

2. 道路橋と建築分野における高力ボルト摩擦接合継手に関する基準の比較

建築分野では「日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，2012.3」^{2.1)}において、耐遅れ破壊性能を改善した超高力ボルト(引張強さ1400N/mm²、降伏点1260N/mm²のS14TおよびF14T)が規定されており、国土交通大臣の認定を取得したボルトが鉄骨高層ビルの接合に採用されている。しかし、建築分野と道路橋では使用環境や設計方法が異なるため、建築分野の実績をそのまま道路橋に適用することはできない。

そこで、道路橋の基準である「日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012.3」(以下、道示という)^{2.2)}と、建築分野における鋼構造の設計指針である「日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，2012.3」(以下、建築という)を比較することで、超高力ボルトを道路橋に適用するにあたっての課題の抽出を行う。対象とするボルト継手は、摩擦接合継手とする。

ここで、超高力ボルトとは、耐遅れ破壊性能を改善した、引張強さ1400N/mm²、降伏点1260N/mm²を有する高力ボルト(S14TおよびF14T)を示す。

2.1 調査項目

調査比較した項目を表-2.1に示す。

表-2.1 調査項目

調査項目	
材料	a) ボルトの種類
	b) ボルトの強度
設計	c) 設計の基本事項
	d) 摩擦接合用高力ボルトの許容力
	e) 軸方向力、せん断力および曲げモーメントに対する設計
	f) 連結と母板強度との関係
	g) フィラー(肌すき、母板間の板厚差)
	h) ボルト列数、最少本数
	i) ボルト孔径
	j) ボルトの中心間隔と縁端距離

各項目の比較を2.2節以降に示す。

2.2 材料

a) ボルトの種類	
道 示	<p>○トルシア形をのぞく摩擦接合に用いるボルト、ナットおよび座金： JIS B 1186 に規定する第 1 種 (F8T) および第 2 種 (F10T) の呼び M20、M22、M24。 トルク係数値は道示に規定された 1 種類。</p> <p>○摩擦接合に用いるトルシア形ボルト、ナットおよび座金： 摩擦接合用トルシア形高力ボルト・六角ナット・平座金のセット (日本道路協会) (S10T)。呼び M20、M22、M24。</p> <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編 (2012. 3) 7. 3. 2</p>
建 築	<p>○トルシア形をのぞく摩擦接合に用いるボルト、ナットおよび座金： JIS B 1186 に規定する第 1 種 (F8T) および第 2 種 (F10T) の呼び M12、M16、M20、M22、M24M27、M30。トルク係数値による種類は A、B の 2 種類。</p> <p>○摩擦接合に用いるトルシア形ボルト、ナットおよび座金： JSS II 09 (1996) に規定する構造用トルシア形高力ボルト・六角ナット・平座金のセット (S10T)。呼び M16、M20、M22、M24、M27、M30。</p> <p>○超高力ボルト： 引張強さ 1400N/mm²、降伏点 1260N/mm² を有する国土交通大臣の認定を取得した高力ボルト (F14T、S14T)。呼び M16、M20、M22、M24。</p> <p>日本建築学会：鋼構造接合部設計指針 (2012. 3) 2. 1. 1</p>

・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、他の高力ボルトの種類に合わせて、呼びは M20、M22、M24 の範囲とする。特に、高力ボルトの使用実績が多い M22、M24 を本研究の検討範囲とする。

b) ボルトの強度										
道 示	<p>○高力ボルトの強度は以下のとおり。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>高力ボルトの等級</th> <th>耐力 (降伏点) (N/mm²)</th> <th>引張強さ (N/mm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F8T</td> <td>640 以上</td> <td>800~1000</td> </tr> <tr> <td>F10T、S10T</td> <td>900 以上</td> <td>1000~1200</td> </tr> </tbody> </table> <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編 (2012. 3) 3. 2. 3</p>	高力ボルトの等級	耐力 (降伏点) (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	F8T	640 以上	800~1000	F10T、S10T	900 以上	1000~1200
高力ボルトの等級	耐力 (降伏点) (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)								
F8T	640 以上	800~1000								
F10T、S10T	900 以上	1000~1200								

