

ポリウレア樹脂で被覆された RC 橋脚の
耐震性能に関する解析的研究

九州大学大学院 学生会員○井福 達也
日本工営(株) フェロー会員 奥石 正己

九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨
清水建設(株) 正会員 久保 昌史
三井化学産資(株) 正会員 井出 一直

1. 目的

近年、日本では巨大地震が多発しており、2011 年東北地方太平洋地震では、構造物が甚大な被害を受けた。また、近い将来にはさらに大規模な地震が起こる可能性もある。そのような大規模な地震動に対しても脆性的な破壊を防止し、粘り強い構造物とすることが求められる中で、様々な耐震対策が行われてきた。橋梁に関しては、落橋防止システムの設置や、鉄筋コンクリート橋脚（以下、RC 橋脚と呼ぶ）の耐震補強が行われている。RC 橋脚の耐震補強工法は従来、「鋼板巻立て工法」や「RC 巻立て工法」、「繊維シート巻立て工法」などが主に採用されている。しかしこれらの工法は、工事費がかさむ、躯体部の重量増加、繊維シートの変形性能が乏しいなどの課題が残されていた。これらの課題を改善できる一手法として、ポリウレア樹脂の被覆による対策が検討されている。ポリウレア樹脂は引張強度 24MPa、破断ひずみ 200%以上の伸び能力を持ち、部材の変形に追従することができる高靱性材料である。本研究では、ポリウレア樹脂を被覆した RC 橋脚モデルおよび無被覆 RC 橋脚モデルの正負交番繰返し載荷時の弾塑性挙動を解析的に比較・検討し、ポリウレア樹脂の被覆による耐震性能の向上効果の検証を行った。

2. 解析概要

2.1 解析モデル及び材料構成則

解析は、ポリウレア樹脂を被覆したモデルと被覆していないモデルの 2 パターン行なった。図-1 に解析モデルを示す。実際の樹脂被覆 RC 橋脚は厚さ 2mm 程度のポリウレア樹脂で被覆されるが、解析モデルでは要素のアスペクト比を考慮して厚さ 10 mm の有限要素でモデル化した。その結果、実際より解析モデルの断面積が大きくなり部材剛性が増してしまうが、ポリウレア樹脂の静弾性係数を断面積の増加率を考慮して低減させることで調整した。各部材の材料特性を表-1 に、各部材の応力-ひずみ関係を図-2 に示す。鉄筋は von Mises の降伏条件、コンクリートは非線形 Drucker-Prager の降伏条件に従うと定義した。特にコンクリートに関しては、ひび割れの進展による引張軟化と圧壊ひずみによる圧縮破壊を考慮している。ポリウレア樹脂は図-2(c)に示すバイリニアモデルを適用した。

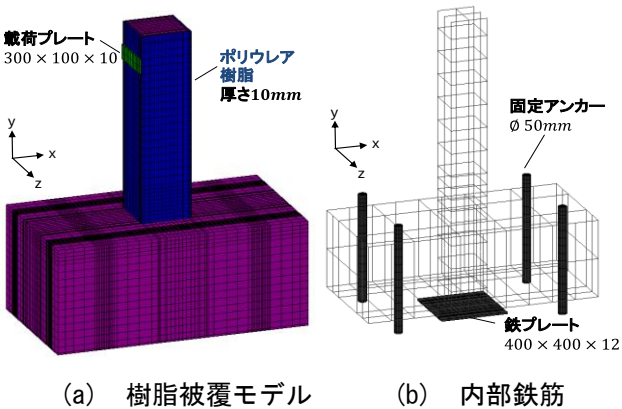


図-1 解析モデル

表-1 各部材の材料特性

	静弾性係数 [GPa]	ポアソン比	圧縮強度 [MPa]	引張強度 [MPa]
鋼材	200	0.3	345	345
コンクリート	20	0.2	25	2.5
ポリウレア樹脂	0.1→0.021	0.1	-	24

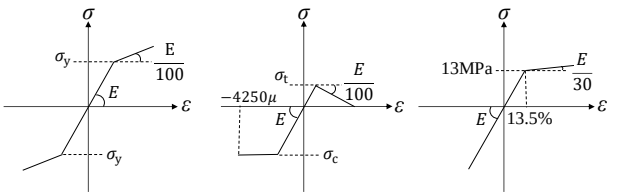


図-2 各部材の応力-ひずみ関係

キーワード RC 橋脚, 正負交番載荷, 有限要素法, ポリウレア樹脂

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学ウエスト 2 号館 1102 号室 構造解析学研究室 TEL092-802-3370

2.2 境界条件及び載荷方法

境界条件としては、フーチング基礎の底面を鉛直方向に固定し、固定アンカーの下端を3方向に固定した。また、載荷は変位制御で静的正負交番載荷を行った。無被覆モデルを対象にプッシュオーバー解析を行い、軸方向主鉄筋降伏時の載荷点変位6mmを、基準となる降伏変位 $1\delta_y$ として設定した。載荷履歴を図-3に示す。 $1\delta_y$ を3サイクル、 $2\delta_y$ を2サイクル、 $3\delta_y$ 以降は1サイクルずつ載荷していき、最大で $5\delta_y$ まで変位させた。

