

超高強度繊維補強コンクリートを用いた小規模鋼 I 桁橋への補修・補強解析

大阪市立大学大学院 学生会員 ○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る超高強度繊維補強コンクリート(UFC)<sup>1)</sup>に着目した。UFCを補修・補強に用いる場合、圧縮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<sup>2)</sup>。著者らも、UFCの引張に対する特性を生かすため、約80年供用され、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を行った<sup>3),4)</sup>。本研究では、小規模橋梁への補修・補強材としてのさらなる検討のため、実験供試体を対象とした有限要素法によるパラメータ解析を行った。

2. 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を用いてモデルを作成した(図1, 図2)。供試体は、橋長約7.5mの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置されていた。解析モデルでは、4節点平面応力要素を用い、対称性から供試体の1/2領域を対象とした。スラブアンカーによる接合は、接合要素を配置して、せん断応力-ずれ関係を与えることで再現している。また、床版と鋼桁を剛接合としたモデルも作成し、UFC補強を行った。それぞれ、スラブアンカーモデル、完全合成モデルと呼ぶ。なお、UFCは実験と同様に鋼桁下フランジ上面に補強している。

各材料特性を表1に示す。床版と鋼桁は実験時の

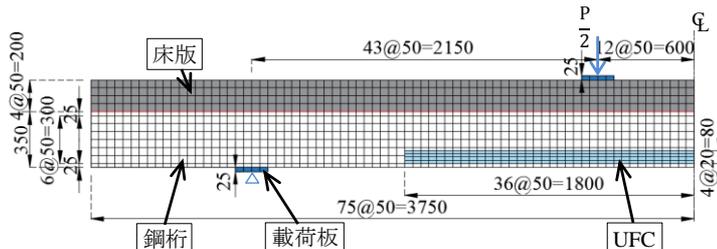


図1 解析モデル図(補強厚80mmを例に)(単位:mm)

材料試験の結果を用い、UFCはUFC指針<sup>1)</sup>などに基づいて設定した。UFCの引張特性を図3に示す。

本解析では、UFCの補強厚、UFCと下フランジの付着強度をパラメータとし、その影響を検討した。また、鋼桁下フランジの腐食減厚を想定し、UFCによる補修・補強時の性能回復も検討した。

3. UFC補強パラメータ解析の結果

図4に一例として、スラブアンカーモデルに補強厚80mm、範囲3600mm、付着を剛接合として補強したときの荷重-たわみ曲線を、無補強の基本モデルおよび実験結果<sup>3),4)</sup>とあわせて示す。UFC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。

3.1. 補強厚による影響

図5に、補強厚を変化させた結果として、初期剛性(荷重80kNまで)および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3600mm、付着は剛接合である。図5(a)より、どちらのモデルも補強厚増加に伴って初期剛性が向上していることがわかる。桁高の1/2(150mm)程度以上の補強厚で停滞する傾向を示したのは、断面図心付近への補強となったためである。同じ補強厚でも桁の合成が高い完全合成モデルの方が効果は得られたが、スラブアンカーモデルでも10%以上の向上が可能

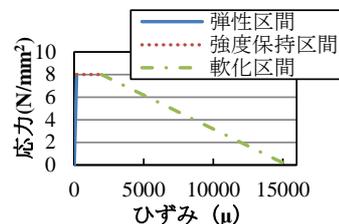


図3 UFCの引張軟化曲線

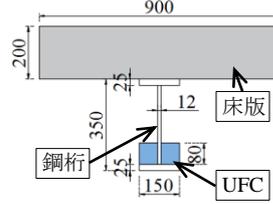


図2 断面概念図(単位:mm)

表1 材料特性

床版コンクリート	
圧縮強度	27.2N/mm <sup>2</sup>
引張強度	2.5N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	19.2kN/mm <sup>2</sup>
鋼桁	
降伏強度	333N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	204kN/mm <sup>2</sup>
UFC	
圧縮強度	180N/mm <sup>2</sup>
引張強度	8.0N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	46kN/mm <sup>2</sup>

キーワード UFC, 鋼I桁, 補修・補強, 引張材

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL&FAX 06-6605-2723

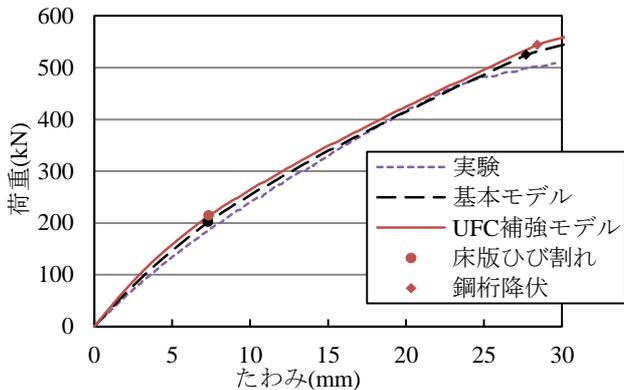


図4 荷重-たわみ曲線

(スラブアンカーモデル, 補強厚 80mm, 範囲 3600mm, 剛接合)

