

鉛直方向 CFRP シートによる I 型断面フレキシブル RC 橋脚模型の補強実験 に関する有限要素解析の検討

九州大学大学院 学生会員 ○高 文君 九州大学工学研究院 フェロー 大塚 久哲
九州大学工学研究院 正会員 山崎 智彦 西日本高速道路株式会社 正会員 今村 壮宏

1. はじめに

I 型断面フレキシブル RC 橋脚とは、山間地の高速道路高橋脚などに用いられる、橋軸直角方向地震力に対して両側柱と耐震壁により、エネルギーを吸収することができる。著者らは文献 1), 2) において、既設の I 型断面フレキシブル RC 橋脚の縮尺模型による水平加力実験から、当該橋脚はこれまでのせん断破壊や曲げ破壊となる橋脚とは異なる両破壊の中間的な破壊性状を呈することを指摘した。また、コンクリート系部材における水平方向炭素繊維補強プラスチックシート（以下、CFRP シート）による曲げやせん断に関する補強効果の研究は数多くなされているが、本実験で CFRP シートを鉛直方向に貼付したのは、当該橋脚が I 型断面のため水平方向へシート貼付が困難であり、水平載荷実験^{1), 2)} に示すように、ひび割れが鉛直方向より水平方向に近くため、鉛直方向のシート貼付により、補強効果が期待できると考えたものである。従って、有限要素解析でも鉛直方向 CFRP シートの補強効果について確認した報告は少ない。そこで本研究では、I 型断面フレキシブル RC 橋脚模型の鉛直方向 CFRP シートによる補強実験結果を用いて、市販の有限要素解析ソフト「FINAL」により 2 次元非線形有限要素解析を行い、解析結果について実験結果と比較検討し、CFRP シートのモデル化の妥当性を検討したものである。

2. 水平載荷実験の概要

実験供試体（図-1 参照）の橋脚部の高さは 2000mm、横方向長さは 1000mm である。壁部分の内法高さは 1800mm、内法長さは 500mm、厚さは 60mm である。両側柱の断面寸法は 200×250mm の矩形断面である。鉄筋は SD345 を用い、コンクリートは設計基準強度 24N/mm² で配合している。供試体 No.1 を標準断面とし、供試体 No.2～No.4 は鉄筋配置をすべて同じとして、表面に一般的な製品である繊維目付 200g/m² の CFRP シート鉛直方向に貼付した。供試体 No.2 は壁両面を、供試体 No.3 は両側柱全面を、供試体 No.4 は壁両面及び両側柱全面を、それぞれ CFRP シート補強した供試体である。CFRP シートの巻き立てにあたり柱断面の面取りとシートの折り込みは行っていない。載荷方法として、供試体の基礎フーチングは PC 鋼棒（8Φ32mm）により反力床に緊結し、反力壁に固定された 500kN オイルジャッキにより、供試体頂部の梁部に対して水平単調漸増載荷で行った。水平単調漸増載荷としたのは、損傷を受けていない本供試体の水平耐力と破壊メカニズムを知るためである。また、今回の実験では軸力の影響を無視したが、このことは一般に水平耐力に対して安全側の評価となると思われるが、軸力の影響の詳細は別途明らかにする必要がある。

