(63) VaRTM 成形を応用した CFRP 部材による 鋼桁端部の補修・補強に関する検討

小林 洸貴¹・近藤 諒翼²・タイ ウィサル³ 中村 一史⁴・松本 幸大⁵・松井 孝洋⁶・越智 寛⁷

1学生会員 首都大学東京大学院博士前期課程 都市環境科学研究科都市基盤環境学域 (〒192-0397東京都八王子市南大沢1-1) E-mail: kobayashi-kouki1@ed.tmu.ac.jp

²正会員 東京都 港湾局 離島港湾部 計画課 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿2丁目8-1) E-mail: Ryosuke_Kondo@member.metro.tokyo.jp

3学生会員 首都大学東京大学院博士後期課程 都市環境科学研究科都市基盤環境学域 (〒192-0397東京都八王子市南大沢1-1) E-mail: thay-visal@ed.tmu.ac.jp

4正会員 首都大学東京大学院准教授 都市環境科学研究科都市基盤環境学域 (〒192-0397東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: hnaka@tmu.ac.jp

⁵正会員 豊橋技術科学大学 准教授 建築・都市システム学系(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1) E-mail: y-matsum@ace.tut.ac.jp

⁶正会員 東レ株式会社 コンポジット技術第1部 (〒455-8502 愛知県名古屋市港区大江町9番の1) E-mail: Takahiro_Matsui@nts.toray.co.jp

> ⁷正会員 東レ株式会社 アドバンスドコンポジットセンター (〒455-8502 愛知県名古屋市港区大江町9番の1) E-mail: Yutaka_Ochi@nts.toray.co.jp

本研究は、断面欠損した鋼構造物に、CFRP部材を短工期で一体化させて補修・補強する真空含浸 (VaRTM) 工法の開発を目的としたものである.腐食損傷が多く見られる鋼鈑桁橋の桁端断面欠損部を 対象に、CFRP部材による耐荷力の回復・向上を検討した.検討モデルは、アスペクト比1.0、腹板高さ 800mm、支間長1,700mmのI形断面桁であり、3点曲げ載荷とした.はじめに、断面欠損のない解析モデル を用いて、せん断座屈耐力の向上のために、ウェブパネルへのCFRPの適切な配置を解析的に検討した. さらに、ウェブ、垂直補剛材の下側にテーパー状の断面欠損を与え、CFRPの設置による耐荷力の向上を 実験的、解析的に検討した.その結果、CFRPの配置はウェブの引張側で有効であること、また、適切な 配置により、より合理的な補強対策となることが確かめられた.

Key Words : plate girder, repair and strengthening, VaRTM, CFRP, shear buckling

1. はじめに

経年劣化による鋼鈑桁橋の原因の大半は腐食であり, 主に桁端部で多く発生している.これは,橋梁の耐力低 下に直接的に繋がるため,欠損した桁端部の残存耐荷力 に関する実験的,解析的な研究が数多く行われている^b. 一般に,断面欠損に対する補修・補強の方法として, 当て板工法が用いられている^a.当て板と鋼部材との接 合には,高力ボルトが用いられるが,孔明けが必要とな る.しかし,孔明けによる断面欠損を考慮すると,有効

断面が減少するため、補修設計が困難になる場合がある. 効率的な維持管理が求められている中で、軽量で、耐 腐食性に優れる炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastic; CFRP)が補修・補強のための構造材料 として注目され³⁾、CFRP接着による鋼構造物の補修、補 強に適用されはじめている⁴⁾.しかしながら、施工性に 優れるCFRP板は帯板であるため、平滑ではない不連続 部における接合には適用できない場合がある.炭素繊維 シート(以下,CFシートとよぶ)は、不連続面にも適 用できるため、桁端部へのCFシートの適用^{5~8}が検討さ れ,設計・施工マニュアル⁹も整備されている.ただし, CFシートは薄いため,積層数が増大すると作業効率が 悪くなる場合がある.

本研究では、機械分野における大型FRP構造物の製造 方法の一つである、真空含浸工法(Vacuum assisted Resin Transfer Molding; VaRTM)とよばれる成形技術⁹を用いて、 FRPと既設鋼構造物を一体化させる補修・補強工法の開 発を目的としている.ここでは、一般的な鋼鈑桁橋にお いて、断面欠損した桁端部の耐荷力の回復・向上を目的 として、VaRTMにより接着されたCFRPの適用性を実験 的、解析的に検討した.

