.今回の試験においては、早強コンクリ ートを用いているが、供用下の施工条件で時間的な制約 を受ける場合は、速硬コンクリート¹³³を使用することも 想定している.

3. 拘束を受ける鋼とPCMのせん断付着試験

鋼板とPCMのせん断付着強度を得ることを目的として,鉄筋による拘束を受ける状態での,鋼材とPCM界面のせん断付着モデルを確認する実験を行った.

(1) 供試体

実験供試体の概要を図-2に示す.載荷試験では,図-2 の鋼板頂部に圧縮力を与え,鋼板とPCM(コンクリー ト)界面のせん断付着力を計測する.この実験において, コンクリートはフープ筋により拘束された状態となり, 一般のせん断付着試験とは異なる結果となる.供試体は,

表-2 PCMの配合(せん断付着試験)

| W/C | P/C | | PCM | PCM |
|------|------|------|------------|------|
| (%) | (%) | S/C | コーティングパウダー | 混和液 |
| | | | (kg) | (kg) |
| 26.6 | 17.7 | 1.75 | 25 | 4.2 |

表-3 早強コンクリートの配合(せん断付着試験)

| | | | 単位量 | ヘニ減水な | ᄯᄜᆁ | | |
|--------|--------|-----|------------|-------|-----|--------------------|--------------|
| W/C(%) | s/a(%) | 水 | 早強 セメント | 細骨材 | 粗骨材 | AE/舰小州 (セメント×%) | A드动게 303A |
| 50.0 | 45 | 165 | 330 | 792 | 999 | 0.25 | 適宜 |

表-4 圧縮強度(MPa) (せん断付着試験)

| PCM | | 早強= | コンクリート |
|------|---------|------|---------|
| 7日 | 載荷日(9日) | 7日 | 載荷日(9日) |
| 40.6 | 43.3 | 38.7 | 42.7 |

| 試験体 | 鋼板 | | 最大荷重 | せん断 | 平均 |
|---------------|-------|-------|------|-------------------------|---------|
| No. | 表面処理 | 被覆材 | (KN) | 付着強度 | (N/mm²) |
| | | | | (N/mm^2) | |
| 1)-1 | | | 491 | 5.32 | |
| 1)-2 | ブラスト | | 528 | 5.72 | 5.52 |
| (1)-3 | | | 391 | 4.23(除外) ^{注1)} | |
| 2-1 | | | 371 | 4.02 | |
| 2-2 | グラインダ | PCM | 428 | 4.64 | 4.29 |
| (2) -3 | | | 388 | 4.20 | |
| 3-1 | | | 195 | 2.11 | |
| 3-2 | 黒皮 | | 188 | 2.03 | 2.01 |
| 3-3 | | | 175 | 1.90 | |
| <u>(4)</u> -1 | | 日社了 | 285 | 3.09 | |
| <u>(4)</u> -2 | ブラスト | 干団コング | 300 | 3.25 | 3.22 |
| (4) -3 | | 9 F | 307 | 3.33 | |

表-5 せん断付着試験(拘束有)の結果

※①-3は他の供試体に比べ値が異なるため除外

表-6 せん断付着試験の拘束の有無による比較

| | | せん断付着強度 | | | |
|-------|--------------|-----------|---------------|--|--|
| 表面処理 | 被覆材 | 拘束有 | 拘束なし(参考) | | |
| | | 平均(N/mm²) | 平均(N/mm²) | | |
| ブラスト | | 5.52 | (未実施) | | |
| グラインダ | РСМ | 4.29 | (未実施) | | |
| 黒皮 | | 2.01 | 1.08 | | |
| ブラスト | 早強コンク リート | 3.22 | 0 (載荷前に剥離) | | |

鋼材の表面処理状況や、PCMと一般コンクリートの差 をパラメータとして考えるものとしている(表-1).鋼 材の表面処理は、購入したままの黒皮、グラインダ処理、 ブラストの3種類を想定した.PCMと早強コンクリート の配合は、表-2~表-4のとおりである.

