

I - 59

プレートガーダー高力ボルト継手部腹板の補剛構造の合理化に関する耐荷力実験

駒井鉄工

正員

秋山寿行

奥村組

大松彰吾

大阪大学工学部

正員

西村宣男

大阪大学工学部

正員

亀井義典

1. まえがき： 現在，中小スパン橋梁に関し，鋼橋の設計法・構造法・製作法における合理化や省力化などについての調査研究が多方面にわたって行われている。プレートガーダーのこのような合理化に関する検討の一環として，高力ボルト摩擦接合継手部を対象とし，継手部の腹板パネルにおける局部座屈防止のための補剛構造の合理化に関する検討¹⁾を進めてきた。そして，水平補剛材を有するプレートガーダーを対象とし，①継手部腹板パネルにおいて水平補剛材の省略が可能となる腹板の幅厚比およびアスペクト比の範囲，②腹板の添接板に補剛リブを取り付けることにより水平補剛材の省略が可能となる範囲，を数値解析により提案した。ここでは，水平補剛材の省略が可能な構造パラメータの範囲および補剛構造法を実験的に検証し，数値解析による推定の妥当性およびリブ付き添接板による補剛効果を明らかにする。

2. 実験概要： 実験供試体は，高力ボルト摩擦接合継手を支間中央に設けたプレートガーダーで，継手部の構造パラメータが異なる3種類である(表-1，図-1)。

- ・CASE1: 水平補剛材を省略すると M_y が確保されない。
- ・CASE2: 水平補剛材を省略しても M_y が確保される。
- ・CASE3: 水平補剛材を省略すると M_y が確保されないが，補剛添接板を用いることにより M_y が確保される。

(ここに， M_y は曲げ降伏強度である。)

CASE3は，CASE1を基にして腹板の2枚の添接板のうち1枚に補剛リブを取り付けたものである。なお，補剛リブの断面は垂直補剛材と同一としている。実験は，この供試体を単純支持2点集中荷重載荷により，継手パネルに等曲げを作用させた(図-2)。そして，継手パネルの各部応力，変位，曲げ耐力を測定した。

3. 実験結果： 極限強度 M_u の実験結果を表-2に示す。CASE1では，継手部腹板パネルの水平補剛材を省略することによる M_u の M_y からの低下が2.4%であった。CASE2では，水平補剛材を省略しても M_u の低下は0.7%であり，極限強度に対するアスペクト比の差の影響が確認できた。CASE3では， M_u が M_y を確保しているものの，極限強度に対する添接板の補剛リブの効果は明確には確認できなかった。それは，腹板の添接板と圧縮フランジとのすきま部において局部座屈が発生し，フランジが回転変形したためである。その結果，添接板の補剛リブの効果が現れる以前に，腹板のすきま部の局部座屈によって極限強度が支配されたと考えられる。

腹板および圧縮フランジの面外たわみを図-3に示す。アスペクト比が大きいCASE1の腹板の変形は，極限強度に達するまでは逆対称モードとなっており，極限強度以降は圧縮フランジの回転変形により，徐々に対称モードに変化した。アスペクト比が小さいCASE2では，極限強度に近づくにつれて腹板が急に変形しており，その変形モードは対称となっている。また，腹板の変形量およびフラ

表-1 供試体の断面諸元

	CASE1	CASE2	CASE3	備 考 (CASE3)
鋼種	SM490Y			添接板 腹板 
腹板断面 $h \times t_w(\text{mm})$	1350×6			
7/16" 断面 $b \times t_f(\text{mm})$	290×14			
曲げ降伏強度 $M_y^*(\text{tf} \cdot \text{m})$	261.6			
垂直補剛材間隔 $a(\text{mm})$	800	600	800	
腹板の幅厚比 h/t_w	225.0	225.0	225.0	
アスペクト比 a/h	0.593	0.444	0.593	
断面幾何比 A_w/A_f	2.00	2.00	2.00	

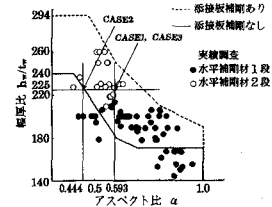
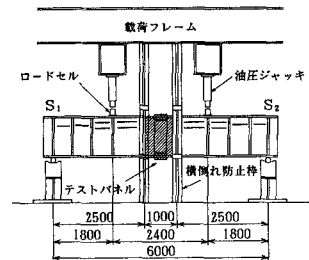
図-1 水平補剛材省略可能範囲¹⁾ (SM490Yの場合)

図-2 荷重載荷方法

表-2 初期降伏 M_f および極限強度 M_u

	実験値 (tf・m)		計算値 (tf・m)		M_u/M_y	M_u/M_y^*
	M_f	M_u	M_y	M_y^*		
CASE1	262.9	315.0	322.9	261.6	0.9755	1.2041
CASE2	279.2	321.9	324.1	261.6	0.9932	1.2305
CASE3	269.7	324.2	324.0	261.6	1.0006	1.2393

注) M_y : 断面は実測寸法、降伏応力度は引張試験値 $[\sigma_y = 4396 \text{ kgf/cm}^2]$ を用いて算出した曲げ降伏強度
 M_y^* : 断面は設計寸法、降伏応力度は公称値 $[\sigma_y^* = 3600 \text{ kgf/cm}^2]$ を用いて算出した曲げ降伏強度

