

大阪市立大学 学生員 ○黒木 唯真
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

大阪市立大学大学院 米丸 諒
大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明

1. はじめに

現在、多くの構造物で老朽化が進んでおり、鋼桁橋においても腐食損傷などが問題となっている。新たな補修・補強方法として、ここでは、高強度、高靱性、高耐久性といった特徴を有す超高強度繊維補強コンクリート(UFC)¹⁾に着目した。UFC を補修・補強に用いる場合、圧縮材や保護材としての利用が一般的であったが、引張材としての適用も試みられている²⁾。著者の一部は、UFC の引張にも強い特性を活かすため、撤去された小規模橋梁(鋼 I 桁)を用いて UFC による曲げ補強実験³⁾を行った。本研究では、実験結果を踏まえた上で、UFC による曲げ補強効果のさらなる検討のために有限要素法を用いたパラメータ解析を行った。

2. 対象実験

対象は、約 80 年供用され撤去された橋長約 7.5m の橋梁を用いた曲げ載荷試験³⁾(図 1, 2)である。供試体はコンクリート床版付き I 形鋼単純桁であり、床版と鋼桁の間にはスラブアンカーが設けられていた。切り出したままの無補強の供試体、上フランジ上面に異形棒鋼を溶接しモルタルを充填することで床版と鋼桁を一体化させるずれ止め補強を行った供試体、さらにそのずれ止め補強に加えて下フランジ上面に

UFC パネルを接着剤で接合し曲げ補強を行った供試体の計 3 体について実大載荷試験を行っている。

3. 解析条件

実験供試体を対象に、非線形 FEM 解析プログラム FINAL を用いて解析を行った。解析モデルは 4 節点平面応力の要素を用い、対称性からその 1/2 領域を対象とした(図 3)。スラブアンカーおよびずれ止めによる合成効果は、床版と鋼桁の間に接合要素を設け、せん断応力-ずれ関係を与えることで再現した。UFC は実験と同様に下フランジ上面に補強し、剛接合とした。また、各材料特性を表 1 に示す。床版と鋼桁は実験時の材料試験の結果であり、UFC は UFC 指針¹⁾などに基づいて設定した。図 4 には UFC の引張特性を示す。

まず、解析モデルの妥当性を実験結果との比較から検証した。そのモデルをベースに、床版と鋼桁の合成程度による違いを検討するため、実験対象である切り出したままのスラブアンカー桁とずれ止め補強桁に加え、床版と鋼桁が完全に一体となって挙動する完全合成桁、接合が無い非合成桁についてもモデル化し、それぞれに UFC を補強した。UFC 補強に関しては、補強厚、範囲、UFC と下フランジの付着強度をパラメータとした。

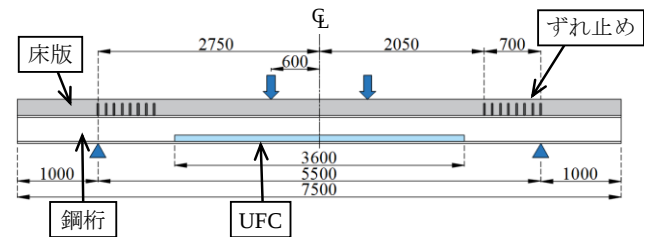


図 1 載荷試験概略図(単位:mm)

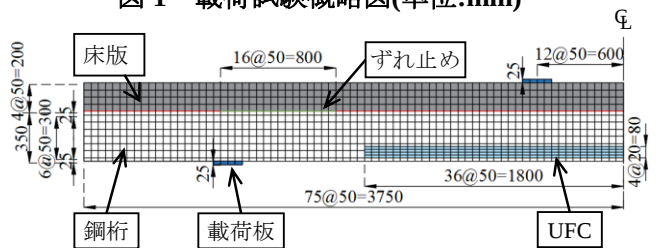


図 3 解析モデル図(単位:mm)

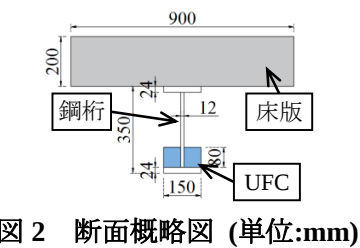


図 2 断面概略図 (単位:mm)

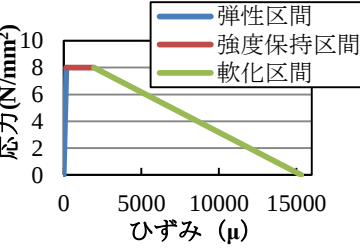


図 4 UFC の引張軟化曲線

表 1 材料特性

床版コンクリート	
圧縮強度	27.2N/mm ²
引張強度	2.5N/mm ²
弾性係数	19.2kN/mm ²
鋼桁	
降伏強度	333N/mm ²
弾性係数	20.4kN/mm ²
UFC	
圧縮強度	180N/mm ²
引張強度	8.0N/mm ²
弾性係数	46kN/mm ²

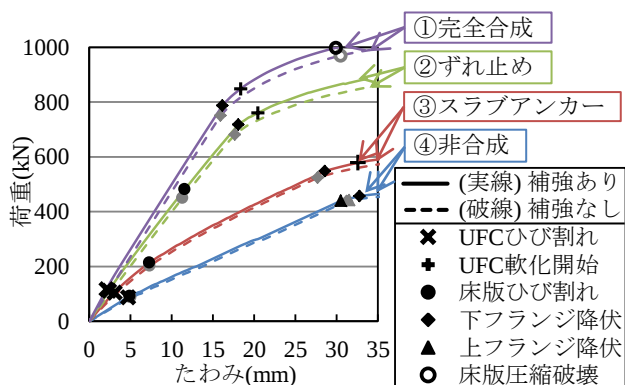


図5 荷重－たわみ関係(補強厚 100mm, 範囲 3.6m, 剛接合)

