(50) 超高強度繊維補強コンクリートを用いた 小規模鋼I桁橋への曲げ補強効果

黒木 唯真1・角掛 久雄2・米丸 諒3・鬼頭 宏明4

¹学生会員 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138) E-mail:kuromaaaru@gmail.com

 ²正会員 大阪市立大学大学院准教授 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138) tsuno@civil.eng.osaka-cu.ac.jp
 ³非会員 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

ttnk879@gmail.com

⁴正会員 大阪市立大学大学院教授 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138) kitoh@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

鋼橋において腐食損傷などが問題となっているが、特に小規模橋梁では対策が遅れている現状があり、 より簡易かつ優れた補修・補強方法が求められている.ここでは、超高強度繊維補強コンクリート(UFC) の引張特性に着目し、UFCを鋼I桁下フランジ上面に引張補強材として適用することを検討した.供用さ れていた小規模鋼I桁橋を用いて行ったUFCによる曲げ補強実験に対して、FEM解析による再現解析を行 い、さらに補強UFCをパラメータとした解析を行った.UFCの補強厚、補強範囲、UFCと鋼桁の付着性状、 床版と鋼桁の合成度による補強効果への影響を評価し、小規模橋梁に対して良好な補強効果が得られるこ とを確認した.また、腐食によって下フランジが減厚したモデル桁に補強を行い、その性能の回復を確認 することで使用状態においてUFC補強が有用であることを示した.

Key Words : UFC, steel girder, retrofit, flexural behavior, short span steel bridge

1. はじめに

現在,多くの構造物で老朽化が進んでおり,鋼橋においても経年劣化による腐食損傷などが問題となっている. 順次,架け替えや補修・補強による対策が行われているものの,小規模橋梁については大規模橋梁に比べて優先順位が低く対策が遅れている現状がある.既存の腐食減厚に対する補修・補強方法には,高力ボルトを用いた当て板補強や,炭素繊維シートを接着剤で貼り付ける工法などがある.しかし,当て板補強は施工が大がかりであることや、ボルト孔による母材の断面欠損,母材および当て板の再腐食といった問題点がある.また,炭素繊維シートによる補修・補強についても、シートの剥離によって降伏までの効果は期待できないといった問題がある.

そこで、より簡易かつ優れた補修・補強方法の確立が 求められており、本研究では引張補強材として超高強度 繊維補強コンクリート(Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete:以下UFCと呼ぶ)¹に着目した.UFCは、組織の 緻密性が高いセメント系複合材料である.そのため、圧 縮強度150N/mm²以上と高強度であり、劣化因子の侵入 も防ぐため耐久性にも優れているといった特徴がある. また、従来のコンクリートに比べ引張強度も高く、繊維 補強によってひび割れ後のじん性も有している.

UFCを補修・補強に用いる場合、床版への増し厚補強 など圧縮材としての利用が一般的であったが、近年、鋼 桁への補修・補強の検討も行われている.UFCで鋼材を 覆うことで、防錆効果も得られるという利点もある.森 川らは鋼I桁ウェブにUFCパネルを接着し、座屈を抑制 するせん断補強材としての効果を検討した².また、勝 山らによって、ウェブのせん断補強だけでなく、下フラ ンジへの引張補強材としての適用も試みられている³. 著者らも、UFCの引張に対する特性を活かすため、約80 年供用され撤去された小規模橋梁(鋼I桁)を用いて、実大 のUFCによる曲げ補強実験を行った^{4,5}.本研究では、小 規模鋼I桁橋への引張補修・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補 強UFCをパラメータとした解析により補強効果の検討を 行った.さらに、鋼桁の腐食減厚を想定し、UFCによる

2. 実験概要

実験供試体は、約80年供用されたコンクリート床版と I形鋼からなる非合成の単純桁を切断して作製した.5主 桁あるうち、高欄などの関係から端桁を除いた中桁3体 を用いた.I形鋼は高さ350×幅150mm (ウェブ厚12mm, フランジ厚24mm)であり、切断後の床版幅は約900mm, 床版厚は約200mm,桁の長さは約7500mmである.床版 内には鉄筋が配置され、床版と鋼桁(I形鋼)の接合にはス ラブアンカーが設置されていた.