2. 検討対象と断面欠損のモデル化

図-1に、検討対象のI形断面桁モデルを示す.鋼鈑桁橋の端部を対象とするため、検討モデルは、アスペクト比1.0、支間長1,700mmのI形断面桁であり、3点曲げ載荷とした.腐食による断面欠損は、垂直補剛材、ウェブの下端100mmの範囲(図-1の斜線部)とし、フランジの断面欠損は考慮していない.欠損部の形状は、垂直補剛材(t_s=12mm)、ウェブ(t_s=6mm)の厚さに対する欠損率を、下端で75%、上端で0%(欠損なし)とし、高さ100mmの範囲で直線のテーパー形状とした.テーパ部下端と下フランジとの接合は、6mmのすみ肉溶接とした.

表-1に、鋼材(SM400)の材料特性を示す.表-2に、 炭素繊維シート(中弾性タイプ)の材料特性を示す.こ れらの値のうち、弾性係数は平均値、引張強度は材料メ ーカーによる特性値である.

数値解析では,汎用有限要素解析プログラムMarc 2013による弾塑性有限変位解析を行った.垂直補剛材,ウェブの下端近傍の断面欠損を考慮したモデル(断面欠 損モデル)および断面欠損がないモデル(健全体モデル)の曲げ耐力を,3点曲げ載荷の実験・解析により検討した.解析モデルは,シェル要素でモデル化し,腐食範囲の要素分割は,高さ方向に10分割とした.初期たわみはウェブの高さ方向に対して面外方向に1/250とした.

検討結果の一部として、図-3に、荷重と載荷点直下の 鉛直変位の関係を示す.健全体と断面欠損モデルの最大 荷重はほぼ同じであることがわかる.図を略したが、破 壊形式も両モデルで同様であり、ウェブのせん断座屈で あった.また、実験値と解析値はよい一致を示すことが わかる.以上のことから、テーパー形状で、最大75%ま で断面欠損したモデルは、耐力に及ぼす影響は小さいと いえた.

そこで以降では,健全体モデル(以下,無補強モデル とよぶ)を対象に,桁端パネルのせん断座屈耐力の向上 を目的として,適切なCFRPの配置を検討することとし た. ここでは、図-1に併記したように、積層数、配向方 向、接着範囲をパラメータとして、CFRP部材による効 果的な補強方法を、3章において解析的に検討する.

3. 断面欠損のない健全体に対する補強効果の検討

(1) CFRPIによる補強方法と解析方法

補強モデルでは, a) CFシート積層(全面接着モデル, 部分接着モデル), b) プリフォームアングル(以下, PFとよぶ)材による2ケースを検討する.PF材とは, CF シートを予め積層して所定の形状を保持した中間基材で ある.CFシートは,表-2に示した,中弾性タイプを用い, これまでの実績から繊維体積含有率Vjを50%とした.繊 維の配向は,鉛直(90°)方向,±45°方向とした.次に



表-1 鋼材 (SM400) の材料特性

項目	ウェブ	垂直補剛材 ・フランジ
弾性係数 Es(N/mm ²)	208,000	206,300
降伏強度 σ _y (N/mm ²)	303.6	297.1
引張強度 σ_{u} (N/mm ²)	448.4	462.5

表-2	炭素繊維シー	- ト	(中弾性タイプ)	の材料特性
-10.2				

弹性係数 E _g (N/mm ²)	440,000
引張強度 og (N/mm²)	24,000
シート厚さ <i>t_g</i> (mm)	0.217
繊維重量(g/m ²)	300



各補強モデルを示す.

a) CFシート積層による補強方法とモデル化

このモデルでは、CFシート数(1~7層)と、接着す る範囲をパラメータとして、補強モデルを作成した.図 -3 (a)は、ウェブの全面に、図-3 (b)、(c)はウェブの引張 (-45°)と圧縮方向(+45°)にウェブの一部に、CFシー トでそれぞれ補強した解析モデル(全面接着モデル、部 分接着モデル)である.部分接着モデルでは、CFRPの 幅(150,120,80mm)と長さ(1130,880,800,720) をパラメータとして検討した.

b) PF材による補強方法とモデル化

図-3 (d), (e)に示すように,積層数を変えたPF材 (H60×B120×Lmm)をウェブの引張と圧縮方向に設置し た.PF材は,L形材を背合わせにした,CT形材であり, 垂直材は2倍の厚さとしている.また,PF材は,長手方 向を一方向材CFシートの配向方向とし,シェル要素で モデル化した.