建 築	○高力ボルトの強度は以下のとおり。		
	高力ボルトの等級	耐力（降伏点）(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)
	F8T	640 以上	800～1000
	F10T、S10T	900 以上	1000～1200
	F14T、S14T	1260 以上	1400 以上
日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 1.2			

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、耐遅れ破壊性能を改善した、引張強さ 1400 N/mm²、降伏点 1260N/mm²を有する高力ボルト（S14T および F14T）とする。

2.3 設計

c) 設計の基本事項	
道 示	○許容応力度設計法。 ○すべり後の高力ボルト摩擦接合継手の耐力について規定はない。 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.3.1
建 築	○部材の降伏を限界として定められた許容応力度設計法においては接合部がもつ降伏耐力が、部材の塑性化を考慮した塑性設計や終局強度設計においては接合部がもつ最大耐力が、それぞれ接合部に付与すべき耐力として、2種類の設計法に対応できるように努めている。 ○すべり後の高力ボルト摩擦接合継手の耐力が規定されている。 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 1.1

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、すべりを耐力として設計する。

d) 摩擦接合用高力ボルトの許容力																															
道 示	○高力ボルトの許容力は以下のとおり。 (a) 接触面を塗装しない場合																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">高力ボルトの等級</th> <th rowspan="2">ねじの呼び</th> <th rowspan="2">ν</th> <th rowspan="2">μ</th> <th colspan="4">N</th> <th rowspan="2">ρ_k (kN)</th> </tr> <tr> <th>α</th> <th>σ_y (N/mm²)</th> <th>A_e (mm²)</th> <th>N (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">F8T</td> <td>M20</td> <td rowspan="3">1.7</td> <td rowspan="3">0.4</td> <td rowspan="3">0.85</td> <td rowspan="3">640</td> <td>245</td> <td>133</td> <td>31.3</td> </tr> <tr> <td>M22</td> <td>303</td> <td>165</td> <td>38.8</td> </tr> <tr> <td>M24</td> <td>353</td> <td>192</td> <td>45.2</td> </tr> </tbody> </table>	高力ボルトの等級	ねじの呼び	ν	μ	N				ρ _k (kN)	α	σ _y (N/mm ²)	A _e (mm ²)	N (kN)	F8T	M20	1.7	0.4	0.85	640	245	133	31.3	M22	303	165	38.8	M24	353	192	45.2
高力ボルトの等級	ねじの呼び					ν	μ	N				ρ _k (kN)																			
		α	σ _y (N/mm ²)	A _e (mm ²)	N (kN)																										
F8T	M20	1.7	0.4	0.85	640	245	133	31.3																							
	M22					303	165	38.8																							
	M24					353	192	45.2																							

F10T	M20	1.7	0.4	0.75	900	245	165	38.8
S10T	M22					303	205	48.2
	M24					353	238	56.0

(b) 接触面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合

高力ボルトの等級	ねじの呼び	ν	μ	N				ρ_k (kN)
				α	σ_y (N/mm ²)	A_e (mm ²)	N (kN)	
F8T	M20	1.7	0.45	0.85	640	245	133	35.2
	M22					303	165	43.7
	M24					353	192	50.8
F10T S10T	M20	1.7	0.45	0.75	900	245	165	43.7
	M22					303	205	54.3
	M24					353	238	63.0

N : 設計ボルト軸力 = $\alpha \cdot \sigma_y \cdot A_e$ (N)

α : 降伏点に対する比率

F8T について 0.85

F10T、S10T について 0.75

σ_y : ボルトの耐力 (N/mm²)

A_e : ねじ部の有効断面積 (mm²)

○摩擦接合用高力ボルトの許容力は以下のとおり。

(1 ボルト 1 摩擦面当たり)

(a) 接触面を塗装しない場合 (kN)

ねじの呼び \ ボルトの等級	F8T	F10T	S10T
	M20	31	39
M22	39	48	48
M24	45	56	56

(b) 接触面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合 (kN)

