

プレキャスト FRP を用いた鋼橋桁端部の補修 Repair of steel bridge girder ends using precast FRP

鋼構造研究室 修士 2 年 北 光樹
指導教員 宮下 剛

1. 研究背景

鋼構造物の桁端部は雨水などによる損傷が激しく、補修方法の一つに炭素繊維シートによる方法がある。しかし、現行のマニュアルリでは最大 35 層のシート施工を現場で行う必要があり、また、桁端部は複数の部材が入り組んでいてシート施工が煩雑のため、貼り付け工程のみで 10 日以上を要するケースも珍しくない。そこで、現場の省力化・工期短縮を目的とした FRP のプレキャスト化が望まれている。これにより、従来の現場でのシート多層積層施工に代わり、現場の省力化・工期短縮も期待される。

2. 研究目的

本研究の目的は、プレキャスト FRP による桁端部補修の有効性の把握である。補修は、腹板と下フランジ、垂直補剛材の 3 面に対して行うこと（以下、3 面施工）を基本とした。ここで、1) 現行マニュアルに従った定着長、ずらし量を有するケース、2) 桁端部ではプレキャスト FRP の形状が制限されることも多いため、定着長、ずらし量が短いケース、3) 腹板または垂直補剛材と下フランジの 2 面施工とするケース、4) さらなる現場の省力化・工期短縮を念頭に、不陸修正前にパテ施工を行うケースについて、柱ならびに桁試験体で圧縮载荷試験を行い、有効性を検討する。

3. 実験概要

(1) 試験体概要

試験体の概形を図-1, 2 に示す。腐食による減肉を想定し、試験体下方から 100mm 範囲で 75% の断面欠損を与えている。なお鋼種は SS400 である。

(2) 実験ケース

実験ケースを表-1 に示す。全 9 ケース（桁実験

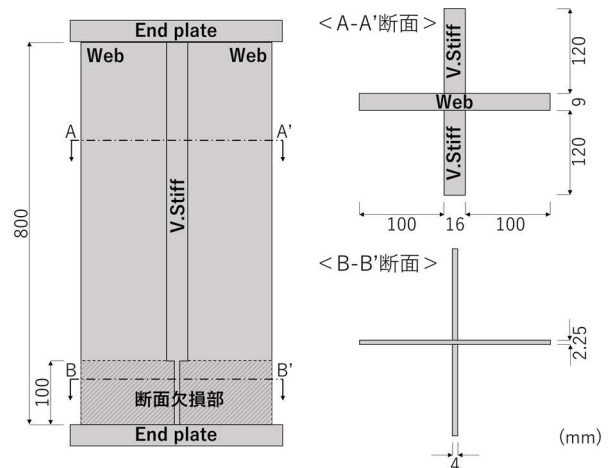


図-1 柱試験体の概形

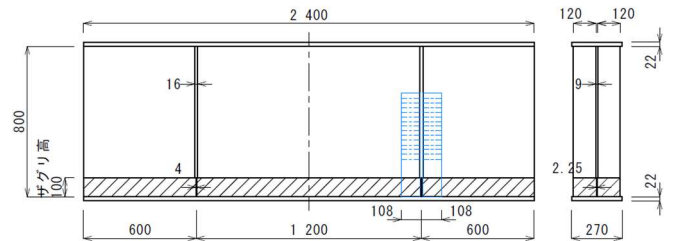


図-2 桁試験体の概形

表-1 実験ケース一覧

柱	桁	積層数	定着長	ずらし量	備考	目的
		V.S / W				
1	1	0 / 0	-	-	無補強健全	
2	2	0 / 0	-	-	無補強欠損有	
3	3	15 / 9	100	25	従来シート施工	
4	4	15 / 9	100	25	3 面施工	1)
5	-	15 / 9	50	0	3 面施工	2)
6	6	15 / 9	100	25	3 面施工 (不陸前パテ)	4)
7	5	15 / 9	100	0	3 面施工	2)
8	7	23 / 0	100	25	2 面施工	3)
9	8	0 / 26	100	25	2 面施工	3)

は8ケース)のうち, CASE3は現行マニュアルに準ずる従来シート施工, CASE4~9はプレキャストFRPによる補修である. 対応する研究目的も表中に示す.

