

UFC 製 PCa 型枠の座屈抑制効果に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○玉野 慶吾
正会員 曾我部直樹
フェロー 山野辺慎一

1. はじめに

RC 橋脚が交番繰返し荷重を受けると、一般にかぶりコンクリートの損傷が進展するとともに軸方向鉄筋がかぶりコンクリートを押しながら座屈するため、その結果としてかぶりコンクリートが剥落する。筆者らが提案する超高強度繊維補強コンクリート(以下、UFC と称する)を用いた高耐震性 RC 橋脚¹⁾(以下、UFC 橋脚と称する)は、UFC 製 PCa 型枠を橋脚基部のかぶり部に適用しているため、軸方向鉄筋の座屈に対して高い拘束効果を有する特徴がある(図-1)。既往の研究²⁾においてもその特徴は確認されており、本研究では、UFC 製 PCa 型枠が軸方向鉄筋の座屈に伴うはらみ出し力に抵抗する拘束効果に着目して検討を行った。

2. かぶりコンクリートの拘束効果に関する検討実験

(1) かぶりコンクリートの軸方向鉄筋によるはらみ出し力に対する抵抗特性

かぶりコンクリートの抵抗特性の評価に関する研究はいくつかあるが、星隈らは、RC 橋脚の軸方向鉄筋によるはらみ出し力に対するかぶりコンクリートの抵抗特性を単純支持の梁モデルとして評価している³⁾。同様に UFC 橋脚においても、圧縮変形により曲率が生じた軸方向鉄筋とかぶりコンクリートの変形の模式図は図-2 と表すことができると考えられる。この時、軸方向鉄筋のはらみ出しに対するかぶり部の拘束は、圧縮フランジ側のかぶりコンクリートのかぶり厚さを断面高さ(c)とする梁として見なすことができる。そこで、UFC 橋脚のかぶりコンクリートの抵抗特性を単純化した梁モデルによる曲げ性状を用いて、UFC 橋脚と RC 橋脚を対象に相対的に評価することを試みた。

(2) 実験概要

既往の UFC 橋脚の断面並びに梁としてモデル化した試験体の形状を図-3 に示す。試験体は、既往の試験体²⁾のかぶり部を模した case1 および同様の形状で材料を普通コンクリート(圧縮強度: 35.5N/mm^2)に置き換えた case2 をそれぞれ 3 体ずつ製作した。case1 に用いた UFC は鋼繊維が混入されたセメント系複合材料であり、圧縮強度が 209.7N/mm^2 、曲げ強度が 36.3N/mm^2 である。また、case1 では内部コンクリートに相当する箇所を無収縮モルタルで製作し、UFC 部の表面には製作時に凹凸を設けて界面のずれ止めとしている。