ねじの呼び \ ボルトの等級	F8T	F10T	S10T
	M20	35	44
M22	44	54	54
M24	51	63	63

○無機ジンクリッチペイントを塗装する場合の条件は以下のとおり

項目	条件
接触面片面当たりの最小乾燥塗膜厚	50 μ m 以上
接触面の合計乾燥塗膜厚	100~200 μ m
乾燥塗膜中の亜鉛含有量	80%以上
亜鉛末の粒径 (50%平均粒径)	10 μ m 程度以上

日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 3.2.3

建築

○高力ボルトの許容力は以下のとおり。

$$F8T : N_0 = 0.85F_{by} \cdot A_{be}$$

$$F10T、S10T : N_0 = 0.75F_{by} \cdot A_{be}$$

F14T、S14T：下表による

N_0 ：設計ボルト軸力(N)

F_{by} ：ボルトの耐力(N/mm²)

A_{be} ：ねじ部の有効断面積(mm²)

呼び径	16	20	22	24
設計ボルト軸力(kN)	155	242	299	349

○摩擦接合用高力ボルトの許容力は以下のとおり。

$$\text{すべり耐力 (1 ボルト 1 摩擦面当り)} : q_{by} = \mu \cdot N_0$$

ここに、 μ ：すべり係数(下表による)

鋼材の種類	表面処理方法	すべり係数
構造用鋼材	浮きさびを除去した赤さび面	0.45
	ブラスト処理面(50 μ mR _Z 以上)	
	無機ジンクリッチペイント塗料塗装面(塗膜厚 45~75 μ mR _Z 程度)	
	第3種ケレン処理後の黒皮面	0.23

$$\text{最大せん断耐力 (1 ボルト 1 摩擦面当り)} : q_{bu} = 0.6m \cdot A_{bs} \cdot F_{bu}$$

ここに、 m ：摩擦面の数

A_{bs} ：高力ボルトオの軸部断面積

F_{bu} ：高力ボルトの引張強さ

日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 2.1.1

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、他の高力ボルトの接合面処理に合わせて、道示に規定された条件の接合面処理を行い、道示に規定されたすべり係数が確保されることを検討する必要がある。

e) 軸方向力、せん断力および曲げモーメントに対する設計

道示 ○垂直応力が作用する板を連結する場合には、各列のボルトが式 (7.3.1) を満たすように設計する。ただし、垂直応力が均等に分布している場合は、式 (7.3.2) を満たせばよい。

$$\rho_{pi} = \frac{P_i}{n_i} \leq \rho_a \quad \dots\dots\dots (7.3.1)$$

$$\rho_{pi} = \frac{P}{n} \leq \rho_a \quad \dots\dots\dots (7.3.2)$$

ここに、 ρ_{pi} : i 列目のボルト1本に作用する力(N)

ρ_p : ボルト1本に作用する力(N)

P_i : i 列目の接合線の片側にあるボルト群に作用する力(N)

P : 接合線の片側にある全ボルトに作用する力(N)

n_i : i 列目の接合線の片側にあるボルト群のボルト本数

n : 接合線の片側にあるボルトの全本数

ρ_a : ボルト1本当たりの許容力(N)

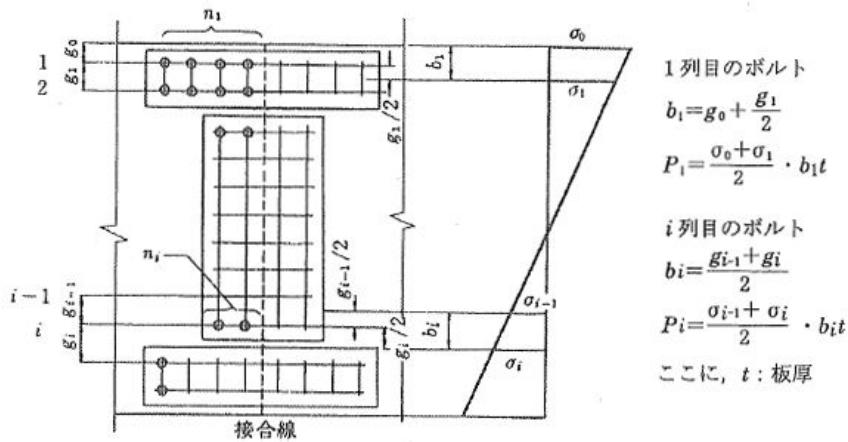


図-7.3.1 ボルトに作用する力 (垂直応力の分布が均等でない場合)