(3) 荷重方法

荷重容量 2,000kN (桁実験は 3,000kN) の油圧式アクチュエータを用い, 単調増加で圧縮荷重を行った.

(4) 補修方法

補修には, 弾性係数 $7.02 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ の高弾性炭素繊維シートを用いた. シートの鋼換算断面積が鋼部材の腐食減肉分の断面積を補うよう, 下式(1)より FRP の補修量を算出する¹⁾.

$$A_{f,s} = \frac{E_f}{E_s} \cdot t_f \cdot B_f \cdot n \quad (1)$$

ここで, $A_{f,s}$: シートの鋼換算断面積(mm^2), E_f : シート弾性係数(N/mm^2), E_s : 鋼材弾性係数(N/mm^2), t_f : シート設計厚(mm), B_f : シート幅(mm), n : シート積層枚数.

また, 補修後の目標値として, 下式(2)に示す道路橋示方書の設計値を用いる²⁾.

$$\sigma_{cud} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \phi_U \cdot \rho_{crg} \cdot \rho_{grl} \cdot \sigma_{yk} \quad (2)$$

ここで, σ_{cud} : 軸方向圧縮応力度の制限値(N/mm^2), σ_{yk} : 鋼材降伏強度の特性値(N/mm^2), ρ_{crg} : 柱としての全体座屈に対する圧縮応力度の特性値に関する補正係数, ρ_{grl} : 局部座屈に対する特性値に関する補正係数, ξ_1 : 調査・解析係数, ξ_2 : 部材・構造係数, ϕ_U : 抵抗係数.

4. 実験結果

(1) 破壊挙動

各ケースの荷重-鉛直変位関係を図-3, 4に示す. 図中に示す黒色横線は CASE1, 灰色破線は CASE2~9 断面欠損部の降伏荷重, 赤色横線は設計値を示している. 健全試験体 (CASE1) について, 初期剛性は理論値通りであり, 最大荷重は降伏荷重まで到達している.