表-7 柱供試体の種類

| 供試体No. | 供試体名称 | 載荷方向 | 柱基部固定方法 | | |
|--------|-------|------|-----------------------|--|--|
| Α | 強軸 | 強軸方向 | 全周すみ肉溶接 | | |
| В | 弱軸 | 弱軸方向 | 全周すみ肉溶接 | | |
| С | 腐食 | 強軸方向 | フランジをカットし,ウェブのみ両すみ肉溶接 | | |

表-8 PCMの配合(柱の交番載荷試験)

| W/C | P/C | | PCM | PCM |
|------|------|------|------------|------|
| (%) | (%) | S/C | コーティングパウダー | 混和液 |
| | | | (kg) | (kg) |
| 26.6 | 17.7 | 1.75 | 25 | 4.0 |

表-9 早強コンクリートの配合(柱の交番載荷試験)

| | | | 単位量 | ヘーシ減水な | ⋏┎助刻 | | |
|--------|--------|-----|------------|--------|------|----------|------|
| W/C(%) | s∕a(%) | 水 | 早強 セメント | 細骨材 | 粗骨材 | (セメント×%) | 303A |
| 50.0 | 46.4 | 182 | 364 | 781 | 932 | 1 | 適宜 |
| | | | | | | | |

表-10 圧縮強度(MPa)(柱の交番載荷試験)

| | PCM | 早強: | コンクリート |
|------|----------|------|----------|
| 7日 | 載荷日(14日) | 7日 | 載荷日(11日) |
| 40.1 | 42.2 | 36.2 | 39.3 |

(2) 試験結果

試験結果を表-5に示す.試験結果により,鋼材表面の 処理状況により,せん断付着強度は大きく異なることが 分かった.ブラスト処理をしたものは,黒皮のままの供 試体に比べて,2.7倍のせん断付着強度を示している. また,また,PCMと早強コンクリートの差では,1.7倍 となっている.

また、参考として、拘束の無い状況での付着強度試験の結果を表-6に示す。拘束の無い供試体は、鋼板片面に 無筋のPCMおよび早強コンクリート(いずれも100×100×100×100mm、各3体)を設置し、純せん断力を作用させた 試験である。拘束の無い状態では、コンクリートと鋼板 の付着強度はかなり低く、載荷を行う前に剥離が生じた ため、データは得られていない、PCMを使用した場合 は、拘束がある場合、拘束がない場合比べて約2倍のせ ん断付着強度となっていることが分かる。

4. 柱を模擬した水平交番載荷試験

(1) 供試体および複合構造化概要

本研究では、鋼製柱を模擬した、H形鋼柱の水平載荷 を行うものとした.使用するH形鋼はH-194×150×6×9 (SS400,降伏応力309MPa)とし、せん断スパンは 1220mm、基部鋼板(SS400,降伏応力280MPa)は30mm とした(図-3).鋼製柱では、設計上基部に大きなモー メントが生じることが知られており、また、基部に腐食 欠損が生じ、耐荷力の低下が生じるケースがある.そこ



図-3 供試体概要((a)~(c)は供試体 A(強軸),供試体サイズは供試体 B,C も共通)単位 mm



(a) PCM 吹付施工状況

(b) PCM 硬化後・配筋設置 (c) 早強コンクリート打込・硬化後 写真-1 複合構造化施工状況(各供試体共通)



で、本試験では、柱基部に対して曲げ補強を行うことを 想定した.供試体の種類は、H鋼基部を全周すみ肉溶接 した供試体について強軸・弱軸両方向載荷用の2体を用 意した.さらに、基部に腐食損傷が生じたことを想定し、 強軸供試体におけるH鋼基部のフランジを3mmカットし、 ウェブのみ溶接したものを製作した(図-3(d)).

腐食を想定した供試体は、実際に生じると考えられる 腐食形状とは異なるが、基部の接合部が大きく欠損して いる事例として想定した.また、実際の柱ではここまで の損傷が生じた場合は別の手法での補修が行われるはず であるが、本研究では修復度合を把握する目的で本供試 体を設定した.これら3種類の供試体を表-7にまとめる.

複合構造化の施工では、図-1に示す手順に準じるが、 PCM吹付前には、さびを除去する目的でディスクグラ インダーでのさび落としを行っている.複合構造化を行 う範囲は、柱下端から300mmの区間とした.本施工の様 子を写真-1に示す.また、使用したPCM、早強コンクリ ートの材料諸元を、表-8~表-10に示す.なお、帯筋は D6鉄筋 (SD295) を用い, 50mmピッチの4本をかぶり24 ~27mmとなるように配置した (写真-1).