(2) 解析結果と考察

図-4,5に、解析結果の一部として、CFRPを2層積層 したときの荷重と載荷点直下の鉛直変位の関係を示す. 図中にBasler式によるせん断耐力の推定値を併記した. まず、Basler式による推定値と無補強モデルの最大荷重 が概ね一致すること、図より、変位は1200kN付近まで 線形的に増加し、全てのモデルでほぼ同じ傾向であるこ とがわかる.

図-4より, 圧縮力が生じる(+45°)方向にCFRPを接着 して補強した場合,補強効果はほとんどなかった.一方, 図-5より,引張力が生じる(-45°)方向にCFRPを接着し た場合,最大荷重が1700kN付近まで増加し,補強前に 比べて,最大荷重は約35%増加することがわかった.

また,引張力が生じる方向にCFRPを部分的に接着した場合,幅を小さくすると補強効果が低下した.したがって,斜張力場の引張応力の低減が,ウェブのせん断座 屈の抑制に効果的であるといえた.





図-6に、補強効果とCFシート量の関係を示す.補強効 果は、無補強に対する最大荷重の増加率である.CFRP を全面接着して補強したモデルでは、積層数の増加とと もに、補強効果が増加するが、35%付近から頭打ちとな る.これは、CFRPの積層数の増加によって、ウェブの 面外変位が小さくなり、せん断座屈耐力が上昇するが、 35%付近で補強されていない側のウェブがせん断座屈す るためである.また、CFRPを引張側に接着して、部分 的に接着した場合においても、全面に接着した場合と同 等の最大荷重が得られることから、CFRPを引張側に部 分的に配置することにより、数量を低減でき、合理的な 補強が可能であるといえた.

4. 断面欠損部に対する補修・補強方法の検討

(1) 補修・補強方法の解析的検討

3章の検討結果から、ウェブ面に配置するCFRPは、引 張(-45°)方向に部分的に接着することとし、CFシート の寸法、積層数は、L1130×B150@4層とした.解析結果 では、L1130×B120@2層でも十分な補強効果が得られる が、断面欠損を有するため、補強効果を確実に得るため に、2倍の積層数とした.検討モデルは、2章で述べた、 垂直補剛材、ウェブの下端100mmの範囲にテーパー状の、 断面欠損(最大で75%欠損)を有するモデルである.こ の程度の断面欠損では、せん断座屈耐力は低下しなかっ たが、初期性能の向上(補強)を図る上では、この断面 欠損が影響を及ぼす恐れがある.そこで、この断面欠損 の補修とウェブのせん断座屈耐力の向上(補強)を解析 的に検討した.

補修の考え方は、「炭素繊維シートによる鋼構造物の 補修・補強工法設計・施工マニュアル」¹⁰によるものと し、鋼部材の断面欠損量と同等の軸剛性を有するCFシ ート量を試算した.表-3に、CFシート必要量の計算結果 を示す.まず,表-3(a)より,ウェブ,垂直補剛材の断面 欠損率75%の部位に対して、硬化後のCFRPの必要厚さは、 それぞれ8.18mm, 4.10mmとなった. 繊維含有率Vを考慮 した鋼換算後の厚さtanは、CFシートの弾性係数、繊維 含有率が高いため、鋼部材の必要厚さなより、若干、薄 くなる. CFRPの設計厚さ (0.217mm) を考慮すれば,表 -3(b)より,積層モデルでの積層数は,垂直補剛材,ウェ ブでそれぞれ20層、10層となる.なお、垂直補剛材、ウ ェブの両面に配置することを考慮して、積層数は偶数と している.この結果から、下端のCFシート量をウェブ (3, 5, 7層), 垂直補剛材(5, 10, 13層)をパラメー タとして検討した.表-4に、補修・補強のCFシートの数 量を示す.なお、ウェブ面引張方向へのCFシートは L1130×B150@4層で、一定とした.また、補修の範囲は、 欠損高さ100mmに対して十分な定着長を確保するため、 高さ方向に300mmとした.

