

## 鋼製橋脚隅角部当て板補強の支圧接合に関する実験

首都高速道路技術センター  
横河工事

正会員 ○木ノ本 剛  
正会員 明橋 克良

首都高速道路公団 正会員 下里 哲弘  
東京工業大学 フェロー 三木 千壽

### 1. はじめに

首都高速道路で多数の疲労損傷が発見された鋼製橋脚隅角部の補強材として、支圧接合ボルトを用いた当て板補強を設置している<sup>1)</sup>。補強材は隅角部をシェル要素、支圧接合ボルトをばね要素(板面内のばね剛性  $k=GA/L$ ,  $L$ :補強材と母材の板厚中心距離)でモデル化し、弾性 FEM 解析により設計していた。ここで、弾性 FEM 解析より算出される支圧接合ボルトの作用せん断力は図-1 のように端部に集中し、これまでは端部ボルトの作用せん断力を道路橋示方書に規定される許容値内に収まるようにボルト本数等を決定していた。しかし、このように設計された補強材はボルト本数が多く、終局耐力に対して余裕が大きい不経済な構造となりがちである。そこで、ボルトの実挙動を評価した設計手法を探るべく、当て板補強設計に用いる弾性 FEM 解析のボルトのばね剛性の入力値と設計せん断力を実験により検証したので、その結果を報告する。

### 2. 実験概要

実験は以下の2項目について実施した。

①**基本性状確認試験**：当て板補強設計に用いる弾性 FEM 解析のボルトのばね剛性の入力値を検証する。図-2 に試験体を示す。試験パラメータは母材鋼種、板厚、ボルト径、縁端距離、導入軸力(有無)、ボルト孔径であり、17 種で計 34 体の試験を行った。

②**接合性状確認試験**：弾性 FEM 解析によるボルトの設計せん断力を把握するために、図-3 に示すボルト作用力が分布する多列継手、および当て板補強構造を模擬した継手の試験を行い、終局状態(ボルト破断)までの継手の挙動を確認した。試験パラメータを表-1 に示す。

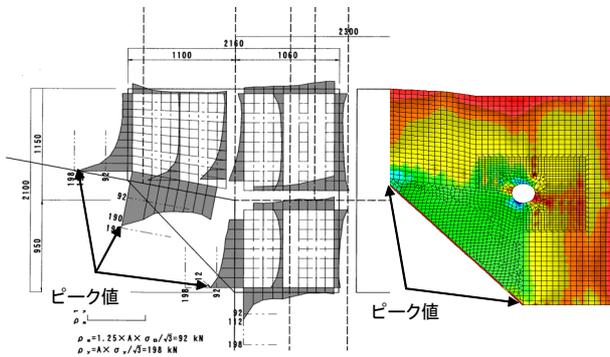


図-1 当て板補強のボルトせん断力分布

表-1 接合性状確認試験の試験パラメータ

No.	板厚 (mm)	板幅 (mm)	列数	ボルトピッチ (mm)	フィラー (mm)	軸力 (kN)	締付け順序	ボルト強度 M22, B10T (kN)	母材強度 (SM490) (kN)	
基準	1	25	250	4×1 (2×2)	100	-	205	1756	1786	
ボルトピッチ	2	25	250	4×1 (2×2)	150	-	205	1756	1786	
ボルト列数	3	25	360	6×1 (3×2)	100	-	205	2634	2652	
	4	50	400	10×1 (5×2)	100	-	205	4389	5935	
	5	50	480	16×1 (8×2)	100	-	205	7023	7195	
軸力 (肌際)	6	25	250	4×1 (2×2)	100	6	205	1756	1786	
	7	25	250	4×1 (2×2)	100	-	0	1756	1786	
フィラー	8	25	250	4×1 (2×2)	100	25	205	1756	1786	
締付け順序	9	25	360	6×1 (3×2)	100	-	205	外側	2634	2652
当て板補強	F10T	10	25	400	5×3	-	205	-	-	
	B10T	11	25	400	5×3	-	205	-	-	