載荷実験は、図-1,2に示すように対称4点曲げの純曲 げモーメント区間を設けて行った。供試体1体目は、残 存耐力確認用であり、切り出したままの無補強である (スラブアンカー桁と呼ぶ).2体目は、床版と鋼桁の合 成効果を向上させるために上フランジ上面に異形棒鋼を 溶接し無収縮モルタルを充填したずれ止め補強を行った (ずれ止め桁と呼ぶ).ずれ止め補強は一部のみであり、 D19の異形棒鋼を90mm間隔の2段配置で、両支点上から 内側に100mm間隔で8列配置している(図-2左上).3体目 が、ずれ止め補強に加えて下フランジ上面にUFCによる 曲げ補強を行った供試体である(UFC補強桁と呼ぶ). UFC補強は、鋼桁形状に合わせて作製したUFCパネルを 下フランジ上面とウェブ側面にエポキシ樹脂系接着剤を 用いて接合した.UFCの断面は,鋼桁の降伏強度を 235N/mm² (SS400相当)とし,また完全な合成桁と仮定し て,UFC補強によって降伏耐力が5%程度増加するよう に決定した.補強範囲は,曲げモーメントが最大から 1/2以下になる範囲までとし,中央部3600mmの区間とし た.

実験時には、中央たわみ、鋼桁と床版のずれ、純曲げ モーメント区間の断面ひずみを計測した.なお、計測位 置などの詳細については文献4)、5)を参照されたい.ま た材料試験として、床版コンクリートについてはコアを 採取して圧縮試験を行い、鋼桁については載荷実験終了 後に引張試験片を切り出して引張試験を行った.補強に 用いたUFCについても、同バッチで作製した供試体で曲 げ試験を行った.

実験の再現解析

(1) 解析概要

FEM解析には、非線形解析プログラムFINALを用いた. 解析モデルは、4節点平面応力の要素を用い、対称性か ら図-2で示す実験供試体の1/2モデルとした.図-3には、 解析用に断面2次モーメントを基準にモデル化した断面 を示す.図-4に、UFC補強桁のメッシュ図を例示する.





図-7 スラブアンカーのせん断応力 - ずれ関係

図-8 ずれ止めのせん断応力 - ずれ関係

床版内の鉄筋は省略し、ずれ止め補強に用いた無収縮モ ルタルは床版と同様の物性として取り扱っている.解析 に用いた各材料定数を表-1に示す. 床版のコンクリート の圧縮強度と弾性係数、鋼桁の降伏強度と弾性係数は供 試体より採取した試験片の材料実験値である. UFCの引 張強度は、曲げ試験の結果より超高強度繊維補強コンク リートの設計・施工指針(案)¹⁾(UFC指針と呼ぶ)に準拠し て算定した. 床版のコンクリートの構成則は圧縮側を修 正Ahmadモデル,引張側を出雲モデル(図-5)とし,鋼の 構成則は圧縮引張ともにバイリニアモデルで、ひずみ硬 化率1%を与えた.UFCの引張構成則はUFC指針に準拠 して設定した(図-6). 図-6の変曲点のひずみは、表-1で示 す弾性ひずみ、保持ひずみおよび終局ひずみとそれぞれ 対応している. スラブアンカーおよびずれ止めによる床 版と鋼桁の合成効果は、図-4で示すように床版と鋼桁の 間に接合要素を設け、それぞれせん断応力 - ずれ関係

(図-7,8)を与えた.ここで、スラブアンカーについては 中島らの提案を参考にし、 ずれ止めについては複合構 造標準示方書⁷の頭付きスタッドに準拠して設定した. また、UFCの接合は、UFC下面と下フランジ上面で剛接 合とした. なお、実験でも終局までは載荷していないが、 解析においてもせん断応力 - ずれ関係など終局となる条 件を設定していない. また解析条件は, 文献5)を参考に 若干変更している.

(2) 解析結果

図-9に、解析による荷重 - たわみ曲線を実験結果、合 成理論および非合成理論と合わせて示す.また,図-10 には一例として、ずれ止め桁の断面内ひずみ分布を実験 結果と合わせて示す.実験時のひずみの計測位置は、中 央から300mmの位置で純曲げ区間内にあり、鋼桁と床版 どちらも計測している.縦軸は桁下面からの高さであり、 350mm以下が鋼桁, 350mm以上が床版のひずみである.