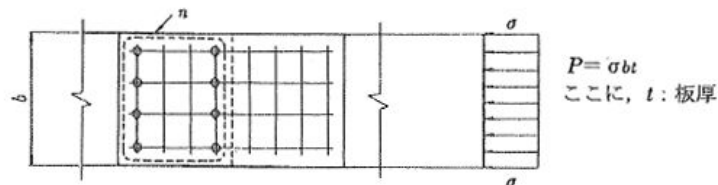


図-7.3.2 ボルトに作用する力 (垂直応力の分布が均等な場合)

	<p>○せん断力が作用する板を連結する場合は、式 (7.3.3) を満足するように設計する。</p> $\rho_s = \frac{S}{n} \leq \rho_a \quad \dots\dots\dots (7.3.3)$ <p>ここに、ρ_s : ボルト1本に作用する力(N) S : せん断力(N) n : 接合線の片側にあるボルトの全本数 ρ_a : ボルト1本当たりの許容力(N)</p> <p>○曲げモーメント、軸方向力およびせん断力が同時に作用する板を連結する場合は、式 (7.3.4) を満足するように設計する。</p> $\rho = \sqrt{\rho_p^2 + \rho_s^2} \leq \rho_a \quad \dots\dots\dots (7.3.4)$ <p>ここに、ρ : ボルト1本に作用する力(N) ρ_p : 曲げモーメント及び軸方向力による垂直応力によってボルト1本に作用する力(N) ρ_s : せん断力によってボルト1本に作用する力(N) ρ_a : ボルト1本当たりの許容力(N)</p> <p>○曲げによるせん断力を受ける板を水平方向に連結する場合は、式 (7.3.5) を満足するように設計する。</p> $\rho_h = \frac{SQ}{I} \cdot \frac{p}{n} < \rho_a \quad \dots\dots\dots (7.3.5)$ <p>ここに、ρ_h : 水平方向に連結するボルトに作用する力(N) S : 計算する断面に作用するせん断力(N) Q : 部材の総断面の中立軸回りの、せん断力を計算する接合線の外側の断面一次モーメント(mm³) I : 部材の総断面の中立軸回りの断面二次モーメント(mm⁴) p : ボルトのピッチ(mm) n : 接合線直角方向のボルト数 ρ_a : ボルト1本当たりの許容力(N)</p> <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.3.5</p>
<p>建築</p>	<p>○面内に軸引張力を受ける高力ボルト摩擦接合部のボルトに関する設計は以下のとおり。</p> <p>降伏引張耐力 $P_{yi} = n \cdot q_{by}$</p> <p>ここに、n : 板要素を接合している接合部片側の高力ボルト本数</p>

q_{by} : 高力ボルト 1 本当たりのすべり耐力

最大引張耐力 $P_{u1} = n \cdot q_{bu}$

ここに、 q_{bu} : 高力ボルト 1 本当たりの最大せん断耐力。ただし、設計用最大応力に対してすべりが発生しないように設計された接合部の場合は、 $q_{bu} = q_{by}$ とする。

○面内にせん断力を受ける高力ボルト摩擦接合部のボルトに関する設計は以下のとおり。

降伏せん断耐力 $Q_{y1} = n \cdot q_{by}$

ここに、 n : 板要素を接合している接合部片側の高力ボルト本数

q_{by} : 高力ボルト 1 本当たりのすべり耐力

最大せん断耐力 $Q_{u1} = n \cdot q_{bu}$

ここに、 q_{bu} : 高力ボルト 1 本当たりの最大せん断耐力。ただし、設計用最大応力に対してすべりが発生しないように設計された接合部の場合は、 $q_{bu} = q_{by}$ とする。

○面内に曲げを受ける高力ボルト摩擦接合部のボルトに関する設計は以下のとおり。

降伏曲げ耐力 $M_{y1} = \sum r_i^2 / r_m \cdot q_{by}$

ここに、 r_i : i 番目のボルト孔中心と接合部中心との距離

r_m : 接合部の中心から最遠位置にあるボルト孔中心と接合部中心との距離

q_{by} : 高力ボルト 1 本当たりのすべり耐力

最大曲げ耐力 $M_{u1} = q_{bu} \sum r_i^2 / r_m$

ここに、 q_{bu} : 高力ボルト 1 本当たりの最大せん断耐力。ただし、設計用最大応力に対してすべりが発生しないように設計された接合部の場合は、 $q_{bu} = q_{by}$ とする。