(2) 載荷試験

載荷にあたっては、複合構造化前後での剛性の変化を 確認するため、複合構造化前についても弾性範囲内(基 部フランジのひずみが960µ以下)で複合構造化後と同 様な載荷試験を実施している.また、載荷試験にあたっ ては、複合構造化前は正負で載荷するものとし、複合構 造化後は、複合構造化前で行った同等な変位量で正負載 荷した後、正側(ジャッキ引側を正とする)に終局まで 載荷を行った(写真-2).ここでの終局は、荷重がこれ 以上大幅に増加しない状況を判断している.供試体の計 測では、載荷点の水平変位を変位計で計測したほか、柱 下端から30mmのH鋼断面において、ひずみゲージを設 置した.

(3) 有限要素解析概要

本載荷試験を精密に再現するために、3次元有限要素 解析(以降FEMとする)により解析を実施する.解析で は、FEM汎用ソフトDIANA⁷⁾を用いるものとした.解析 モデルは、鋼柱はシェル要素、コンクリート部材はソリ ッド要素、鉄筋はbar要素でモデル化した(図-4).鋼 材の構成側では、H鋼基部付近に、底板と同等な降伏強 度280MPaを用いた鋼合成標準示方書モデル⁸⁾とした. ここでH鋼の降伏強度を使用しなかった理由としては、 載荷試験ではより降伏強度の低い基部の降伏で決定する ことと、H鋼部の降伏挙動の再現においては、溶接の残 留応力の影響を考慮するために、1割の降伏強度低減⁹⁾ を行うことによりこの残留応力を表現することとした.

早強コンクリートの非線形構成側は,圧縮強度 39.3MPa,引張強度2.24MPa,ヤング係数2.80×10⁴MPaと したコンクリート標準示方書モデル¹⁰⁾を使用している. 本構造へのコンクリート標準示方書モデルの適用に関し ては,従来の複合構造化に関する研究²⁾でも妥当性を確 認している.なお,PCMは,界面要素モデルで表現す るため,PCM自体のモデル化はコンクリートに含まれ るものとして省略している.

鋼材表面と早強コンクリート表面の界面要素のモデル 化では、鋼表面とPCMの付着強度試験結果より、せん 断付着強度4.29MPaとするずれ構成則モデル(図-5)²⁾ とした.引張に関しては、引張付着強度1.0MPaで剥離す るモデルとしている.また、底板鋼材と固定面の境界条 件は、固定PC鋼棒部を全固定とし、底板下面にはせん 断付着強度0MPa、付着強度0MPaとする界面要素を設置 した.なお、コンクリート中の配筋については、解析結 果に大きな影響を及ぼさないが、完全弾塑性、降伏応力 295MPaとしてモデル化した.

(4) 試験結果と解析結果の比較

載荷試験結果および解析結果を図-6~図-8に示す.各 図においては、試験結果を「試験」として実線で、FEM による解析結果を「FEM」として点線で示している.ま た、複合構造化前・後を「前」・「後」として表示し、 載荷点の水平変位を「D1」とした.なお、図-6~図-8 では、荷重-変位関係が途中で途切れているが、終局後、 試験機ストローク限界で載荷を終了したため、その範囲 までは示さないこととしたが、十分な範囲まで載荷して も試験場急激な耐力低下は生じない結果となっている.

図-6は、A体(強軸)に関する図である.図-6では、 複合構造化により、初期剛性が増加していることがわか る.しかし、試験結果と解析結果の剛性比較では、試験 結果は解析結果よりも低い値となっている.これは、供 試体の固定条件が、試験と解析で多少異なっている可能 性がある.また、終局時まででは、複合構造化により剛 性と同時に最大耐荷力も増加していることがわかり、鋼 材降伏後も複合構造化の効果は消滅しないことが示され ている.試験結果と解析結果の比較では、最大耐荷力に ついては解析結果の方が大きくなっている.この差の理 由としては、鋼とPCM、およびPCMとコンクリートの 付着界面モデル化手法に原因がある可能性がある.

