第Ⅰ部門　　**炭素繊維シートで補強されたRC構造の強度と変形**

関西大学環境都市工学部　学生員○山本有由美　関西大学理工学研究科　学生員　木野村宏昭
関西大学理工学研究科　学生員　竹口　智也　関西大学理工学研究科　学生員　大川真一郎
関西大学環境都市工学部　正会員　堂垣　正博

1. まえがき

既設の橋梁の中には，道路橋示方書の適用年次が異なるために，改訂された時点で新基準を満たさないものが存在するようになる．既存不適格な構造物の耐震補強は，維持管理上，重要な業務の一つである．一般に，RC構造の補強には「RC増厚工法」や「鋼板接着工法」が採用されている．その解決策に引張強度が高く，非常に軽量で，補強後の形状変化が少なく，施工性に優れた炭素繊維シート（CFRPシート）を接着する工法が用いられている．

本研究では，CFRPシートによって補強されたRC部材の強度と変形，劣化過程下のそれらを数値解析によって明らかにする前段階として，解析モデルや解析手法の妥当性を検討した．さらに，接着効果を考慮したRC構造をモデル化し，その補強後の強度と変形能を数値解析によって評価したので報告する．

2. RC部材のモデル化および弾塑性有限要素解析

2.1 RCはりの解析概要

第1の解析例として，無補強と補強されたRCはりの断面を異なる2つの方法でモデル化し，それらの妥当性と付着効果を既往の研究結果との比較から明らかにする．

解析に用いたRCはりの寸法を図-1に示す．ここに，（Ⅰ）は部材をすべてsolid要素で，（Ⅱ）はコンクリートにsolid要素，鉄筋にtruss要素でモデル化した2通り断面を示している．各材料の材料構成則を図-2に示す．補強の方法は，梁下面を支間方向に一層のCFRPシートを貼り付けた場合とした．また，変位制御法で中央集中載荷とし，支間中央を鉛直方向に徐々に変化させた．

2.2 段落し部を有するRC橋脚の解析概要

第2のモデルとして，図-3に示す矩形断面の単一柱形式の橋脚とした．CFRPシートをコンクリートの

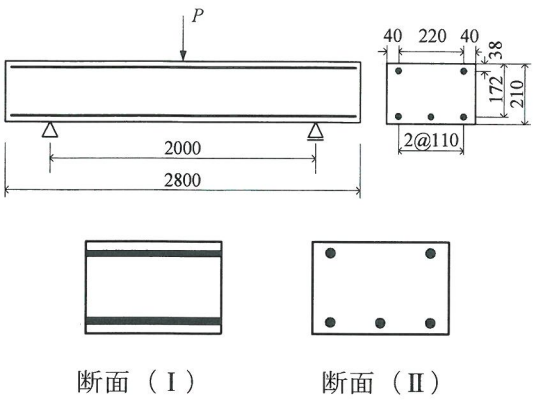
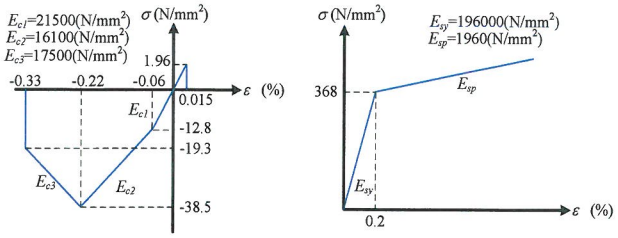
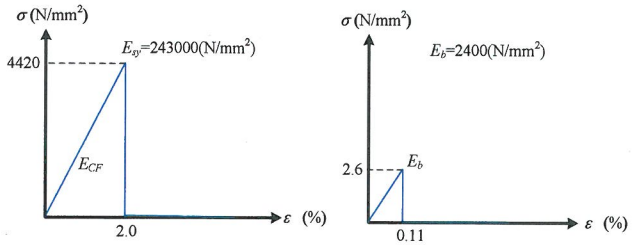


図-1 RC梁の寸法および解析モデル断面



（a）コンクリート　　（b）鉄　筋



（c）CFRPシート　　（d）プライマー

図-2 材料構成則

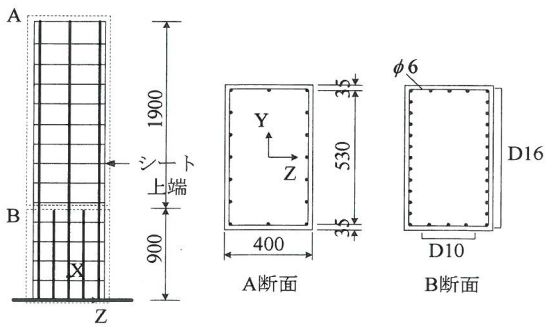


図-3 RC橋脚の解析モデル

Ayumi YAMAMOTO, Hiroaki KINOMURA, Tomoya TAKEGUCHI, Shinichiro OKAWA, and Masahiro DOGAKI
dogaki@ipcku.kansai-u.ac.jp

