

I-270 高力ボルト摩擦接合継手に関する設計規準の国際比較

駒井鉄工欄 正会員 秋山寿行
 駒井鉄工欄 正会員 播本章一
 大阪大学 正会員 西村宣男

1. まえがき

近年、諸外国では鋼構造物の設計に対して限界状態設計法が導入されてきている。鋼構造物に対する限界状態設計法の導入に際し、要素、部材および構造システムの終局強度と同様に、部材の継手部の強度および剛性の影響の的確な評価法を確立し、設計の合理化を図ることも必要である。

このような観点から、鋼橋の継手部の合理的・経済的設計を達成するための基礎資料を得るために、ここでは、まず高力ボルト摩擦接合継手に関する諸外国の設計規準と日本の道路橋示方書(以下「道示」という)とを比較する。さらに、継手設計に関する経済比較を行う。

2. 各規準の比較

比較は、道示（日本）、AASHTO（米国）

BS（英国）、SIA（スイス）、DIN（ドイツ）の各国規準の主要項目について行う。高力ボルトの等級は、各国とも日本と同様の8T～10T級であるが、ここでは、10T級の摩擦接合用高力ボルトについて述べる。比較項目として、①許容伝達力、②引張材において、ボルト孔による部材の断面控除の影響、③ボルト継手の連結長さの制限、などである。これらの結果を表一1にまとめる。

高力ボルト摩擦接合継手の設計に関して、道示による設計は、諸外国の規準によるものと比べ、次の2点で大きく異なっている。①「高力ボルト摩擦伝達力の安全率が、道示の場合1.7であり諸外国に比べて大きい。」②「引張材でボルト孔による部材の断面控除の影響について、道示ではボルト孔を控除した断面に全応力が作用するものとする。一方、AASHTOではボルト孔による断面控除の考え方が、道示に比べ緩やかである。また、DIN 18800では引張応力の一部が、ボルト孔による断面減少が始まる前に、すでに摩擦によって伝達されていると仮定している。」このため、道示に従って設計すると、諸外国の設計に比べかなり安全側の設計になっている。

表一1 高力ボルト摩擦接合継手に関する設計規準

(a) 高力ボルトの許容伝達力

	許容伝達力： P_n (高力ボルト1本の1摩擦面当り)	N 設計ボルト軸力 (tf)	μ すべり係数	ν すべりに対する安全率	P_n 1摩擦面当り (tf/本)
道示	$P_n = \frac{1}{\nu} \mu \cdot N$	20.5 (1.00)	0.4 (1.00)	1.7 (1.00)	4.800 (1.00)
AASHTO	高力ボルトの許容せん断応力度で記述されている。	22.0 (1.07)	0.33 (0.83)	1.33 (0.78)	5.450 (1.14)
BS	$P_n = k_n \frac{\mu}{\tau_n \tau_{t3}} N$ k_n : ボルト孔形状に関する係数 τ_n : 部分材料係数 τ_{t3} : 部分荷重係数	20.4 (1.00)	0.41 (1.03)	$\tau_n \times \tau_{t3}$ 1.20 (0.71)	6.990 (1.46) $k_n = 1.0$ 標準値
SIA	$P_n = (\alpha_n \cdot \mu) \cdot N$ α_n : 低減係数	21.6 (1.05)	0.5 (1.25)	1.43 (0.84) $\alpha_n = 0.7$	7.570 (1.58)
DIN	$P_n = \frac{1}{\nu} \mu \cdot N$	19.4 (0.95)	0.5 (1.25)	1.40 (0.82)	6.930 (1.44)

注1) 高力ボルトは等級F10T、サイズM22相当とする。注2) すべり係数は黒皮除去の表面状態とする。注3) () 内の値は道示を1.00とした場合の比率を示す。

(b) ボルト孔による引張部材の断面控除の影響およびボルト継手の連結長さの制限

	ボルト孔による引張部材の断面控除の影響	ボルト継手の連結長さの制限
道示	ボルト孔を控除した断面を有効断面とする	無理のない範囲ということなるべく8本程度以下とするのがよい
AASHTO	ボルト孔を控除した純断面が総断面の85%以上なら総断面積による。 また、15%を超える孔引き分については総断面積から減じる。	—
BS	有効断面 $A_e = k_2 \cdot A_n \leq A$ k_2 : 鋼材の材質による係数 (1.0, 1.1, あるいは1.2) A_n : 部材または材片の純断面積 A : 部材または材片の総断面積	$L \geq 15d$ の場合 (長継手)、連結材のすべての強度は次の係数を乗じて減ずる。 $\beta = 1 - (L - 15d) / 200d \geq 0.75$ L : 最前列ボルトと最後列ボルトの間の距離 d : 連結材の径
SIA	総断面の引張応力度 $\leq$ 降伏応力度 純断面の引張応力度 $\leq$ 引張強度 $\times 0.8$	BSと同様
DIN	ボルト孔による断面減少が始まる前に許容伝達力の40%の力がすでに摩擦作用により伝達されていると仮定する。	部材の連結およびフランジ(弦材)の継手において、力の方向に直列に6本以上のボルトを配置してはならない。