図-7は、B体(弱軸)に関する図である.初期剛性では、B体においても複合構造化により剛性が向上していることがわかる.また、試験結果と解析結果との比較では、A体の結果と異なり、両者がよく一致していることがわかる.本試験では、A体、B体の両載荷試験は同等な境界条件で行われており、A体、B体の試験結果で差が生じる原因は不明である.鋼材降伏後の終局時まででは、B体においても最大耐荷力は複合構造化により増加していることが示されている.試験結果と解析結果と比較では、A体と同様、解析結果が最大耐荷力をやや大きく算出する傾向となった.この原因についても鋼とPCM、およびPCMとコンクリートの付着界面モデル化手法に原因がある可能性がある.

図-8は、C体(腐食)に関する図である.C体は腐食 欠損がない状態とすると、A体(強軸)と同等な断面と なるため、A体との試験結果の比較を図-8(a)に示す.C 体の複合構造化前後では、剛性が向上していることがわ かるものの、複合構造化後の剛性は、A体の複合構造化 前よりも低い剛性となっている.C体の複合構造化後の 荷重一変位曲線は、0~5kN付近で複合構造化前と同等 な値となっているが、5kNを越えた付近から剛性が増加 し、その剛性はA体の複合構造化前の値とほぼ一致して いる.図-8(b)はC体の試験結果と解析結果の比較である.





30 - 6



(a) A体 (強軸)



(b) B体 (弱軸)



(c) C体(腐食) 写真-3 終局時の複合構造化部(矢印は載荷方向)

本結果を見ると、複合構造化後の試験結果と解析結果の 差は、原点付近から5kN付近までで大きくなっている. この差異の原因は明確ではないものの、C体においては 基部フランジ切欠部に3mmの隙間が設けられているが、 この部分のPCM充填が十分でなく、十分な付着性能を 発揮しなかった可能性がある.なお、解析モデルでは、 この部分についてもPCMが充填され、付着モデルも他 の部位と同等としている.一方、最大耐荷力については、 試験結果の方が大きくなる結果となっており、A体の結 果とは逆の傾向を示している.

写真-3は,各供試体の終局時の複合構造化部分の写真 である.A体は底板部付近の変形・傾きが大きくなって おり,柱部の付着切れはほとんど生じていない.B体で は,A体とは大きく傾向は異なっており,底板部の変形 は少ないものの,複合構造化したコンクリート上部での





図-10 B体の解析結果における軸力有無の比較

破壊が大きくなっている.また、本供試体の終局時の載 荷状況は、写真-2に示されているが、この写真と合わせ ても、補強コンクリートのないH鋼断面部に変形と降伏 が集中していることがわかる.C体の写真では、A体と 同様な破壊形態となっていることがわかる.

(5) 軸力を有する場合の有限要素解析

今回の柱の水平交番載荷試験では、柱に作用する軸力 は省略している.しかし、一般的な鋼製橋脚や支柱にお いては、軸力が作用していることが知られている.そこ で本項では、有限要素解析上において、軸力を作用させ た場合、本補強構造にどの程度影響が出るかの確認を行 った.今回は、一般的な鋼製橋脚の事例を基に、柱に作 用する軸力は、降伏応力の20%となるように軸力を導入 し解析を行った.また、補修・補強として行う場合は、 施工上、補強コンクリート部には軸力が導入されないこ とも想定できるが、本解析では補強コンクリート部にも 軸力が導入された場合のケースとして解析を行った.

図-9,図10は、A体、B体における補強前後における 軸力有無による変化状況を示した図である.本結果から は、初期剛性においては軸力を導入した方が多少大きな 値となっている.これは、軸力による圧縮力により、コ ンクリートの引張強度が見かけ上大きくなったことが原 因と考えられる.しかし,鋼材が降伏した以降は,軸力 の有無にかかわらずほぼ同様な結果となっていることが 分かる.

5. まとめ

本研究では、鋼製柱に対して、溶接や削孔を行うこと なく、PCMを用いた複合構造化による補強方法を提案 した.本検討より以下の結論を得た.