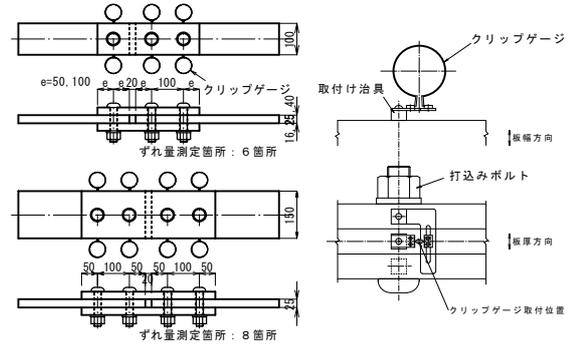


図-2 基本性状確認試験の試験体

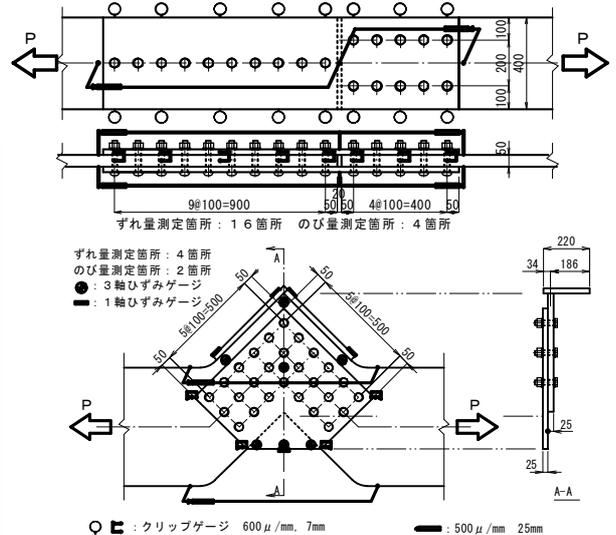


図-3 接合性状確認試験の試験体例

キーワード 鋼製橋脚隅角部, 当て板補強, 支圧接合, ばね剛性

連絡先 〒104-0041 東京都港区虎ノ門 3-10-11 首都高速道路技術センター TEL.03-3578-5757

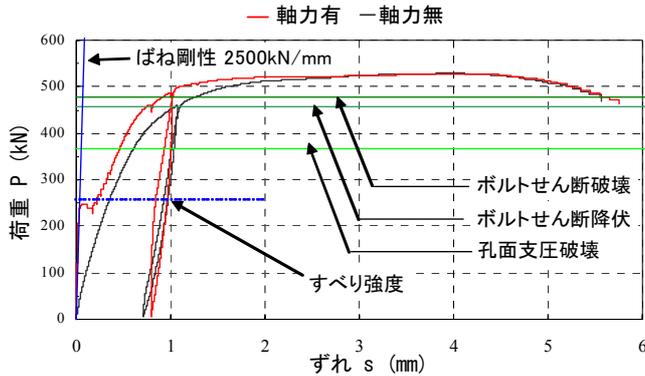


図-4 基本性状確認試験の荷重-ずれ関係

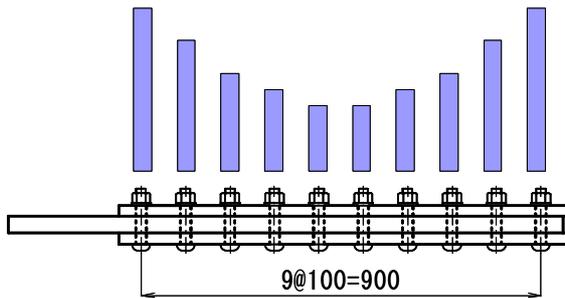


図-5 多列継手における作用力分布

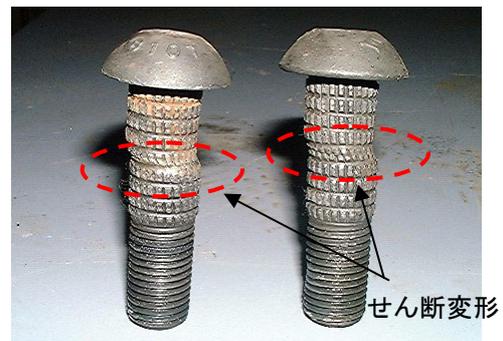


写真-1 破断前の支圧ボルトの状況

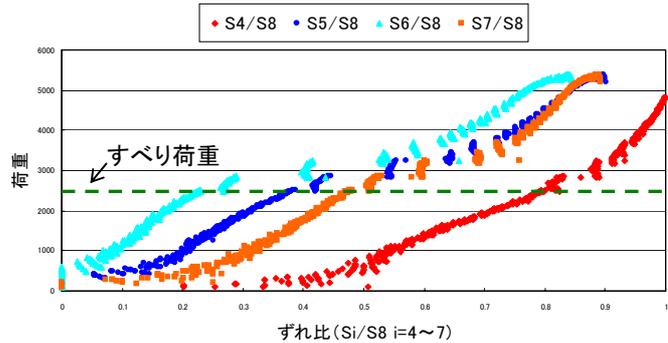


図-6 継手端部に対する各位置のずれ量の比（試験体 No.4）

### 3. 実験結果

①**基本性状確認試験**：図-4は軸力導入の有無の試験ケースにおける荷重-ずれ関係（材質 SM570，板厚 25mm）を示す。図より軸力を導入した支圧接合の挙動は低い荷重領域においては剛性の高い摩擦接合の挙動を示す。荷重がすべり強度を超えると支圧接合に移行し軸力なしの試験体と同等の剛性となることが確認できる。初期のばね剛性をすべり荷重までのデータを線形回帰分析し算出される値とし実験データを整理した。その結果，低い荷重領域のばね剛性は材質や板厚，鋼板強度，すべり荷重等の試験パラメータとの相関はみられず，1面当たり 1000kN/mm～5000kN/mm とばらつき，平均値は 2500kN/mm となった。この結果より，補強材設計の弾性 FEM 解析のばね剛性の入力値は 2500kN/mm 程度に設定できる。