(2) 最大荷重

各ケースの最大荷重を図-5, 6に示す. どのケースも欠損有 (CASE2) と比較すると十分な補修効

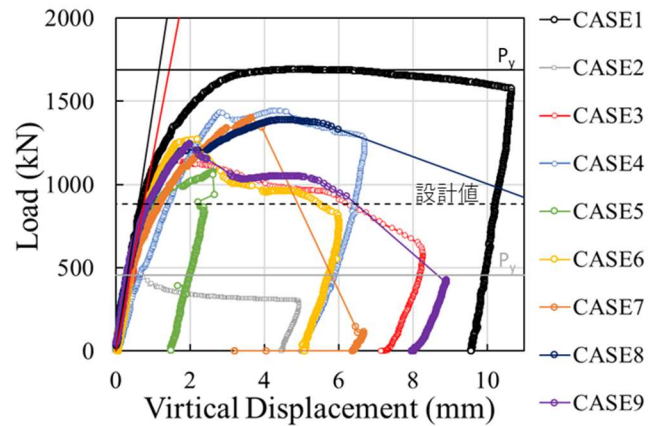


図-3 柱実験 荷重-鉛直変位関係

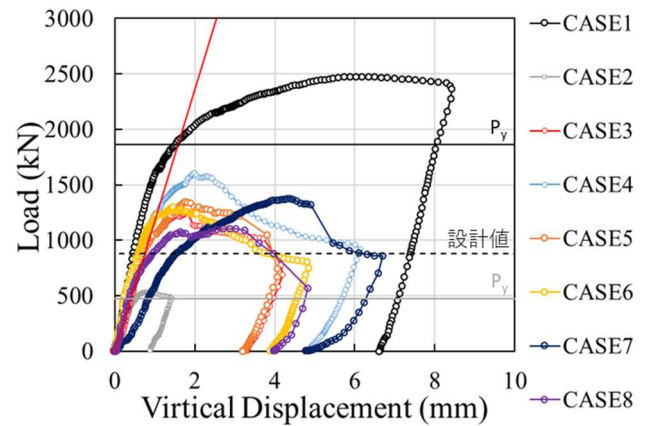


図-4 桁実験 荷重-鉛直変位関係

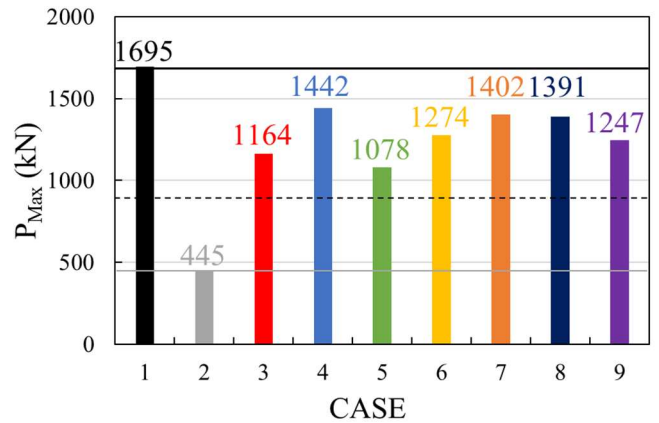


図-5 柱実験 最大荷重

果があり, 設計値を上回っている. また, 従来シート施工 (CASE3) と比較すると, 柱実験では CASE5 以外, 桁実験では CASE8 以外は最大荷重を上回っている.

(2) 最大荷重以降の挙動

図-3 より, 柱実験の CASE3, CASE4 および CASE6 では, 緩やかな破壊挙動となっている一方で, CASE5 および CASE7 では, 急激な耐力低下が確認できる. これは炭素繊維が鋼部材からはく離したことに起因する. 2面施工のケースでは, 鉛直変位が 6.0mm 程度まで炭素繊維がはく離せずに緩やかな破壊挙動となっている.

図-4 より, 桁実験の最大荷重以降の挙動は, 概ね柱実験結果と同様となっている. 相違点として, CASE5 では耐力低下の発生がやや早く, CASE8 では急激な耐力低下が確認できる.

5. まとめ

現行マニュアルに従った定着長, ずらし量を有するプレキャスト FRP による補修 (CASE4 および CASE6) は, 従来シート工法 (CASE3) と比較し, 鋼橋桁端部の補修方法として有効であるといえる. 一方で, 定着長, ずらし量が短いプレキャスト FRP による補修 (CASE5) は, シートはく離による急激な耐力低下が懸念される. 2面施工による補修 (桁実験 CASE7 および CASE8) は, 腹板面補修では十分な耐力回復が得られなかったが, 垂直補剛材面補修では十分な補修効果が確認できた. またすべてのケースにおいて, 道路橋示方書の設計値を上回ることが確認できた.

参考文献

- 1) 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, 2020.7
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編, 2017.11

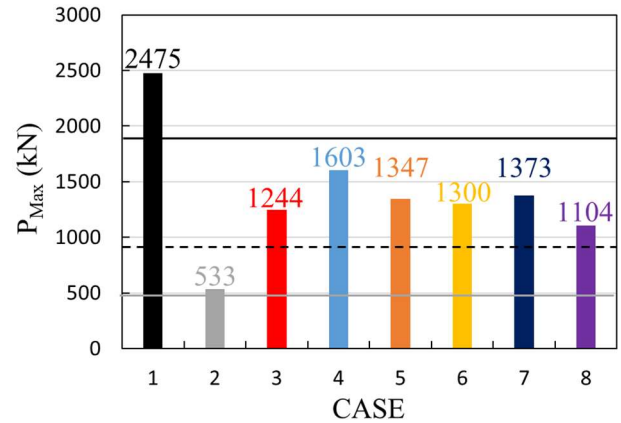


図-6 桁実験 最大荷重