3. 継手設計に関する経済比較

断面 $480 \times 25 \text{ mm}$ の母材 (50 kg 級) に対し、各国の規準に従って摩擦接合継手の設計計算を行う。その際、作用力としては各国の鋼材降伏強度の引張力を考える。高力ボルトは等級 F 10 T、サイズ M 22 相当とする。また、ボルト孔は標準孔とし、ボルト間隔は各国の規準を満足する範囲内ですべて同様にする。以上の条件のもとで設計した継手部に対して、継手による工場製作費および現場工事費の増額を算出し、経済性の比較を行う。この場合、工場製作費および現場工事費は、鋼材費、製作加工費、桁架設工費、高力ボルト本締工費、塗装費などである。以上の比較を表-2 に、ボルト配置を図-1 に示す。

この結果、高力ボルトの本数は諸外国の規準によると、道示による場合の 67~83% となる。また、鋼板重量増分については 52~63%、合計工事費では 55~66% となる。以上の比較より、高力ボルト摩擦接合の設計規準に関し、日本の道示は諸外国の規準に比べ、より高い安全性を確保しているように思われる。

以上より、摩擦接合継手をさらに経済的に設計できるよう、また将来、鋼橋の設計法が許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行する場合を考慮し、次の 2 点について検討する必要がある。①高力ボルト摩擦伝達力の安全率の考え方 ②引張材でボルト孔による部材の断面控除の影響

4. あとがき

高力ボルト摩擦接合継手に関して各国の設計規準を比較し、さらに、継手設計に関する経済比較を行った。その結果、道示が諸外国の規準に比べて安全側になっていると思われる。今後は、継手部の極限強度特性および変形特性を実験的、理論的に研究する予定である。

表-2 鋼板の摩擦接合による重量増および工事費（増額分）

1991. 1. 現在

項 目		道 示	AASHTO	BS	SIA	DIN	
継 手 断 面	母材断面板厚 (mm)	25 → 32	25 → 27	25 → 29	25 → 28	25 → 30	
	高力 ボルト	本数 (本)	2×48=96	2×40=80	2×32=64	2×32=64	2×32=64
		長さ (mm)	110	100	105	100	105
	添接板 断面 板厚mm	1-Pl 480x	16	14	15	14	15
		2-Pl 215x	19	16	17	16	18
添接板長さ (mm)	1820	1520	1220	1220	1220		
鋼板重量増	母材重量増 (kgf)	48	11	18	14	23	
	添接板重量 (kgf)	227	162	139	130	143	
	合 計 (kgf)	275 (1.00)	173 (0.63)	157 (0.57)	144 (0.52)	166 (0.60)	
	高力ボルト重量 (kgf)	65 (1.00)	52 (0.80)	42 (0.65)	41 (0.63)	42 (0.65)	
塗 装 面 積 (㎡)		2.39 (1.00)	2.00 (0.84)	1.60 (0.67)	1.60 (0.67)	1.60 (0.67)	
工 事 費	工場製作費 (円)	106,000	69,000	62,000	57,000	65,000	
	現場工事費 (円)	99,000	67,000	59,000	55,000	61,000	
	合 計 (円)	205,000 (1.00)	136,000 (0.66)	121,000 (0.59)	112,000 (0.55)	126,000 (0.61)	

注) () 内の値は道示を 1.00 とした場合の比率を示す。

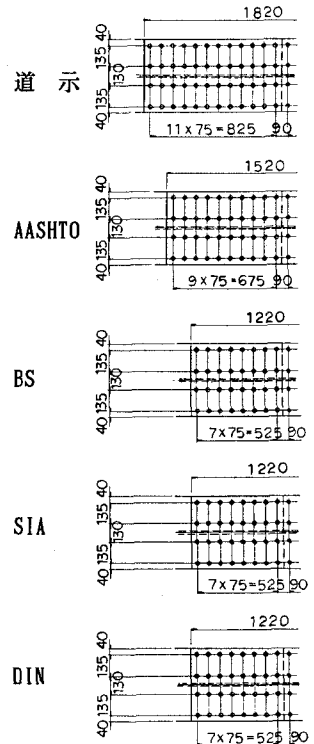


図-1 高力ボルトの配置

参考文献

- 1) 鋼構造接合資料集成、技報堂、昭和52年。
- 2) 道路橋示方書・同解説、(社)日本道路協会、平成2年2月。
- 3) 米国道路橋示方書 (訳) 鋼橋上部工関連部分の抜粋、長大橋技術研究会、昭和54年10月。
- 4) STANDARD SPECIFICATIONS for HIGHWAY BRIDGES, FOURTEENTH EDITION 1989, AASHTO.
- 5) BS 5400 3編 鋼橋の設計指針 (1982年4月)。
- 6) SIA 161 鋼構造 (1979年)。
- 7) 伊藤鉦一：DIN規格の鋼構造用ボルト接合に関する規定、橋梁と基礎、1989.5。
- 8) 橋梁架設工事の積算 平成二年度版、(社)日本建設機械化協会編。