

第I部門

## 座屈・耐荷力（桁）

2022年9月15日(木) 09:30 ~ 10:50 I-1 (吉田南4号館 4共10)

## [I-05] 桁端腐食部に対する当て板補修効果の実験的検証

## Experimental verification of the steel repair plates on the corroded part of the girder end

\*関根 英人<sup>1</sup>、永井 政伸<sup>1</sup>、深谷 卓央<sup>1</sup>、政門 哲夫<sup>2</sup> (1. 首都高速道路(株)、2. 日本エンジニアリング(株))\*Eito Sekine<sup>1</sup>, Masanobu Nagai<sup>1</sup>, Takahisa Fukaya<sup>1</sup>, Masakado Tetsuo<sup>2</sup> (1. Metropolitan Expressway company, 2. Japan Engineering Corporation)

キーワード：腐食、当て板、補修、桁端部、不陸整正、座屈

corrosion, repair plate, repairing, girder end, cleanfill, Buckling

鋼 I 桁の腐食損傷に対しては当て板補修が一般的であるが、損傷箇所ごとに補修設計を行っているのが実態である。過年度は小型試験体で実験し、引張部材における当て板の補修効果を検証した。しかし、圧縮力を受ける部材や、実物大を想定した補修効果は検証できていない。そこで、桁端部に着目し実物大の試験体で静的載荷試験を実施した。試験の結果、腐食試験体は減厚部が局部座屈し健全試験体に対し約28%耐力が低下した。一方、補修試験体は健全試験体と同じ桁中央部が座屈した。また、当て板サイズ、面数などを縮小させても座屈位置に変化はなかったことから、実績のある接合条件よりも効率的な補修が可能であることが明らかになった。

## 桁端腐食部に対する当て板補修効果の実験的検証

首都高速道路(株) 正会員 ○関根 英人 永井 政伸 正会員 深谷 卓央  
日本エンジニアリング(株) 正会員 政門 哲夫

### 1. はじめに

鋼桁の腐食損傷に対する補修は、高力ボルトを用いて当て板接合することが一般的であるが、ボルト本数や当て板の大きさなどについて定量的な評価となっていない。過去の検討<sup>1)</sup>では平板の小型試験体を用い、鋼材の板厚、材質およびボルト孔の配置をパラメータとして、ボルトのリラクセーション、降伏強度、引張強度の違いについて検証している。一方、損傷が多い桁端部は主に圧縮力が作用し、その状況下で当て板補修した時の補修効果は明らかになっていない。そこで、実橋の桁端部を模擬した実物大の試験体で静的載荷試験を実施し、桁端部の腐食に対する当て板の補修効果および当て板のサイズやボルト本数の低減について検討した。

### 2. 実験概要

#### (1) 試験体形状と使用材料

試験体の基本形状を図-1に示す。寸法は、一般的な単純合成I桁の桁端のウェブおよび垂直補剛材を参考にした。実態調査によると腐食損傷範囲は、垂直補剛材およびウェブの下端から150mmが比較的多いが、後述する腐食範囲外のボルト段数、ボルトピッチをパラメータとした時に、ボルト配置が統一され、比較が容易である100mmを採用した。鉛直方向にテーパをつけることにより腐食を模擬し、下端部の板厚が2mmとなるように加工した(図-2)。なお、本試験では下フランジの腐食は想定していない。

桁および当て板の材質はSM400Aで、ボルトはトルシア形高力ボルト(S10T)を用いた。当て板補修する際、当て板がウェブと垂直補剛材の溶接部に干渉しないよう、垂直補剛材との間に板厚9mmのフィラープレート(SS400)を設けた。当て板とフィラープレートの接触面はブラスト処理後、無機ジンクリッチペイントを目標膜厚75 $\mu$ mで塗布した。

#### (2) 試験体ケース

試験体ケースを表-1に示す。試験体は健全試験体(タイプK)、断面を減厚させ腐食を模擬した腐食試験体(タイプF)、腐食試験体に対し不陸整正し、当て板接合した補修試験体(タイプA)とした。