図-9より、スラブアンカー桁は良好な一致が認められ る. また,実供用のスラブアンカー桁であっても,スラ ブアンカーによる床版と鋼桁の合成効果が多少得られて いることもわかる. ずれ止め桁およびUFC補強桁におい ては、荷重500kN程度までは良好な結果となったが、異 なる降伏耐力となった.しかし,降伏後の剛性は同等で あった. また, 図-10で示す断面内ひずみや, ここでは 省略しているが床版と鋼桁のずれなどからも、再現性の 高い結果であることを確認した.降伏耐力の違いは、実 際の断面寸法や材料定数の違いが影響しているものと思 われる. 断面内ひずみやずれによる検討は、スラブアン カー桁およびUFC補強桁についても行っているが、詳細 は文献5)を参照されたい.また、実験同様に解析におい てもUFC補強によって剛性および耐力がやや増加する効 果が得られた.以上より、実構造を対象とした実験挙動 の再現が出来ていると思われ、解析条件の妥当性が確認 できた、そのため、以降の解析においてスラブアンカー 桁およびずれ止め桁のせん断応力ーずれ関係は同一の条 件で行う.

4. UFC補強パラメータ解析

(1) 解析概要

前章で示した再現解析のモデルを用いて、補強UFC の諸量をパラメータとした解析を行い、UFCによる曲げ 補強の効果を検討した.UFC補強を行うモデルは、再現 したスラブアンカー桁およびずれ止め桁に加えて、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 がない非合成桁の計4モデルとし、桁の合成度の違いに











表-2 補強解析時の各材料定数				
床版				
圧縮強度	24N/mm ²			
引張強度	1.9 N/mm ²			
弾性係数	25kN/mm ²			
鋼桁				
降伏強度	235N/mm ²			
弹性係数	200kN/mm ²			
UFC				
圧縮強度	180N/mm ²			
ひび割れ発生強度	8.0N/mm ²			
引張強度	8.8N/mm ²			
弾性係数	46kN/mm ²			
弾性ひずみ	191µ			
保持ひずみ	1904µ			
終局ひずみ	14727µ			





よる影響も検討した.なお、実補修・補強の検討を行う 場合、本実験のように材料定数を得るために桁を切り出 しての強度試験などを行うことは出来ない. そのため, 断面設計レベルでの効果を検討するため、各材料定数は 実験値ではなく設計値を適用した. パラメータ解析時の 材料定数を表-2に示す.床版のコンクリートの圧縮強度 は一般的な24N/mm²とし、合わせて引張強度、弾性係数 を設定した. 圧縮側の構成則は圧縮破壊後の軟化を考慮 しないコンクリート標準示方書⁸のモデルとした(図-11). ただし、圧縮上昇域および引張側については解析ソフト の都合上、再現解析と同様の修正Ahmadモデル、出雲モ デルである. 鋼桁はSS400を想定し、構成則はバイリニ アとしてひずみ硬化は考慮していない. UFCについては、 実際の補強時には実験のようなUFCパネルによる接着工 法のみならず現場打設を行うことも踏まえて,標準養生 が可能なUFC⁹を想定して,表-2で示す値とした.その 引張強度から、再現解析時の図-6同様、UFC指針に準拠 して引張構成則を設定した.各変曲点のひずみは表-2で 示す通りである.

補強UFCのパラメータは、UFCの補強厚、補強範囲 (長さ), UFCと下フランジの付着(ずれ剛性)(表-3,図-12) の3種類とした.

(2) 解析結果

図-13に一例として、合成度の異なる4種類の桁モデル に対してUFC補強厚80mm、補強範囲3600mm、UFC下面 と下フランジ上面の付着を剛接合として補強した場合の 荷重 - たわみ曲線を無補強のモデルの結果と合わせて示 す.再現解析と同様に、UFC補強により剛性および耐力 がやや向上していることがわかる.UFCは100kN前後で ひび割れが発生しているが、軟化開始は鋼桁の降伏以降 であり、低荷重下だけでなく降伏まで補強効果が得られ た.そのため、小規模橋梁であることから使用時の補 修・補強が主であるが、鋼桁の降伏荷重までの検討を行 った.以下にそれぞれのパラメータによる影響を示す.

a) 補強厚による影響

4モデルそれぞれに対して、補強UFCの厚さを20mmピッチで20-200mmまで変化させた.補強厚200mmは、鋼桁ウェブ高さ(300mm)の2/3に値する.UFCと下フランジの付着は剛接合とし、補強範囲は実験と同じ中央部3600mmである.