- (1)本複合構造化は、初期剛性向上と最大耐荷力向上に 対して効果があることが試験的に示された.したがっ て、本補強方法は、鋼製柱の補修補強方法として有益 であると考えられる.
- (2)鋼製柱基部に生じる腐食欠損を想定した供試体において、本補強方法を適用することにより、剛性回復と最大耐荷力の回復が可能である.しかし、本試験の補強事例では、腐食欠損前の状態までには回復しなかったため、補強コンクリートの断面をより大きくするなど、設計の観点から追加で検討する必要がある.
- (3)載荷試験結果より,補強効果は補強前の部材剛性と 補強コンクリートの剛性の比率により,破壊部位が変 化することが分かった.この剛性の比率を基に,最適 な設計手法の検討が可能であると考えられる.
- (4)PCMを用いた複合構造化の効果は、付着強度を設定 した界面要素を用いたFEM解析である程度再現可能で あり、補強設計手法への活用が期待される.しかし、 耐荷力算定や腐食欠損部位のある場合の解析では、試 験結果と差異が出る部分もあり、さらなる検討が必要 である.
- (5)本実験では、実際の構造物で作用するはずである軸 力を作用させずに実験を行った.そこで、FEM解析上 で、構造物に作用する程度の軸力(鋼材降伏応力の 20%)を作用させた状態で再現解析を行ったが、軸力 の有無が耐荷力に与える影響は小さい結果となった.

謝辞:本研究は、日本鉄鋼連盟、鋼構造研究・教育助成 事業・研究分野指定助成(代表:谷口望)により実施し ました.また本研究試験にあたり、日鉄住金環境(株) 担当者の多大な協力を得ました.記して謝意を表します.

参考文献

- 1)谷口望,半坂征則,小出宜央,大垣賀津雄,大久保藤和,佐 伯俊之:施工性を考慮した鋼鉄道橋の複合構造化に関する研 究,構造工学論文集,Vol.57A, pp.1052-1059, 2011.4
- 2)Weiwei Lin, Teruhiko Yoda, Nozomu Taniguchi, Shinya Satake, Hideyuki Kasano: Preventive Maintenance on Welded Connection Joints in Aged Steel Railway Bridges, Journal of Constructional Steel Research, Vol. 92, pp.46-54, 2014.1
- 3)谷口望,大久保藤和,佐竹 紳也,杉野雄亮,松浦史朗,半坂征則: 既設鋼橋の複合構造化によるリニューアル工法の施工と実証 試験,土木学会論文集・A1・複合構造特集号p.II_40-II_52, 20145
- 谷口望,松浦史朗,佐竹紳也,杉野雄亮,赤江信哉:複合構造化 された既設鋼橋の長期曝露調査および材料評価,平成29年度 土木学会全国大会 第72回年次学術講演会概要集,VI-072, 2017.9(発表予定)
- 5)複合構造委員会,防水・排水技術研究小委員会:複合構造物 を対象とした防水・排水技術の現状,複合構造レポート07, 土木学会,2013.7
- 6)浜中昭徳,長塩靖祐,中島裕:速硬性混和材および軽量骨材 を用いたコンクリートの基礎性状,土木学会平成22年度全国 大会,土木学会, V-710, pp.1419-1420, 2010.9
- 7)IP テクノサイエンス: DIANA9 ユーザーマニュアル日本語参 考資料, 2005.9
- 8)鋼構造委員会,鋼・合成構造標準示方書小委員会:2007年制 定 鋼・合成構造標準示方書総則編・構造計画編・設計編, 土木学会,2007.3
- 9)国土交通省監修,鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説,鋼・合成構造物,丸善,2009.9
- 10)コンクリート委員会、コンクリート標準示方書改訂小委員会:2012年制定 コンクリート標準示方書[設計編],土木学会、2013.3

STUDY ON THE LOAD CARRYING CAPACITY OF STEEL COLUMNS STRENGTHENED BY COMPOSITE ACTION

Nozomu TANIGUCHI, Weiwei LIN, Shinya SATAKE, Shinya AKAE, Takeaki KUBO, Teruhiko YODA

Steel bridge piers have been widely used as civil engineering structures, especially in urban areas. After several years of service, however, these steel piers will deteriorate, and seismic retrofitting or strengthening of corroded aged steel piers will be necessary. On these background, a new strengthening method by using rubber-latex mortar, concrete, and reinforcement etc., was proposed in this study. In order to confirm the actual effects of this method, three steel pier models were built and loading tests were performed.