○軸方向力 P 、せん断力 Q 、曲げモーメント M の組合せ応力を受ける接合部のボルトに生じる最大の作用力 R は次式による。

$$R = \sqrt{(R_x + R_n)^2 + (R_y + R_q)^2}$$

ここに、 R_n : ボルト 1 本当たりの負担軸方向力 = P/n

R_q : ボルト 1 本当たりの負担せん断力 = Q/n

n : 片側の接合部のボルト本数

R_x 、 R_y : 作用曲げモーメントによって接合部の中心から最も離れた位置 (x_m , y_m) にあるボルトに作用する部材軸方向および部材軸直角方向のせん断力

	$R_x = M \cdot y_m / \sum r_i^2, R_y = M \cdot x_m / \sum r_i^2$ $r_i: i \text{ 番目のボルト孔中心と接合部中心との距離}$ <p>日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 2.1.2</p>
--	--

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、すべりを耐力として設計する。面内に曲げを受ける場合、または組合せ応力を受ける場合、ボルトが負担する応力の設定が両基準で異なるため、道路橋を設計する場合は、道示による。

f)	連結と母板強度の関係
道示	<p>○主要部材の連結の設計は、作用力に対して行わなければならない。このほか、原則として母板の全強の75%以上の強度をもつようにする。ただし、せん断力については作用力を用いてよい。</p> <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.1.1</p>
建築	<p>○終局限界状態において継手部に作用する曲げモーメントが降伏曲げモーメントよりも十部に小さい場合には、降伏曲げモーメントの1/2を下回らない範囲で設計曲げモーメントを使用状況に応じ適切に設定できる。</p> <p>日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 3.1.2、3.2.1</p>

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、他の高力ボルトの接合面処理に合わせて、道示に規定された条件の接合面処理を行い、道示に規定されたすべり係数が確保されることを検討する必要がある。

g)	フィラー（肌すき、母板間の板厚差）
道示	<p>○フィラーを使用するに当たっては、肌すきが生じないようにすると同時に、連結部の荷重伝達機構が確保されるように設計しなければならない。</p> <p>摩擦接合継手に関しては、母板の板厚差が1mmでも板厚差のない場合に比べてすべり耐力が低下するという研究成果が報告されている。また、使用板厚が100mmまで拡大されたのに伴い、従来に比べ板厚の大きな連結板が用いられるケースが増加しているが、連結板が厚いほど肌すきによるすべり耐力の低下が大きくなるので注意が必要である。したがって、設計上は原則として板厚差が0となるようにフィラーを用いる必要がある。</p> <p>○フィラーは板厚が厚いほど母板中心軸のずれによる偏心曲げモーメントが大きくなり、継手のすべり耐力に影響を及ぼすことが知られている。そのため、フィラーの板厚は厚い</p>

	<p>側の母板板厚の 1/2 程度かつ 25mm 程度を限度とするのが望ましい。</p> <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.3.15</p>
建築	<p>○板要素の接合面に 1mm を超える肌すきが生じる場合は、板要素の摩擦面処理と同等の表面処理を行ったフィラープレートを挿入しなければならない。</p> <p>○フィラープレートの最大板厚に関する規定はない。</p> <p>日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 2.1.2</p>