各パラメータの概要を図-3に示す。補修試験体(A)は、接合面数、腐食範囲外に配置するボルト段数、ボルトピッチをパラメータとした。接合面数は実績のある3面接合(垂直補剛材-ウェブ-下フランジ)に、2面接合(垂直補剛材-ウェブ)を加えた。ボルトの配置は、腐食範囲外に2段配置するものと、補修範囲を1段配置に縮小する2ケースとした。また、ボルトピッチはM22の最小中心間隔である75mmと100mmの2種類とした。

補修試験体の組み立て手順は、既往の検討結果に基づき<sup>1)</sup>、鋼材が減厚した面を鉄粉入りエポキシ樹脂(Devcon A)で不陸整正し、ただちに当て板とフィラープレートを設置して、ボルト締めを行う。

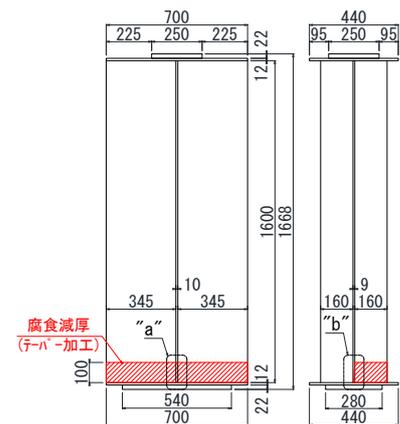


図-1 試験体の基本形状

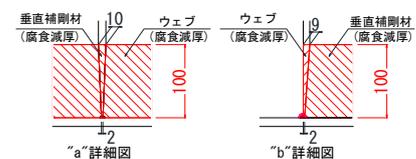


図-2 腐食部の減厚加工

表-1 試験体ケース

試験体タイプ	試験体 No (n=1)	接合面数		ボルト配置 (腐食外の段数)		ボルトピッチ	
		2面	3面	1段	2段	75mm	100mm
タイプK	①	健全					
タイプF	②	腐食					
タイプA	③	-	●	-	●	-	●
	④	-	●	-	●	●	-
	⑤	-	●	●	-	-	●
	⑥	●	-	●	-	-	●

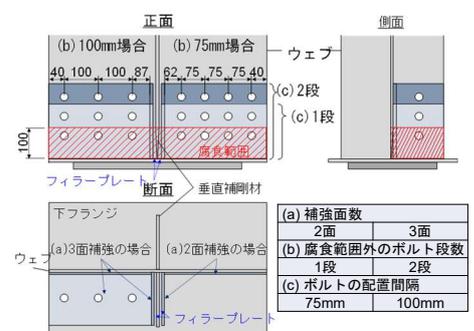


図-3 検討するパラメータ (模式図)

キーワード：腐食、当て板、補修、桁端部、不陸整正、座屈

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 首都高速道路株式会社 保全・交通部 TEL 03-3539-954

静的載荷試験は、最大圧縮能力3,000kNの試験機を使用し、載荷板を載荷速度100kN/minで載荷した。計測項目は載荷荷重、鉛直変位、試験体のひずみおよびボルト軸力である。また、垂直補剛材および下フランジの接合部を対象にボルトのリラクゼーション試験を実施した。

### 3. 実験結果

#### (1)ボルトのリラクゼーション試験の結果

表-2 にボルトのリラクゼーション試験の結果を示す。表中の値は各試験体の平均値を示しており、計測期間は10日程度である。全試験体で軸力が10%以上低下した。軸力低下率が大きく示した要因は、不陸整正材のクリープ現象が影響したためと考えられる。適切にボルトの軸力を管理するために、トルク値を確認し、増し締めする対策などが考えられる。

#### (2)静的載荷試験の結果

荷重と載荷点の鉛直変位の関係を図-4、静的載荷試験の結果を表-3、試験後の座屈形状を写真-1に示す。断面が減厚した腐食試験体②は、減厚部が局部座屈し、健全試験体①に対し最大荷重が約28%低下した。一方、補修試験体③～⑥は、健全試験体①に対する耐力比は0.981～0.992であった。これは、腐食部に当て板をすることで、座屈位置が健全試験体と同じ位置付近へ移行したためである。