図-14に、補強厚変化による初期剛性、鋼桁降伏荷重, UFCのひび割れ発生荷重への影響を示す.初期剛性およ び鋼桁降伏荷重については、無補強時の各値に対する比 で示す.また初期剛性とは、UFCおよび床版コンクリー トにひび割れが発生する前の荷重50kN時の割線剛性で ある.

図-14(a)より、初期剛性は同じ補強厚でも桁の合成度



図-13 荷重 - たわみ曲線(無補強および UFC 補強厚 80mm)

が高いほど(完全合成桁となるほど)効果が得られた.また、補強厚の増加に伴い初期剛性は増加するが、どのモデルにおいてもある厚さ以上で停留する傾向を示した.これは、厚くなるほど断面図心位置付近への補強となるためである.合成度が小さいスラブアンカー桁、さらに非合成桁ほど鋼桁の図心位置が下方にあり、小さい補強厚で図心に近付くため停留し始める補強厚が小さくなっている.また、非合成桁において補強厚160mm以降で再度上昇しているのは、図心を超えて圧縮域を補強したことによるものであり、引張材としてのUFCの効果ではない.しかし、実供用のスラブアンカー桁程度以上の合成度があれば、初期剛性は10%以上の向上が可能であることがわかった.

図-14(b)より,非合成桁を除き降伏荷重も増加傾向となった.これは,補強に伴って中立軸位置が下部に移動したことによるものである.スラブアンカー桁において,補強厚160mm以上で減少傾向となったのは,補強厚増加で再度中軸位置が上昇したためである.しかし,無補強時に対して降伏荷重は増加している.非合成桁においては,補強によって中立軸位置が下がることで上フランジの圧縮縁が早く降伏に至るため補強効果が得られず,他の3モデルと異なる結果となった.本研究では,使用状態での補強を対象としているが,降伏に対しても非合成桁を除き,5%程度以上の効果が得られることがわかった.

図-14(c)より、補強厚増加とともにUFCのひび割れ発 生荷重も増加する傾向が見られた.特に完全合成桁ほど 大きな変化がある.しかし、停留傾向も見られ、非合成 桁においては補強厚160mm以上で微小であるが減少傾向 を示した.鋼桁の降伏ほどではないが、UFCのひび割れ においても図心位置の変化が影響していると考えられる.

b) ずれ剛性による影響

実際の補強時に適切な接合方法を選定するために,鋼桁とUFCの付着による補強効果への影響を検討した.前項の結果および実際の補強時を考慮して,補強厚80mm



について付着特性をパラメータとした解析を行った.具体的には、UFC下面と下フランジ上面に設けた接合要素 に図-12で示すように、剛接合に加え、せん断応力 - ず れ関係を線形で与え、その傾きをずれ剛性*k*(N/mm³)と定 義して、表-3で示すように5~150N/mm³の範囲で変化させ ることで付着のパラメータとした.なお、鋼桁ウェブと UFC側面の付着は考慮していない.

図-15に、初期剛性および降伏荷重の無補強に対する 比、UFCひび割れ発生荷重を、ずれ剛性を横軸として示 す.ここで、破線は付着を剛接合としたときの値である. 図-15(a)より、初期剛性はずれ剛性50N/mm³程度以下 で大きく低下していることがわかる.そのため、ずれ剛 性を50N/mm³程度以上を確保すると剛接合程度の効果が 得られることがわかる.ただし,降伏時における最大付 着せん断応力は,一番大きな値が生じる剛接合時におい ても,7N/mm²未満であり,強度はあまり必要がない結 果となった.また,最大付着せん断応力はUFC補強端部 で発生している.

対照的に、図-15(c)から、UFCのひび割れ発生荷重は ずれ剛性が低下し柔な接合となるほど大きくなる傾向を 示した.柔な接合として、UFCのひび割れを抑制する補 強を行うことも耐久性の観点からは非常に有効であると 言える.ただし、目視できるレベルのひび割れが発生す るのは、さらに高荷重時である. 図-15(b)より、変化させた範囲のずれ剛性5~150N/mm³ では降伏荷重への影響は見られなかった.降伏には、補 強厚による中立軸位置の影響が大きいと考えられる.

c) 補強範囲による影響

付着パラメータの解析結果から、補強厚80mm、ずれ 剛性50 N/mm³のモデルに対して、補強範囲を400mmピッ チで2000-5200mmまで変化させた. 実験値と同じ 3600mmの補強範囲であれば、純曲げ区間で発生する最 大モーメントの44%のモーメントが発生する範囲までの 補強となる. 2000mmで80%、5200mmで7%程度までの補 強となる. ちなみに、補強厚80mmで全範囲7500mmを補 強した場合にUFCの自重増分によって発生する最大モー メントは、今回の4点曲げのモデルにおける荷重1kNで 発生する最大モーメントにも満たない値である.