ンジの回転変形はCASE1よりも小さく、アスペクト比の差による影響が確認できた。CASE3では、腹板の変形は添接板部で小さく、それ以外の無補剛部分で大きくなっている。つまり、腹板の変形に対して補剛リブの効果が現れている。また、極限強度以降は圧縮フランジの回転変形により、腹板の添接板部も大きく変形している。

4. すきまの影響： 補剛添接板を用いる方法(CASE3)の実験的検証の結果、腹板の添接板と圧縮フランジとのすきま部に腹板の変形が集中する可能性があることが確認された。そこで図-4に示す腹板添接部のすきまの検討モデルを対象として、立体薄板構造の弾塑性有限変位解析を行い、極限強度に対するすきまの影響を検討した。その極限強度 M_u の解析結果を表-3に示す。

CASE1では、解析モデル1は解析モデル3に比べて M_u は0.9%低下している。CASE2では、 M_u に対するすきまの有無の差はほとんどない。一方、CASE3では、解析モデル1は解析モデル3に比べて M_u は2.5%低下しており、CASE1およびCASE2に比べその低下は大きい。また、解析モデル2の場合、 M_u の低下は1.4%で、解析モデル1と3のほぼ中間になっている。CASE3のこのようなすきまの影響は図-5の荷重-強制回転角にも見られる。すなわち、補剛添接板を用いる場合、このすきま部に腹板の変形が集中し、極限強度以降の除荷域の勾配がすきま量とともに大きくなっている。

崩壊モードについて、CASE3の結果を図-6に示す。CASE3では、すきまを考慮した場合は無視した場合に比べ、圧縮フランジの添接板部の回転変形が大きい。しかし、腹板の添接板部の変形はすきまの有無にかかわらず抑制されている。一方、CASE1およびCASE2ではすきまの有無の差はほとんどない。CASE1の場合は圧縮フランジが回転変形し、腹板の中央部が大きく変形している。CASE2の場合は圧縮フランジの回転変形は他のCASEに比べて小さい。以上の崩壊モードは、実験結果と同様であり、これらの解析が正しく行われたものと考えられる。

5. まとめ： 3種の供試体を対象とした実験より、以下のことを明らかにした。①水平補剛材が必要なプレートガーダーの高力ボルト継手部において、腹板パネルのアスペクト比が小さい場合、水平補剛材を省略することが可能である。この省略が可能な構造パラメータの範囲については数値解析による推定が妥当である。②リブ付き添接板による補剛方法については、極限強度を高める効果があるが、腹板の添接板と圧縮フランジとのすきまが極限強度に影響を及ぼすため、注意を要する。今後は、このすきまの定量的評価、補剛リブの断面剛性について検討する必要がある。

参考文献 1) 秋山, 西村, 松村, 大塚: プレートガーダー高力ボルト継手部腹板の補剛方法の合理化, 構造工学論文集, Vol. 40A, pp. 317-329, 1994. 3.

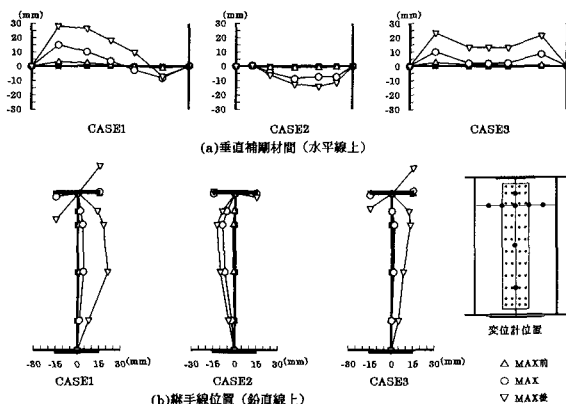


図-3 腹板およびフランジの面外たわみ

表-3 すきまの有無に関する比較
[弾塑性有限変位解析による値(単位:tf・m)]

	実験値		解析値1		解析値2		解析値3	
	Mf	Mu	Mf	Mu	Mf	Mu	Mf	Mu
CASE1	262.9	315.0	239.9	302.8	—	—	242.1	305.4
CASE2	279.2	321.9	237.1	317.8	—	—	241.5	317.6
CASE3	269.7	324.2	291.8	338.6	305.8	342.4	296.8	347.4

注) 解析値1: すきまを考慮したモデル (供試体のすきま高さ)
解析値2: すきまを考慮したモデル (供試体のすきま高さの1/2)
解析値3: すきまを無視したモデル

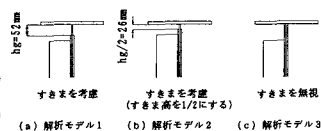


図-4 すきまの検討モデル

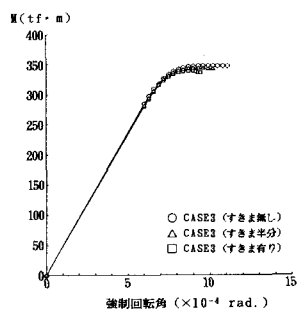


図-5 荷重-強制回転角

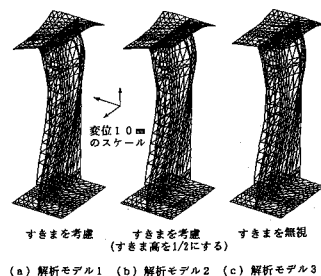


図-6 継手パネルの崩壊モード (CASE3)