- ・道路橋で超強力ボルトを用いる場合、道示に規定された条件の接合面処理を行い、道示に規定された板厚差（肌すき）が生じないように設計・施工しなければならない。板厚交差を考慮して 1mm 以下の肌すきが生じた場合に対して、道示に規定されたすべり係数が確保されることを検討する必要がある。
- ・道路橋で超強力ボルトを用いる場合、母板間の板厚差については道示による。道示の板厚差の範囲で、道示に規定されたすべり係数が確保されることを検討する必要がある。

h)	ボルト列数、最少本数												
道示	<p>○高力ボルトを用いる継手は、ボルトに作用する力が不均等にならないよう、1ボルト線上に並ぶ本数に配慮して設計しなければならない。</p> <p>接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合の高力ボルト摩擦接合継手については、最近の実験等により、多列配置がすべり耐力に及ぼす影響が確認されている。これらを踏まえ、接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装する継手に対し、摩擦接合用高力ボルトの許容力に下表に示す低減係数を乗じて設計を行う場合には、1ボルト線上に並ぶボルト本数を最大12本までとすることができる。</p> <table border="1" data-bbox="434 1444 1177 1747"> <thead> <tr> <th>1ボルト線上に並ぶボルト本数</th> <th>低減係数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8本以下</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>9本</td> <td>0.98</td> </tr> <tr> <td>10本</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>11本</td> <td>0.94</td> </tr> <tr> <td>12本</td> <td>0.92</td> </tr> </tbody> </table> <p>○高力ボルト継手において、1群として2本以上のボルトを配置する。</p> <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.3.1、7.3.13</p>	1ボルト線上に並ぶボルト本数	低減係数	8本以下	1.00	9本	0.98	10本	0.96	11本	0.94	12本	0.92
1ボルト線上に並ぶボルト本数	低減係数												
8本以下	1.00												
9本	0.98												
10本	0.96												
11本	0.94												
12本	0.92												

建 築	<p>○既往の実験結果によれば、応力方向のボルト本数が10本以下の場合にはすべり耐力の低下はほとんど生じない。10本を超える場合は、各ボルトの負担する摩擦力が不均等になり、部材間摩擦力の分布が均等化されないうちに主すべりが発生することがあるので、この影響を考慮してすべり耐力を低減する必要がある。</p> <p>○高力ボルトは最少2本以上配置する。</p> <p>日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 2.1.2</p>
--------	---

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、道示に規定された条件の接合面処理を行い、道示に規定されたボルト列数で、道示に規定されたすべり係数が確保されることを検討する必要がある。

i)	ボルト孔径												
道 示	<p>○ボルト孔径は、設計における断面控除を（ボルトの呼び径+3mm）とする。 孔あけにおけるボルト径および許容差は以下のとおりとする。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>ボルト孔の径</caption> <thead> <tr> <th>ボルトの呼び</th> <th>ボルト孔の径(mm)</th> <th>許容差(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M20</td> <td>22.5</td> <td>+0.5</td> </tr> <tr> <td>M22</td> <td>24.5</td> <td>+0.5</td> </tr> <tr> <td>M24</td> <td>26.5</td> <td>+0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>i) ただし、1ボルト群の20%に対しては+1.0mmまで認めてもよい。 ii) 所定の径の孔あけする場合には、ドリルまたはドリルおよびリーマ通しの併用により行う。ただし、二次部材で板厚16mm以下の材片の孔あけは押抜きにより行ってよい。 iii) 組立前に、主要部材に所定の径で孔あけする場合には、原則としてNC穿孔機または型板を使用する。 iv) 孔あけによって孔の周辺に生じたまくれは削り取らなければならない。 v) 以下のような場合のうち施工上やむを得ない場合には、（呼び径+4.5mm）までの拡大孔をあけてよい。ただし、この場合には、設計の断面控除を（拡大孔の径+0.5mm）として改めて継手の安全性を照査する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 部材を組合わせた状態にしてリーミングを行うことが難しい場合 ② 架設の方法により、仮組立時と架設時の部材に対する応力状態が異なる場合 <p>日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.3.9、18.3.1</p>	ボルトの呼び	ボルト孔の径(mm)	許容差(mm)	M20	22.5	+0.5	M22	24.5	+0.5	M24	26.5	+0.5
ボルトの呼び	ボルト孔の径(mm)	許容差(mm)											
M20	22.5	+0.5											
M22	24.5	+0.5											
M24	26.5	+0.5											