図-16に、初期剛性および降伏荷重の無補強に対する 比、UFCひび割れ発生荷重を、補強範囲を横軸として示 す.

図-16(a)より、補強範囲の増加によって初期剛性は向上するが、図-16(c)からはUFCのひび割れ発生荷重にはあまり影響がないことがわかる.これは、ずれ剛性を十分確保しているためであると考えられる.

図-16(b)より, ずれ剛性と同様に鋼桁の降伏荷重には 影響が小さい結果となった.降伏荷重に関しては, 図心 位置を決める補強厚の影響が大きい.

5. 腐食減厚に対するUFC補強解析

(1) 解析概要

前章のパラメータ解析によって、それぞれの影響を把 握した.本章では、鋼桁の腐食損傷を想定して下フラン ジ上面を減厚させたモデルに対してUFC補強を行い、そ の回復性能を確認する.対象の桁は、パラメータ解析で 用いた4モデルのうち、完全合成桁と実供用程度のスラ ブアンカー桁とした. ただし、スパンはパラメータ解析 時の実験値を再現した5500mmではなく、実際に供用さ れていた際の7100mmとした. また, 純曲げモーメント 区間を設ける4点曲げではなく、実際の設計に用いるT 荷重を想定して、スパン中央1点載荷の3点曲げのモデル とした、その他、各材料定数および構成則は、パラメー タ解析時と同様である.無補強の基本モデルに対して, 鋼桁下フランジ上面を全面2mmだけ減厚した減厚モデル を作成し、その減厚モデルにUFCを補強し解析を行った. 補強UFCについては、前章のパラメータ解析の結果から ずれ剛性を50 N/mm³とし、補強範囲は全範囲とした.補 強範囲拡大によって、初期剛性はやや増加するものの、 鋼桁降伏荷重、UFCひび割れ発生荷重についてはあまり 影響がない.しかし,鋼桁の腐食部を耐久性に優れた

表-4 減厚モデルへの補強結果

モデル		初期剛性 (kN/mm)	鋼桁降伏荷重 (kN)
スラブ アンカー桁	基本モデル	15.1	257
	2mm減厚モデル	14.7 (0.97)	245 (0.95)
	補強厚20mm	15.6 (1.03)	249 (0.97)
	補強厚80mm	17.0 (1.13)	259 (1.01)
完全合成桁	基本モデル	22.1	348
	2mm減厚モデル	21.4 (0.97)	332 (0.95)
	補強厚20mm	23.0 (1.04)	338 (0.97)
	補強厚80mm	26.2 (1.18)	351 (1.01)

※()内は基本モデルに対する比

UFCで覆うことで、UFCに保護材としての役割も期待す るために全範囲補強としている.

(2) 解析結果

表-4に,減厚前の基本モデルと2mm減厚モデル,そし てUFC補強モデル(補強厚20mmおよび80mm)について得 られた初期剛性,降伏荷重の各値を示す.また,表-4中 の()内は各値の基本モデルの値に対する比である.

下フランジが2mm減厚することで、スラブアンカー桁 および完全合成桁のどちらのモデルにおいても、初期剛 性は3%、降伏荷重は5%程度低下した.しかし、UFC補 強を行った場合、どちらの桁も補強厚20mm(ずれ剛性50 N/mm³、全範囲7500mm補強)でも、初期剛性の回復は十 分可能であった.降伏までを考慮した場合には、補強厚 80mm程度の補強で回復できる.

対象橋梁は、幅員3.55mの1車線道路であるため、設計 に用いるT荷重は1車線分の200kNである.実橋は5主桁 からなっていたため、実験および解析モデルの1主桁に 対しては、平均分配とすると40kNの活荷重が作用する ことになる.初期剛性を50kN時の剛性と定義している ため、活荷重レベルにおいては、十分補強効果が得られ る.また、UFCのひび割れ発生荷重は最小値であったス ラブアンカー桁の補強厚20mmにおいても56kN程度であ ったため、活荷重レベルにおいてUFCは弾性区間にあり、 ひび割れは発生しない結果となった.ひび割れが発生し た場合でもひび割れ幅は極微小であり、直ちに劣化因子 が侵入することは考えにくいが、ひび割れ発生を許容し ないUFC指針の基準も満たす結果であった.