図-8に,解析モデルを示す.解析モデルはシェル要素 でモデル化し,断面欠損の範囲の高さ方向に15分割(一 辺20mm)とした.鋼板とCFRPの接着接合部には,ばね 要素を用いた.初期たわみは、ウェブの高さ方向に対し て面外方向に1/250とした.

解析結果の一部として、図-9に、荷重と載荷点直下の 鉛直変位の関係を示す.最大荷重は、補修・補強-W3V5 で1533.6kN、補修・補強-W5V10で1573.9kNとなり、積層 数を増やすと若干、最大荷重は高くなるが、補修・補強

表-3 CFシート必要量の計算結果

(a) 断面欠損を鋼の弾性係数で換算した CF シートの必要量

項目	垂直補剛材	ウェブ
鋼材の健全部の厚さ t_0 (mm)	12.0	6.0
鋼材の腐食部の残存厚さt (mm)	3.0	1.5
鋼部材の必要厚さ t_{s} (mm)	9.0	4.5
断面欠損率r(tto)	0.75	0.75
鋼材の弾性係数 E_s (kN/mm ²)	206	208
CFシートの弾性係数 E _f (kN/mm ²)	440	440
繊維体積含有率 Vf	0.50	0.50
CFシートの鋼換算厚さ <i>t</i> ¢ (mm)	4.14	2.05
CFRP としての厚さ t _{dyf} (mm)	8.18	4.10

(b) 積層モデルにおける CF シートの数量

項目	垂直補剛材	ウェブ
CF シート1 層あたりの設計厚さ t _g (mm)	0.217	0.217
CFシートの積層数 n	20	10
CFRP としての厚さ t _{chf} (mm)	8.18	4.10

表-4 補修・補強モデルのCFシートの数量

解析モデル	ウェブ	垂直補剛材	ウェブ - 45°
	(ply)	(ply)	方向 (ply)
補修・補強-W3V5	3	5	4
補修・補強-W5V10	5	10	4
補修・補強-W7V13	7	13	4



図-7 補修・補強の解析モデル

-W7V13では1572.0kNであり,補修・補強-W5V10とほぼ 同じであった.この結果より,断面欠損を有する試験体 の補強方法として,ウェブ,垂直補剛材には,CFシー トをそれぞれ5層,10層とし,引張(-45°)方向に部分 接着(L1130×B150@4層)して補強することとした.

(2) VaRTMによるCFRPの接着方法

VaRTMによるCFRP接着の手順は、まず、接着範囲を 含むVaRTM資材を配置する範囲の下地処理を行う.次 に、プライマーを塗布し、硬化後にCFシート、VaRTM 資材を仮固定する.さらに、真空ポンプを用いて、真空 含浸をにより、CFシートに含浸接着樹脂(AUP40)を含 浸させる.真空ポンプを停止後、硬化するまで養生する. 作業工程は、下地処理、プライマー塗布、炭素繊維シー トの仮止め、副資材の設置、真空含浸、仕上げの手順で ある¹¹⁾.なお、断面欠損部は、テーパー状で、平滑であ るため、不陸修正は行わなかった.

図-9に、CFシートの配置とVaRTMによる接着の状況 を示す. VaRTMによるCFRPの接着では、まず、断面欠 損部を補修し、硬化後にウェブを部分的に補修した.

5.3点曲げ載荷実験による補強効果の検討

(1) 実験のセットアップと載荷条件

図-10に、実験のセットアップ状況を示す.試験体の 下フランジ下面の支点部にソールプレート(150× 250mm)を、上フランジ上面に載荷板(150×250mm) を設置した.横倒れを防止するために、試験体に横倒れ 防止装置を配置した.鉛直荷重の載荷には、油圧ジャッ キ(最大荷重2,000kN、最大ストローク200mm)を用いた. 図-11に、ひずみゲージの位置を示す.ウェブ、上下フ ランジ、垂直補剛材に1軸ゲージを、ウェブの主応力分 布を把握するために、3軸ゲージを設置した.なお、裏 面にも同様に、ひずみゲージを設置した.

(2) 検討結果と考察

図-12に、荷重と載荷点直下の鉛直変位の関係を、表-7 に各モデルの最大荷重を示す.実験結果より、補修・補 強-W5V10モデルの耐荷力は、健全体モデルと比べ、約 20%増加した.しかしながら、実験値(20.0%)と解析 値(28.7%)を比べると、実験値は、若干、補強効果が 小さかった.この原因は、破壊形式と合わせて考察する.