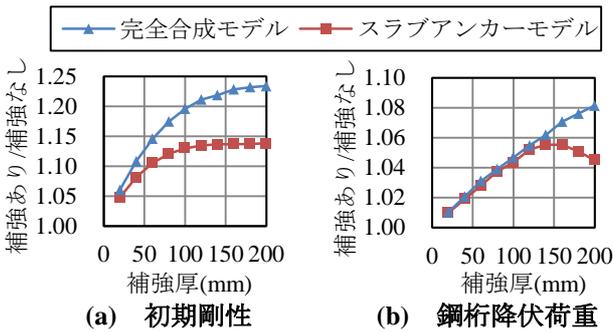


図5 補強厚による影響

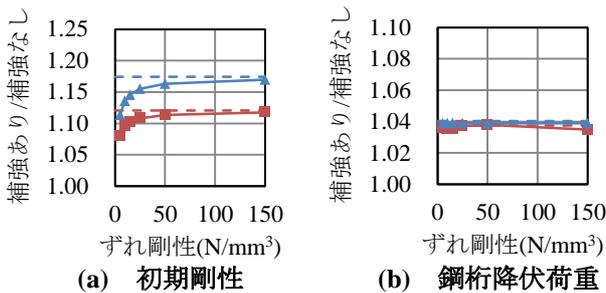


図6 付着による影響

能である。図5(b)より、降伏についても補強効果が得られることがわかった。スラブアンカーモデルでは補強厚 160mm 以上で減少傾向となったが、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。

3.2. 付着による影響

補強厚 80mm を対象として、UFC と下フランジに接合要素を設け、せん断応力-ずれ関係を線形で与えた。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。初期剛性、鋼桁降伏荷重について、横軸をずれ剛性、縦軸を無補強の基本モデルに対する比として図6に示す。ここで、破線は付着を剛接合としたときの値である。図6(a)より、初期剛性はずれ剛性が  $50\text{N/mm}^3$  以下で急激に低下していることがわかる。そのため、 $50\text{N/mm}^3$  程度は確保することが望ましいと考えられるが、降伏時における最大付着せん断応力は、剛接合時においても

表2 減厚モデルへの補修結果

		初期剛性 (kN/mm)	鋼桁降伏荷重 (kN)
完全合成モデル	基本モデル	47.1	752
	2mm減厚モデル	45.6 (0.97)	715 (0.95)
	補強厚20mm	48.7 (1.03)	725 (0.96)
	補強厚100mm	56.0 (1.19)	753 (1.00)
スラブアンカーモデル	基本モデル	31.4	525
	2mm減厚モデル	30.6 (0.97)	499 (0.95)
	補強厚20mm	32.2 (1.03)	505 (0.96)
	補強厚100mm	35.3 (1.12)	524 (1.00)

※( )内は基本モデルの値に対する比

$7\text{N/mm}^2$  程度しか発生していなかった。図6(b)からは、変化させた範囲のずれ剛性  $5\text{N/mm}^3$  以上では降伏への影響は小さいことがわかる。また、他の補強厚においても同様の傾向が見られた。

4. 腐食減厚に対する性能回復

腐食減厚を想定して下フランジ上面を 2mm 減厚したモデルに UFC 補強を行った。パラメータ解析の結果からずれ剛性は  $50\text{N/mm}^3$  とし、補強範囲については、鋼桁の腐食部を UFC で覆うことでさらなる腐食の防止となることも想定し、全範囲とした。また、範囲拡大によって初期剛性は向上するが、降伏への影響は小さいことがわかっている。表2には、得られた各値を示す。( )内は減厚前の基本モデルに対する比である。初期剛性については、補強厚 20mm でも十分に回復できる。しかし、降伏までを考慮した場合、補強厚 100mm 程度の補強が必要であった。

5. まとめ

UFC 補強によって、大幅な耐力向上は見込めないものの、使用状態での剛性への寄与は認められた。そのため、使用状態において、腐食減厚に対する補修や、活荷重レベルに対する補強へは適用可能であることがわかった。

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 Vol.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集，Vol.22, pp.856-863, 2014.11 4)米丸，角掛，野阪，松村：超高強度繊維補強コンクリートを用いた鋼桁下フランジ補強，コンクリート工学年次論文集，Vol.37, 印刷中