計測はたわみ、支間中央の鉄筋並びに圧縮縁のひずみであり、载荷は軸方向鉄筋の間隔に相当する 2 点载荷で引張応力を簡潔に表現し、スパンは試験装置を鑑みて決定した。

(3) 実験結果

図-4 に曲げ応力度-変位関係を示す。ここ

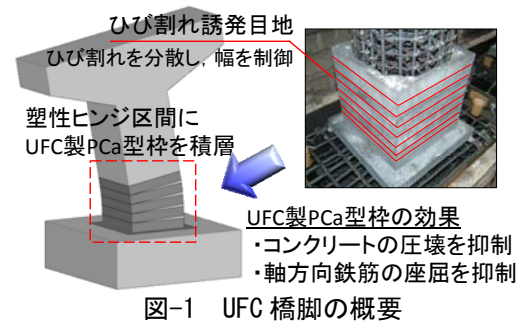


図-1 UFC 橋脚の概要

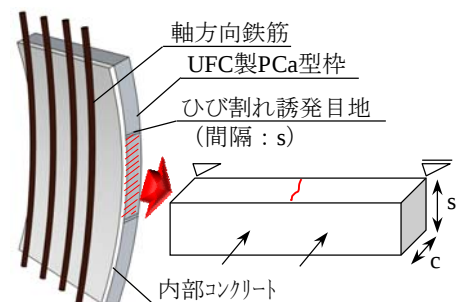
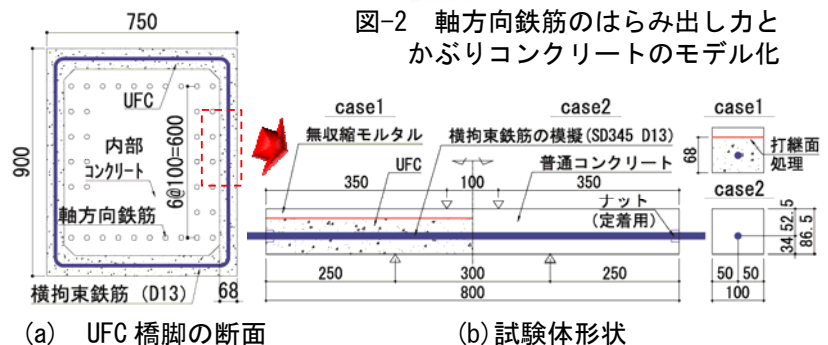


図-2 軸方向鉄筋のはらみ出し力とかぶりコンクリートのモデル化



(a) UFC 橋脚の断面

(b) 試験体形状

図-3 試験体の概要

キーワード UFC, かぶりコンクリート, 拘束効果, 高耐震性 RC 橋脚, 座屈長

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所土木構造グループ TEL 042-485-1111

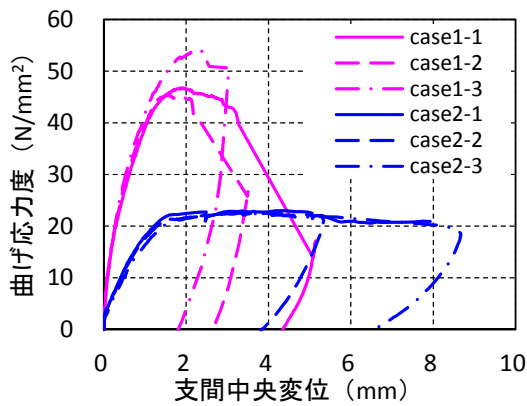
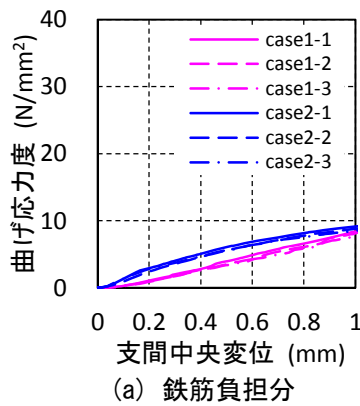
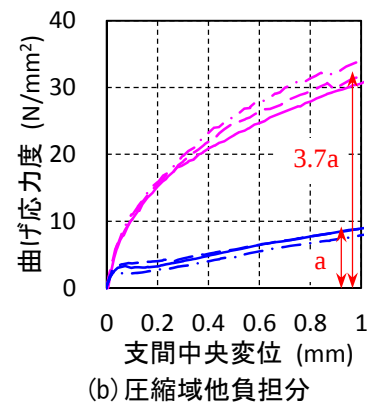