建 築	○高力ボルトの孔径は以下のとおりとする。															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ボルト呼び径 d(mm)</th> <th>標準孔径(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>d<27</td> <td>d+2.0</td> </tr> <tr> <td>d≥27</td> <td>d+3.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>また、母板に限り以下の過大孔を使用できる。ただし、1面せん断摩擦接合部の場合には、連結板と同厚以上の補強板を連結板と反対側（過大孔を設けた板側）に用いなければならない。過大孔とした場合の高力ボルト摩擦接合部のボルト 1 本当たりのすべり耐力の低減係数は以下のとおりとする。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ボルト呼び径 d(mm)</th> <th>過大孔径(mm)</th> <th>低減係数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>d<24</td> <td>d+4.0</td> <td rowspan="3">0.85</td> </tr> <tr> <td>d=24</td> <td>d+6.0</td> </tr> <tr> <td>d>24</td> <td>d+8.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 2.1.2</p>	ボルト呼び径 d(mm)	標準孔径(mm)	d<27	d+2.0	d≥27	d+3.0	ボルト呼び径 d(mm)	過大孔径(mm)	低減係数	d<24	d+4.0	0.85	d=24	d+6.0	d>24
ボルト呼び径 d(mm)	標準孔径(mm)															
d<27	d+2.0															
d≥27	d+3.0															
ボルト呼び径 d(mm)	過大孔径(mm)	低減係数														
d<24	d+4.0	0.85														
d=24	d+6.0															
d>24	d+8.0															

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、道示に規定された条件の接合面処理を行い、道示に規定された施工方法によるボルト孔径で、道示に規定されたすべり係数が確保されることを検討する必要がある。

j)	ボルト中心間隔と縁端距離								
道 示	<p>○ボルトの中心間隔は、ボルトの締付けにあたって支障のない寸法以上としなければならない。ボルトの最小中心間隔を以下の値とする場合は、これを満たすものとみなす。</p> <table border="1"> <caption>ボルトの最小中心間隔 (mm)</caption> <thead> <tr> <th>ボルトの呼び</th> <th>最小中心間隔</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M24</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>M22</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>M20</td> <td>65</td> </tr> </tbody> </table> <p>やむを得ない場合には、最小中心間隔をボルト径の3倍まで小さくしてもよいが、支障なく締付けができ連結部の性能が満足できることが前提である。</p> <p>○ボルトの中心間隔は、ボルト間の材片が局部座屈することなく、かつ材片の密着性が確保できる寸法以下としなければならない。ボルトの最大中心間隔を以下の表のうち小さい方の値とする場合は、これを満たすものとする。このとき 300mm をこえてはならない。</p>	ボルトの呼び	最小中心間隔	M24	85	M22	75	M20	65
ボルトの呼び	最小中心間隔								
M24	85								
M22	75								
M20	65								

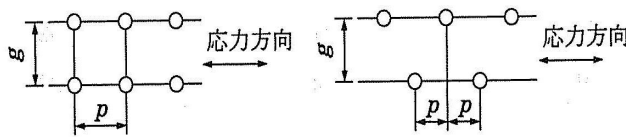
ボルトの最大中心間隔 (mm)

ボルトの呼び	最大中心間隔		
	p		g
M24	170	$12t$	$24t$ ただし、300以下
M22	150	千鳥の場合は、 $15t-3/8 \cdot g$	
M20	130	ただし、 $12t$ 以下	

ここに、 t ：外側の板又は形鋼の厚さ (mm)

p ：継手に作用する応力の方向のボルトの間隔 (mm)

g ：継手に作用する応力と直角方向のボルトの間隔 (mm)



ボルトの配置と間隔のとり方

○ボルト孔の中心から板の縁までの最小距離（最小縁端距離）は、縁端部の破壊によって継手部の強度が設計値を下回らない寸法としなければならない。また、ボルト孔の中心から縁までの最大距離（最大縁端距離）は、材片間の密着性が確保できる寸法としなければならない。最小縁端距離を以下の値とする場合は、これを満たすものとする。なお、材片の重なる部分の最大縁端距離は、外側の板厚の8倍とする。ただし、150mmをこえてはならない。

最小縁端距離 (mm)

ボルトの呼び	せん断縁 手動ガス切断縁	圧延縁，仕上げ縁 自動ガス切断縁
	M24	42
M22	37	32
M20	32	28

日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(2012.3) 7.3.10～12

建築

○応力方向のボルト中心間隔（ピッチ）は、以下のとおりとする。

ボルトの呼び径		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
ピッチ (mm)	標準	50	60	70	80	90	100	110
	最小	30	40	50	55	60	70	75