図-13に、各モデルのウェブ面におけるMises応力の分 布図を示す.図-13 (a)、(b)より、健全体、無補強の最大 荷重時のMises応力は引張側が支配的であるのに対して、 図-13 (c)より、同程度の荷重の補修・補強モデルでは、 引張側のMises応力は抑制されいるが、圧縮側(特に端 部)に応力が集中する様子がわかる.図-16(d)より,最 大荷重時の補修・補強モデルでは,無補修モデルと同様 に,断面欠損部は降伏応力に達していることがわかる.







(a) 断面欠損部への接着
 (b) ウェブ面への部分接着
 図-9 CFシートの配置とVaRTMによる接着の状況



図-10 実験のセットアップ状況



このように、ウェブ面の引張側にCFシートを配置する ことで、その範囲の応力が抑制され、他の部位に力が配 分されることで、耐力が向上したと考えられる.

図-14に、荷重とウェブの引張方向の主ひずみの関係 を示す.補修・補強モデルの主ひずみは、実験値、解析 値でよい一致を示し、上端(ひずみNo.1, 2, 3)、下端 (ひずみNo.110, 111, 112)ともに健全体と同程度まで抑 えられていることがわかる.しかし、荷重が1328.1kN (図中に×を示した箇所)で、下部の最大主ひずみが降 伏ひずみに達すると、CFRPにはく離が生じた.なお、 上部の引張方向に接着したCFRPははく離しなかった.

図-15に、荷重とウェブの引張方向端部のひずみ (No.116~119)の関係を示す.この結果より、前述した 1328.1kN付近で、下部のCFRPのひずみが急激に低下して いることから、はく離したことがわかる.下端部では、



図-12 荷重と載荷点直下の鉛直変位の関係

表-7 各モデルの最大荷重							
	健全体		無補修		補修・補強		
	解析	実験	解析	実験	解析	実験	
最大荷重(kN)	1257.3	1223.5	1213.8	1224.2	1574.9	1468.1	
健全体に対する比	1.028	1.000	0.992	1.001	1.287	1.200	



(c) 補修・補強-W5V10(1256.9kN)(d) 補修・補強-W5V10(1574.9kN)
 図-13 各モデルのウェブ面における Mises 応力の分布図

1164.2kNでも部分的にはく離が生じていると判断された. 図-16に、荷重P=1000kN時における、支点直上のウェ ブ、垂直補剛材の鉛直ひずみ分布について、各モデルの 実験値、解析値をそれぞれ示す.図より、無補修の下端





図-14 荷重とウェブの引張方向の主ひずみの関係



図-15 荷重とウェブの引張方向端部のひずみの関係

では、降伏ひずみに達しているが、健全体、補修・補強 モデルでは、降伏ひずみ以下であり、両者は同程度であ ることがわかる.したがって、補修・補強モデルのCF シートの数量は妥当であるといえた.

図-17に、荷重とウェブ中心の面外変位の関係を示す. 健全体、無補修の水平変位は、それぞれ38.3mm、 36.6mmであるのに対して、補修・補強モデルでは、最大 で8.9mmであり、ウェブの水平変位が十分に抑制されて いることがわかる.

図-18に、補修・補強試験体における破壊形式を示す. 図-18 (a)より、図-17で述べたように、ウェブ面のせん断



図-16 支点直上のウェブ,垂直補剛材の鉛直ひずみ分布 (荷重 P=1000kN時)







(a) ウェブ面(b) はく離した部分の拡大図図-18 補修・補強試験体の破壊形式

座屈による面外変形は小さいが,図-18 (b)より,引張方向の下端で,CFRPがはく離が生じていることがわかる.

6. まとめ

本研究では、鋼鈑桁橋の桁端腐食部を対象に、VaRTM 成形を応用したCFRP部材による桁端部の耐荷力の向上 について、実験的、解析的な検討を行った.その結果, 以下のようなことがいえた.