図-4の変位が0.5～2.0mmまでの傾きに着目すると、腐食試験体②は健全試験体①と比較して小さく、断面が減厚したことにより試験体全体の剛性が低下したことがわかる。一方、健全試験体①と補修試験体③～⑥を比較すると、傾きは概ね一致した。これは、当て板の接合方法によらず、弱点となる腐食部の断面剛性が当て板により向上したためと考えられる。

補修試験体はいずれも、健全試験体と同じ座屈位置であった。そのため、ボルトピッチについて、補修試験体③(100mm)と④(75mm)を比較すると、さらにボルトピッチを広げられる可能性がある。また、腐食範囲外にボルトを2段配置する補修試験体③から、1段配置する⑤へ当て板のサイズを縮小させることが可能である。さらに、補修試験体⑤に対し、当て板の接合面数を3面接合から簡易補修の2面接合の⑥にすることで、使用する当て板の面数を縮小させることが可能である。

### 4. おわりに

腐食試験体は減厚部が局部座屈したのに対し、補修試験体は健全試験体と同じ座屈位置であることを確認した。また、接合面数、腐食範囲外のボルト段数を縮小させても座屈位置に変化はなく、実績のある補修工法に対し、効率的な補修が可能であることが明らかになった。今後、実験の再現解析を行い、より詳細な分析を行う予定である。

**謝辞：**本実験の試験体形状を検討するにあたり、大阪公立大学の山口隆司教授、法政大学の内田大介准教授には多くのご助言を頂いた。ここに記して、深謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 深谷ら：金属補修材と高力ボルトを用いた当て板補修部の実験的検討，土木学会第76回年次学術講演会，I-197，2021.9

表-2 リラクゼーション結果

試験体No	垂直補剛材			下フランジ		
	締付け直後(kN)	試験前軸力(kN)	残存軸力(%)	締付け直後(kN)	試験前軸力(kN)	軸力低下率(%)
③	213	177	83%	220	199	90%
④	204	170	83%	217	196	90%
⑤	218	182	84%	230	208	90%
⑥	237	206	87%			

※赤字：設計軸力以下

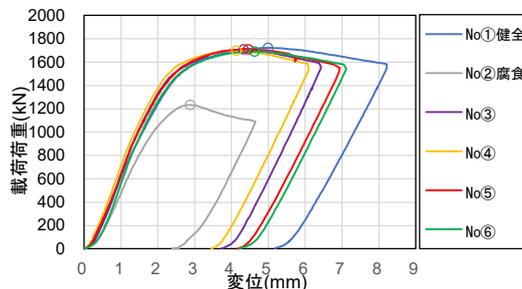
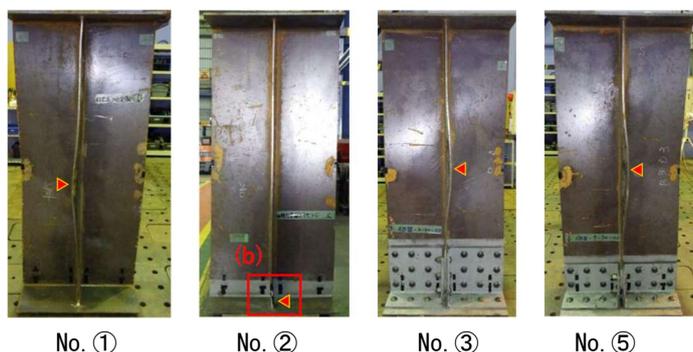


図-4 荷重と鉛直変位の関係

表-3 静的載荷試験の結果

試験体No	最大荷重(kN)	健全に対する比率
①	1,721.2	1.000
②	1,232.6	0.716
③	1,706.6	0.992
④	1,698.2	0.987
⑤	1,709.4	0.993
⑥	1,689.2	0.981



(a) 試験後の座屈形状 (抜粋)

◀ 座屈位置



(b) No. ②の座屈部詳細  
写真-1 試験後の座屈形状