○圧縮応力を受ける組立圧縮材に対して部材の座屈防止の観点からピッチの最大値は集結材片中の最小板厚の $0.73\sqrt{E/F}$ 倍以下、かつ 300mm 以下とする。

ここに、E：鋼材のヤング率、F：鋼材の降伏点

○ボルト孔の中心から板の縁までの最小距離（最小縁端距離）は、以下のとおりとする。

ボルトの呼び径	縁端の種類	
	せん断縁・手動ガス切断縁	圧延縁・自動ガス切断縁・ のこ引き縁・機械仕上げ縁
M12	22	18
M16	28	22
M20	34	26
M22	38	28
M24	44	32
M27	49	36
M30	54	40

縁端距離の最大値は高力ボルトの頭部またはナットが直接に接する部材板厚の12倍かつ150mm以下とする。

日本建築学会：鋼構造接合部設計指針(2012.3) 2.1.2

- ・道路橋で超高力ボルトを用いる場合、他の高力ボルトの接合面処理に合わせて、道示に規定された条件の接合面処理を行い、道示に規定された範囲のボルト中心間隔および縁端距離において、すべり係数が確保されることを検討する必要がある。設計上想定する連結部の作用力に対して偏心曲げモーメント等の付加応力が極力生じないように、連結部は極力小さくするのがよい。そのため、ボルト中心間隔および縁端距離は、道示に規定された範囲でできるだけ小さい値において、すべり係数が確保されていることを検討する。

2.4 考察

以上より、道路橋に超高力ボルトを用いる場合を想定して、道路橋と超高力ボルトの実績のある建築分野で基準を比較して、異なる使用条件について抽出すると、表-2.2 のようになる。本研究では特にこれらに着目して、これまで使用されてきたS10Tと比較することで、道路橋への適用性について検討を行う。また、1.6で記載したとおり、高力ボルト継手のすべり耐力に影響を与える要因についても実験または解析を行い、超高力ボルトのすべり耐力の特性について検討を行う。

表-2.2 建築分野と使用条件が異なり実験等によって検討する項目

	項目	着目点	試験パラメータ
建築分野と使用条件が異なる検討項目	ボルト等級・径	ボルト軸力による部材間の摩擦力のちがい	高力ボルト (S10T) : M22, M24 超高力ボルト (S14T) : M22, M24
	接合面の処理	接合面処理による部材間の摩擦力のちがい	無機ジंकリッチペイント : 片面塗膜厚65 μ m以上 粗面 (プラスト処理) : 算術平均粗さRa10 μ m以上 有機ジंकリッチペイント : 片面塗膜厚65 μ m以上
	肌すき	肌すきによる密着性低下の影響	母板厚t=50mm : 0.0, 0.5, 1.0mm 母板厚t=75mm : 0.0, 0.5, 1.0mm
	フィラー (母板間の板厚差)	母板の板厚差による荷重伝達の偏心の影響	母板厚t=50mm : 50% 母板厚t=75mm : 20, 30, 50%
	ボルト列数	多列配置したときのすべり係数の低下への影響	最大12列
	ボルト孔径	ボルト孔径による部材間の摩擦力のちがい	M22 : 孔径 ϕ =24.5, 25.5, 26.0mm
	すべり性能耐力のある影響検討を項目とする	すべり/降伏耐力比 β	母板の降伏によるボルト軸力抜けの影響
鋼材の材質		鋼材の材質のちがいによる摩擦力への影響	SS400, SM490, SM490Y, SM520C-H, SM570
板厚		鋼板の剛性や初期不整の影響	市場性や道路橋への適用範囲を考慮して 母板厚t=25~75mm
リラクゼーション		時間経過によるボルト軸力の抜けの影響	12時間, 1ヶ月, 長期
塗料のちがい		塗料メーカーのちがいによる部材間の摩擦力のちがい	2社の塗料を使用

2 章参考文献

- 2.1) (一社) 日本建築学会 : 鋼構造接合部設計指針, 2012.3
- 2.2) (公社) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 2012.3