②**接合性状確認試験**：多列配置した継手においてはボルトの作用力は図-5に示すように継手内で不均等に分布し，継手が長くなると各ボルトが全強に達する前に，端部ボルトの破断が先行し終局状態をむかえ，全ボルトが有効に作用しないことが報告されている<sup>2)</sup>。これに対し，今回の実験ではボルトを 16 列配置した試験体においても全ボルトが同時に破断し，終局耐力はボルトせん断強度を本数倍した荷重に対し約 1.1 倍の荷重となった。これは，継手端部のずれ量に対する継手各位置のずれ量の比を示した図-6からもわかるように，荷重の増加に伴い継手各位置に荷重が分配され，終局時には全ボルトが有効に作用することを示している。また，写真-1より，ボルトが十分にせん断変形をおこし荷重が分配されていることがわかる。次に，当て板補強をモデル化した試験体に関しては，図-1の FEM 解析でピーク値を示す位置にあるボルトが最初に破断した。このとき最大荷重は 3219kN と大きな値を示した。これはボルトの 1 面せん断強度の約 12 倍の荷重であり，当て板補強のボルト配置においても荷重分配効果が大きいことを示している。また，この試験体をボルトのばね剛性を 2500kN/mm とし弾性 FEM 解析を行い検証した結果，端部のボルトの解析値は実験の最大荷重の 1/3 以下の荷重でせん断降伏強度に達するという結果を得た。この結果から当て板補強構造は荷重分配効果があり，十分な耐力を有しているといえる。

### 4. おわりに

支圧接合継手の実験を種々のパラメータで行った結果，当て板補強設計に用いる弾性 FEM 解析のボルトのばね剛性を，実験値の平均値である 2500kN/mm 程度に設定し，ボルトの設計せん断力としては実ボルトのせん断降伏強度程度としても十分安全側の評価であることが確認された。今後，実験結果を更に整理し FEM 解析における支圧接合継手のモデル化の確立を進めていきたい。

参考文献 1) 森河ほか：箱断面柱を有する鋼製橋脚に発生した疲労損傷と応急対策 土木学会論文集 2002.4

2) 鋼材倶楽部ほか：鋼構造接合資料集成-リベット接合・高力ボルト接合，1977.3