図-4 曲げ応力度-変位関係



(a) 鉄筋負担分



(b) 圧縮域他負担分

図-5 曲げ応力度-変位関係

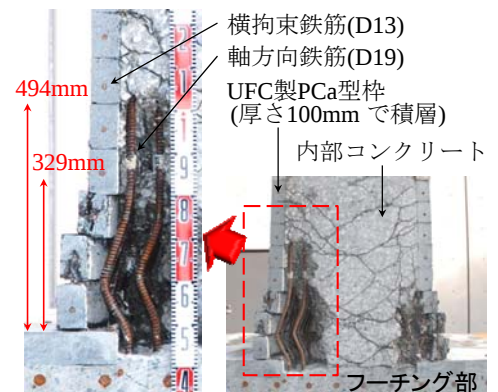
で、曲げ応力度(σ_b)は、載荷荷重(P)、せん断スパン(a)、部材高さ(h)、および部材幅(b)を用いて式(1)により算出した。

$$\sigma_b = 3 \cdot P \cdot a / (b \cdot h^2) \quad (1)$$

case1 の 3 体は、曲げ応力度の増加に伴い微細なひび割れが複数発生した後、UFC と無収縮モルタルの界面がせん断破壊することで急激に耐力が低下した。case2 は、最大曲げ応力度前後で鉄筋が降伏し、支間中央変位が 5mm を超えた時点で載荷を終了した。

ここで、曲げ応力度に対するコンクリート部と鉄筋の影響度を個別に評価するため、各々が負担する曲げ応力度を算出した。まず、鉄筋の曲げ応力度負担分は、鉄筋が降伏する前の圧縮縁の表面ひずみと鉄筋ひずみを線形で補完することで中立軸位置を算定し、中立軸位置と鉄筋ひずみにより算出した。そして、実験で得られた曲げ応力度から鉄筋負担分を差し引くことで圧縮域他が負担する曲げ応力度を求めた。

鉄筋負担分および圧縮域他負担分の曲げ応力度と変位の関係を図-5 に示す。鉄筋負担分は case1, 2 とともに同程度であるが、圧縮域他負担分は UFC が鋼繊維の架橋効果により引張応力を負担するため、変位 1.0mm の時点で case1 は case2 の 3.7 倍であることが分かる。

写真-1 UFC 橋脚の座屈状況
(幅方向中央近傍で切断)

3. UFC 製 PCa 型枠の拘束効果と座屈長の関係

道路橋示方書 V 耐震設計編⁴⁾(以下、道示)に示される塑性ヒンジ長の算定式を参考に、UFC 製 PCa 型枠の拘束効果を検討する。同算定式では、軸方向鉄筋が横拘束鉄筋とかぶりコンクリートにより拘束され、かぶりコンクリートの拘束効果はかぶり厚さに係数(0.01)を乗じることで表される。そこで、UFC 製 PCa 型枠の拘束効果は前述の結果より RC 橋脚を想定した拘束効果より 3.7 倍大きいと仮定し、道示で示される座屈長を算出すると、係数が 0.01 および 0.037 の場合それぞれ 494mm, 329mm となる。ここで、実験時の座屈状況は写真-1 であり、その座屈長は 300~350mm と観察され計算結果と同程度である。つまり、かぶりコンクリートである UFC 製 PCa 型枠の拘束効果を適切に考慮することで、既往の算定式に準拠した形でその拘束効果を評価できる可能性があることが示された。

4. まとめ

UFC 製 PCa 型枠の拘束効果について梁モデルを用いて検討を行った。その結果、UFC 製 PCa 型枠をかぶり部に適用した場合、その拘束効果は普通コンクリートと比較して 3.7 倍程度向上する。また、同結果を用いて道示に示される式を参考に座屈長を検討すると、比較的良い精度で実験結果を評価することができた。今後、かぶり厚さや強度の異なる材料に対して検討を行い、その適用性について更なる検証を進める予定である。

参考文献

- 1) 山野辺ら：高性能塑性ヒンジ構造を適用した高耐震性 RC 橋脚の開発，土木学会論文集，Vol.64，No.2，pp.317-332，2008.
- 2) 玉野ら：UFC 製型枠を用いた高耐震性 RC 橋脚の大型正負交番載荷実験，第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.373-378，2013.
- 3) 島ら：曲げ破壊型 RC 橋脚における鉄筋座屈モデルによる靱性解析，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12，No.2，pp.741-746，1990.
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書 V 耐震設計編，2012.