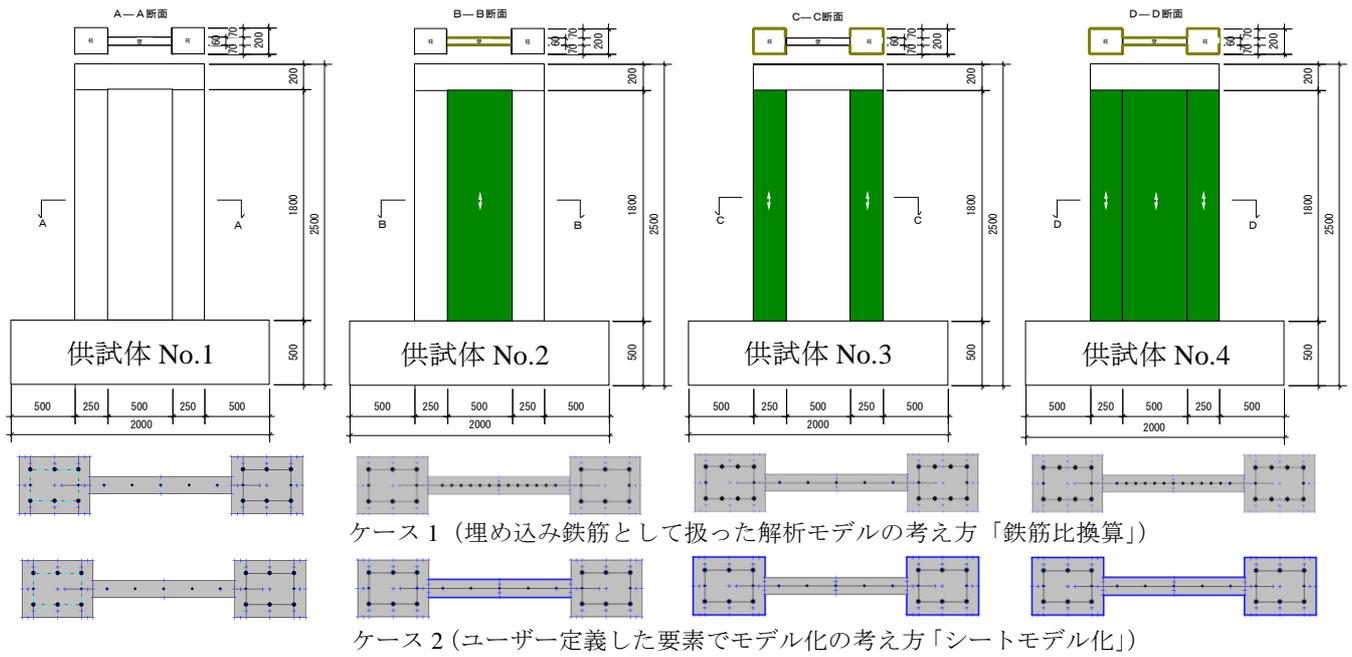
3. 供試体の有限要素解析

解析では、市販のコンクリート系構造を対象とした非線形有限要素解析ソフト「FINAL³⁾」を使用した。図-1 に鉛直方向 CFRP シートによる補強実験供試体のモデル化を示す。CFRP シートのモデル化として、ケース 1 の考え方は、CFRP シートの鉄筋換算式により算定結果と無補強断面の鉄筋比に足し合せた計算の結果を用い、要素内で埋め込み鉄筋として扱った解析モデルである。ケース 2 の考え方は、CFRP シートをユーザ一定義した要素でモデル化し、接合要素を用いてコンクリート表面の貼付状況を表現した解析モデルである。CFRP シートの鉄筋換算式は式(1)のとおりであり、これらの結果、供試体 No.2, 4 の壁部分の補強による鉄筋換算比は 2.08% となり、供試体 No.3, 4 の柱部分の補強による鉄筋換算比は 1.05% となった。

$$\rho_{cf} = \frac{A_{cf}}{A_c} \cdot \frac{f_{cf}}{f_{sy}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 ρ_{cf} : CFRP シートの鉄筋換算比 (%) ; A_{cf} : CFRP シートの全断面面積 (mm²) ; A_c : 橋脚補強部

分の断面面積 (mm²) ; f_{cf} : CFRP シートの設計引張強度 (N/mm²) ; f_{sy} : 鉄筋の降伏引張強度 (N/mm²).



4. 解析結果と実験値との比較

例として供試体 No.2, No.3 の有限要素解析により得られた荷重-変位曲線と実験値との比較した結果を図-2 に示す. 実験の荷重は载荷ジャッキ先端のロードセルにより計測した荷重であり, 変位値は供試体頂部の载荷点反対側の水平変位を変位計で計測した変位である. 解析値は水平载荷実験と同様に, 実験の载荷中央点及び変位計の設置点に対応している解析モデルの载荷荷重と変位である. 既往の研究では, 無補強供試体 No.1 において, 全体鉄筋を要素内埋め込み鉄筋として扱った解析ケース 1 の結果は実験曲線の第 2 折点付近を除いて, 精度よく表現しているが,

壁両面に補強した供試体 No.2 及び両側柱全面に補強した供試体 No.3 において, 埋め込み鉄筋として扱った解析ケース 1 (鉄筋比換算) よりユーザー定義した要素でモデル化した解析ケース 2 (シートモデル化) ほうがよい評価している. 供試体 No.4 に対しても同様な結果となっているが, 耐荷力が過大に評価する傾向にある.

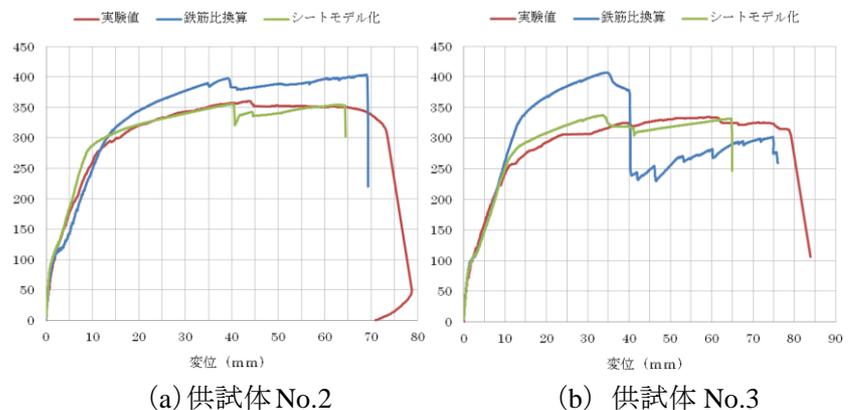


図-2 解析結果と実験値との比較

5. まとめ

著者らは既往の I 型断面フレキシブル RC 橋脚模型の鉛直方向 CFRP シートによる補強実験結果を用いて, 2 次元非線形有限要素解析を行い, CFRP シートのモデル化の妥当性を検討した. 各解析モデルにより, 鉛直方向 CFRP シート補強したフレキシブル RC 橋脚水平载荷実験の有限要素解析結果は, CFRP シートをユーザー定義した要素でモデル化した解析ケースが最も実験の再現性がよい. また, 実験の発生事象を厳密に把握するため, 今後の研究予定として, 更に解析精度を向上することを工夫したい.

参考文献

(1) 高・大塚・福永・川崎: I 型断面フレキシブル RC 橋脚の水平耐力に及ぼす横方向鉄筋の効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.2, 2011.7 (2) 山崎・大塚・高・今村: CFRP シートによる I 型断面フレキシブル RC 橋脚模型のせん断補強実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.2, 2011.7 (3) 伊藤忠テクノソリューションズ (株): FINAL/V11HELP