4. UFC 補強解析の結果

桁の合成効果が高い順にモデル化した桁の呼称を①～④とし、得られた荷重－たわみ関係の一例を図5に示す。UFC の補強により剛性と耐力がともにやや向上していることがわかる。

4.1 補強厚による影響

図6に、補強厚の変化による初期剛性、鋼桁降伏荷重をそれぞれ無補強時の各値に対する比で示す。補強範囲は実験と同じ3.6mで、付着は剛接合である。図6(a)より、初期剛性は桁の合成が高いほど効果が得られた。また補強厚増加に伴い向上するが、④非合成を除き桁高の1/2(150mm)程度以上で停留する傾向を示した。これは断面図心付近への補強となったためである。図6(b)より、④非合成を除き降伏荷重も増加傾向にあるが、③スラブアンカーでは160mm以上で減少傾向となった。これは補強に伴う鋼桁の中立軸位置の変化が影響している。④非合成は、中立軸が下がることで上フランジの圧縮縁が早く降伏に至る。本対象の供用状態となる③スラブアンカーでは補強厚120~160mm程度で最も効果が得られた。

4.2 付着による影響

補強厚変化の結果から補強厚140mm(④非合成のみ100mm)を対象とし、UFC と下フランジの接合要素にせん断応力－ずれ関係を線形で与え、その傾き(ずれ剛性)を変化させることで付着による影響を検討した。付着変化による初期剛性、UFC のひび割れ荷重を図7に示す。ここで、破線は剛接合とした時の値である。図7(a)より、初期剛性はずれ剛性が50N/mm³以下で急激に低下する。対照的に図7(b)からは、柔となるほどUFC のひび割れ荷重は大きくなることがわかる。また、変化させた範囲のずれ剛性が5 N/mm³以上では降伏荷重への影響は小さかった。

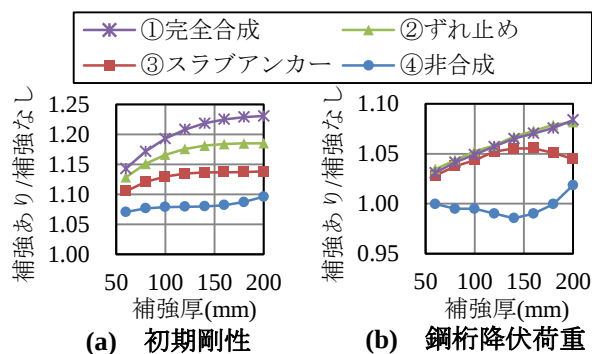


図6 補強厚による影響

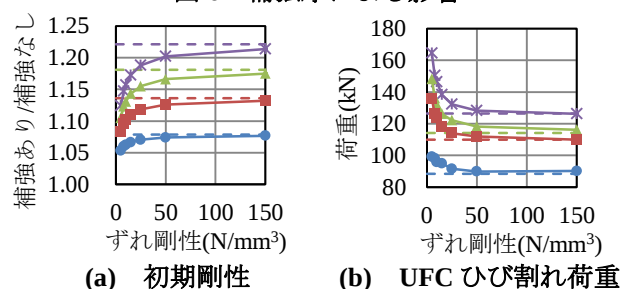


図7 付着による影響

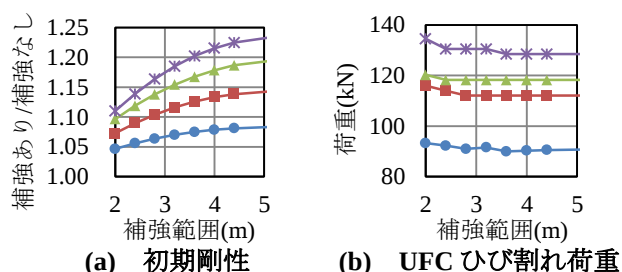


図8 補強範囲による影響

4.3 補強範囲による影響

前述の付着検討モデルに対して、ずれ剛性を50 N/mm³で固定し、補強範囲を変化させた場合の結果を図8に示す。図8より範囲の増加に伴って初期剛性は向上し、UFC のひび割れ荷重は減少傾向となった。なお、ここでも降伏荷重への影響は小さかった。

5. まとめ

床版と鋼桁の合成効果があるほどUFCによる補強効果が得られるが、大幅な耐力向上は見込めないことがわかった。しかし、腐食などに対する補修や使用状態での活荷重に対する補強へは適用可能と考えられる。UFC 補強時には、厚さだけでなく、付着強度(接合方法)、補強範囲についても適切に設定することで、より効果が得られることがわかった。

参考文献

- 1)土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案), 2008
- 2)勝山, 下里, 江里：UFC パネルを用いた腐食鋼部材の性能回復に関する研究, 構造工学論文集 V.60A, pp.564-574, 2014.3
- 3)野阪, 田中, 川崎, 角掛, 松村：RC 床版を有する鋼桁の曲げ剛性評価および補強効果に関する検討, 鋼構造年次論文報告, Vol.22, pp.865-853, 2014.11