6. まとめ

実際に供用されていた小規模橋梁(コンクリート床版 付きのI形鋼単純桁)を用いて、実大のUFCによる曲げ補 強実験を行った.その結果を踏まえて、UFCによる曲げ 補強効果のさらなる検討のために、実験供試体をモデル 化し、補強UFCの補強厚、補強範囲、UFCと下フランジの接合(ずれ剛性)をパラメータとしたFEM解析を行った. また、床版と鋼桁の合成度の違いによる補強効果への影響も検討した.さらに、腐食減厚を想定したモデルに補強を行いその回復性能を確認することで、活荷重レベルにおけるUFCによる補強の適用性も検討した.以上から得られた結果を以下に示す.

- 1) 本対象モデルでは、床版と鋼桁の合成度が高い ほど、UFCによる補強効果が得られる傾向を示し た.
- 2) UFCの補強厚によっては、初期剛性は実供用程度 のスラブアンカー桁においても10%以上増加する ことがわかった.
- 3) UFC補強範囲を広げることで、初期剛性のさらな る増加が期待できることがわかった.
- 4) UFCの補強厚によっては、鋼桁降伏荷重は5%程 度以上の増加が期待できることがわかった.
- 5) UFCと下フランジの接合が剛接合に近い(ずれ剛 性が大きい)ほど、初期剛性が増加した.
- 6) 降伏荷重は、ずれ剛性および補強範囲の影響を あまり受けず、補強厚の影響が大きいことがわ かった。
- 7) UFCのひび割れ発生荷重は、補強厚を増加させる ほど、柔な接合(ずれ剛性が小さい)ほど、大きく なる傾向であることがわかった.
- 8) 本対象橋梁の実供用時のモデルにおいて、2mm

程度の腐食減厚に対して、UFC補強によって初期 剛性、降伏荷重ともに十分回復可能であること を示した.

9) 以上より、UFC補強は小規模橋梁に対しては、使 用状態において特に有効であることを示した。

参考文献

- 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) 森川英典: UFCパネル接着による鋼 I 桁腹板の補強効果, 建設工学研究所論文報告集,53号,pp.11-19,2011.
- 勝山眞規,下里哲弘,江里口玲: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 Vol60A, pp.564-574, 2014.
- 野阪克義,川崎佑磨,田中賢太郎,角掛久雄,松村政秀: 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,Vol22,pp.856-863, 2014.
- 5) 米丸諒,角掛久雄,野阪克義,松村政秀: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, No.2, pp.1225-1230, 2015.
- 6) 中島章典,溝江慶久:活荷重レベルにおける連続非合成 桁橋の挙動に関する一考察,土木学会論文集,No.626/148, pp.163-172, 1999.
- 7) 土木学会: 複合構造標準示方書, pp.59-64, 2009.
- 8) 土木学会:2012 年制定コンクリート標準示方書設計編, pp.172-177,2012

ANALYTICAL STUDY ON FLEXURAL BEHAVIOR OF STEEL PLATE GIRDERS STRENGTHENED WITH UFC

Yuima KUROKI, Hisao TSUNOKAKE, Ryo YONEMARU and Hiroaki KITOH

The corrosion damage is a severe issue for existing steel bridges. It is required to establish an effective countermeasure against the damage, in particular, for a large number of short span steel bridges. In this paper, we propose a simple retrofit method for the damaged steel bridge with Ultra high strength Fiber reinforced Concrete: UFC as attached tensile members. First, experiments of 3 real scaled steel girders with reinforced concrete slab from a demolished bridge were conducted, one of which had bonded precast UFC long prisms on top surfaces of its bottom flange. Second, non-linear finite element analyses of the girders also carried out, and the obtained results fairly agreed with the observed behaviors. Furthermore, influence of various factors such as the dimension of the UFC prisms on the retrofit method was examined numerically. Last, in case of the damaged bottom flange with decreased thickness, the effectiveness for serviceability of the method with UFC could be verified numerically from the recovered stiffness and yielding load of the girder.