2.3 解析結果

前述の条件で解析を行った結果として、樹脂被覆モデルと無被覆モデルの荷重-変位関係を図-4に示す。無被覆モデルにおいては、変位が大きくなると耐力が失われていく挙動を確認できており、適切な荷重-変位関係が得られたと言える。また、無被覆モデルが $3\delta_y$ 載荷時に最大荷重を示しているのに対し、樹脂被覆モデルは $3\delta_y$ 載荷時以降も最大荷重が増加し続けており、樹脂被覆による耐荷性能の向上が確認できた。図-5に橋脚基部の圧縮破壊の様子を示す。色が濃い部分ほど圧縮破壊が進んでいることを表している。図より、橋脚基部にひずみが集中していることが確認できる。具体的には、 $1\delta_y$ 載荷時には樹脂被覆による違いは見られないが、変位を $3\delta_y$ 、 $5\delta_y$ と増加させていくと、無被覆モデルの方が樹脂被覆モデルと比べて、橋脚基部の圧縮破壊が進んでいくことが明確に認められた。図-6に、 $5\delta_y$ 載荷時の橋脚基部の最小主ひずみ分布を示す。この図では、橋脚基部から高さ方向100mmまでのコンクリートひずみが最も集中している部分に着目し、樹脂被覆モデルと無被覆モデルの最小主ひずみ分布をそれぞれ示している。この図より、樹脂被覆の効果として、橋脚基部から25mmの範囲で最小主ひずみの値を約70%低減できることが確認できた。

3. 結論

本研究では、ポリウレタ樹脂の被覆によるRC橋脚の耐震性能の向上を解析的に検討した。正負交番載荷時の弾塑性挙動を比較・検討した結果、橋脚基部の圧縮破壊の防止および橋脚の耐荷力の向上が期待できることがわかった。これは、24MPaの引張強度を有するポリウレタ樹脂がRC橋脚外縁で変形に追従し、コンクリートの圧縮破壊を防止したことによると考えられる。

参考文献

- 1) 高梨和光, 井出一直, 藤掛一典, 大野友則: ポリウレタ樹脂で表面被覆したRC構造物の衝撃力に対する形状保持効果, 平成26年度全国大会第69回年次学術講演会
- 2) 興石正己, 高梨和光, 西村淳, 井出一直, 藤掛一典, 大野友則: ポリウレタ樹脂で表面被覆したRC壁の衝撃挙動と樹脂被覆による安全性向上効果, 平成26年度全国大会第69回年次学術講演会

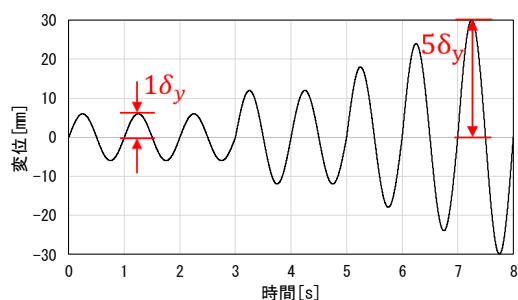


図-3 載荷履歴

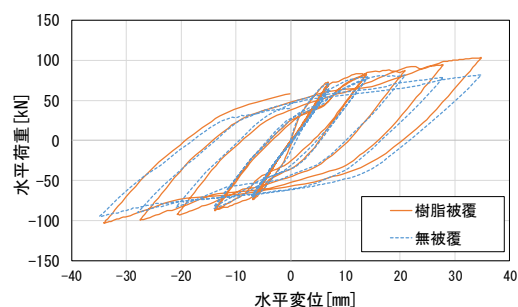


図-4 荷重-変位関係

(a) 無被覆モデル (b) 樹脂被覆モデル

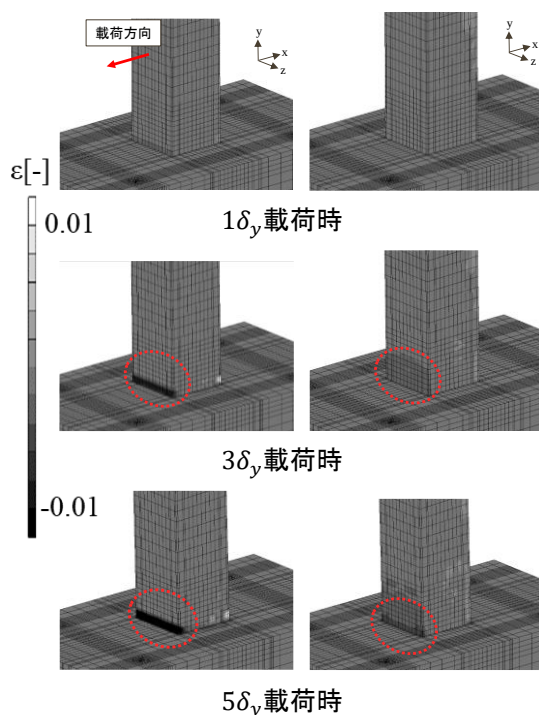


図-5 圧縮破壊の様子

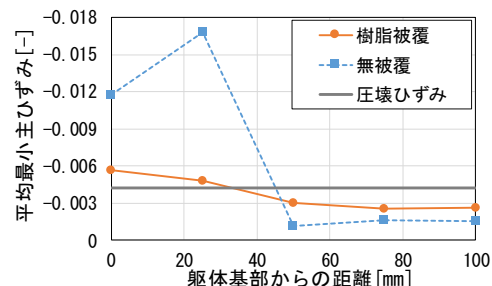


図-6 橋脚基部の最小主ひずみ分布