全周に貼り，橋脚基部での定着位置を基部から 50mm, 100, 200 とした．応力－ひずみ曲線は図-2 に準じた．死荷重に相当する軸圧縮力と，地震力に相当する漸増と繰り返しの水平力を変位制御法で与えた．

3. 適用対象部材の数値解析結果とその考察

3.1 RC はりにおける検討

支間中央での引張鉄筋の荷重－ひずみ関係を図示すれば，図-4 を得る．ここに，点線が有限要素解，実線が実験による既往解[1]である．また，(a) はモデル化が断面(Ⅰ)，(b) はモデル化が断面(Ⅱ)の場合である．

図から分かるように，数値解析結果は実験結果とよく一致している．断面（Ⅰ），（Ⅱ）のいずれのモデル化でも解に大差はない．特に，無補強の場合において断面（Ⅱ）を用いた RC はりの解析結果は実験結果と極めてよく類似した．CFRP シートで補強した RC はりでも，(a)，(b) の両者に大差はないが，前者のモデル化には鉄筋降伏後に多少のばらつきが見受けられる．それゆえ，より厳密な解を得るには断面（Ⅱ）の解析モデルが妥当である．さらに，コンクリートと CFRP シートの付着効果について調べたところ，(b) における解析結果とほぼ一致し，構造系の強度や変形能を検討する場合，接着剤考慮の有無はほとんど影響しない．

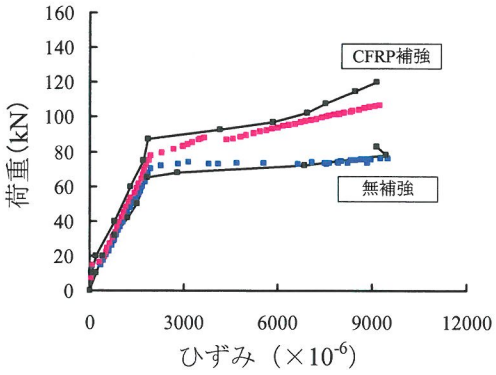
3.2 RC 橋脚における検討

RC はりの検討結果を参照し，断面（Ⅱ）に準じてモデル化した RC 橋脚の漸増載荷による荷重－変位関係を図示すれば，図-5 を得る．ここに，縦軸は橋脚の耐力，横軸は橋脚天端で無次元化した変位量を示す．また，RC 橋脚の終局状態を，無補強の場合には段落し部でせん断破壊したため，道路橋示方書に準拠して算出した耐力に達したとき，補強された RC 橋脚は基部で曲げ破壊したため，圧縮限界応力に達したときとした．

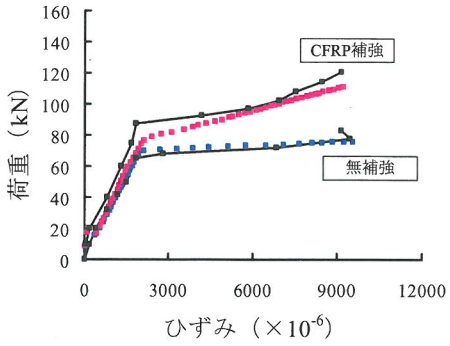
数値解析結果から明らかなように，補強効果が顕著に表れ，変形性能も向上した．繰り返し解析の場合でも同様の結果が得られ，本解析モデルを用いて，強度および変形能を評価することが可能である．

4. 結論

CFRP 補強を施した RC 橋脚のモデル化の妥当性を評価し，その解析モデルを適用した場合における補強効果を検討した．その結果，以下のことが分かった．① RC 部材では，鉄筋とコンクリートをそれぞれ異なる要素からなる複合断面を用いた厳密なモデル化が妥当である．②接着剤考慮の有無は構造系の性能を評価する上でほとんど影響しない．③CFRP シートの補強効果は顕著で，他工法に比べて，補強後の形状変化を少なくすることができ，基礎構造への大きな負荷を与えることなく補強することが可能である．



(a) 断面（Ⅰ）を用いたモデル



(b) 断面（Ⅱ）を用いたモデル

図-4 実験結果と解析結果の比較

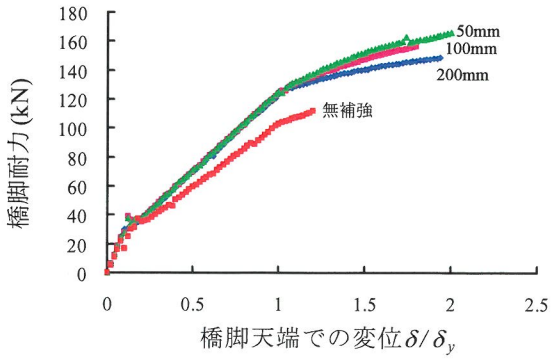


図-5 RC 橋脚の漸増載荷による解析結果

参考文献

1) 阿部忠・木田哲量・澤野利章・清水正明・加藤清志：CFS 補強 RC はりの力学特性と補強効果に関する研究，第 53 回理論応用力学講演会講演論文集，2004.