- (1) 桁端部のウェブのせん断座屈耐力は, CFRP をウエ ブ面の引張側に部分的に配置すれば, せん断座屈耐 力を効果的に向上できることが確かめられた.
- (2) 欠損率が最大 75%で、テーパー状の断面欠損を有す る場合、せん断座屈耐力の低下は生じないこと、ま た、せん断耐力の向上(補強)を目的とした場合で も、鋼部材の断面欠損量と同等の軸剛性を有する CF シート量で補修すれば、断面欠損部がせん断耐 力に影響は及ぼさないことがわかった。
- (3) 断面欠損部およびウェブの引張方向を部分的に CFRP で補修・補強したモデルの耐荷力は,健全体 と比べて 20%増加することが実験的に確かめられた. しかしながら,部分的なはく離が生じ,解析結果に 比べて,若干,耐荷力が低下することがわかった.

以上のことから、VaRTM により CFRP を接着するこ とで、鋼鈑桁橋における桁端の断面欠損部を補修・補強 できるといえた.なお、CFRP のはく離によって、せん 断耐力は、若干、低下したが、CFRP のはく離は、鋼部 材の塑性化と面外変位の増大がその要因として考えられ るため、今後は、それらの抑制を考慮して、CFRP の適 切な配置を検討したい.

謝辞:本研究は,平成27~28年度国土交通省建設技術研究開発助成制度の一部として行われた.ここに記して 謝意を表します.

参考文献

- 国土交通省国土技術政策総合研究所:道路橋の局部 腐食に関する調査研究,国土技術政策総合研究所資料,第294号,2006.1
- 丹波寛夫,橋本国太郎,田中大介,杉浦邦征:食した鋼桁端部の当て板補修に関する実験的検討,構造 工学論文集,Vol.60A, pp94-104, 2014.3
- 複合構造委員会編: FRP 接着による鋼構造物の補 修・補強技術の最先端,複合構造レポート 05,土木 学会,2012.

- 5) 奥山雄介,宮下剛,緒方辰男,藤野和雄,大垣賀津 雄,秀熊佑哉,堀本歴,長井正嗣:鋼桁腹板の合理 的な補修・補強方法の確立に向けた FRP 接着鋼板の 一軸圧縮試験,土木学会,構造工学論文集, Vol.57A, pp.735-746, 2011.3
- 奥山雄介,宮下剛,若林大,小出宜央,秀熊佑哉, 堀本歴,長井正嗣:鋼橋桁端部腹板の腐食に対する CFRP を用いた補修工法の実験的研究,土木学会,構 造工学論文集,Vol.58A, pp.710-720, 2012.3
- 奥山雄介,宮下剛,若林大,小出宜央,小林朗,秀 熊佑哉,堀本歴,長井正嗣:腹板を CFRP 補強した鋼 桁のせん断座屈試験と耐力評価法,土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.3, pp.635-654, 2012.11
- 奥山雄介,宮下剛,長井正嗣,若林大,小出宜央, 秀熊佑哉,小林朗,堀本歴:炭素繊維を用いた支点

部垂直補剛材の腐食部補修法に関する実験的研究, 第 30 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文 集, pp.60-63, 2012.10

- 近藤富士夫,松井孝洋:他分野における CFRP 大型構 造物成形に関する最近の話題,土木学会,第4回
 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム, pp.23-26, 2012.
- 10) 高速道路総合技術研究所:炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法設計・施工マニュアル,
 2013.10
- 11) 小林洸貴,近藤諒翼,中村一史,松本幸大,松井孝洋, 越智寛:真空含浸工法を応用した CFRP 接着による鋼桁端 腐食部の補修に関する実験的検討,土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.73, No.5, pp.II_20-II_31, 2017.5

REPAIR AND STRENGTHENING OF STEEL OF STEEL GIRDER END USING CFRP MENBERS FABRICATED BY VaRTM

Kouki KOBAYASHI, Ryosuke KONDO, Visal THAY, Hitoshi NAKAMURA, Yukihiro MATSUMOTO, Takahiro MATSUI and Yutaka OCHI

This study aims at the development of construction method using a vacuum assisted resin transfer molding (VaRTM) for repairing and reinforcing of steel structures with section loss by externally bonded CFRP. Recovery and improvement of load carrying capacity by CFRP members were investigated for the girder ends with section loss in steel plate girder bridges. In this study, experimental and analytical study was conducted on the effect of repair and strengthening by VaRTM technique. As a result of study, it was confirmed that installation of the CFRP member is effective on the tensile side of the web, and the optimum strenghtning mehod has been proposed by the appropriate arrangement of CF sheets.