

第 13 章 高力ボルト継手

13.1 リベット継手

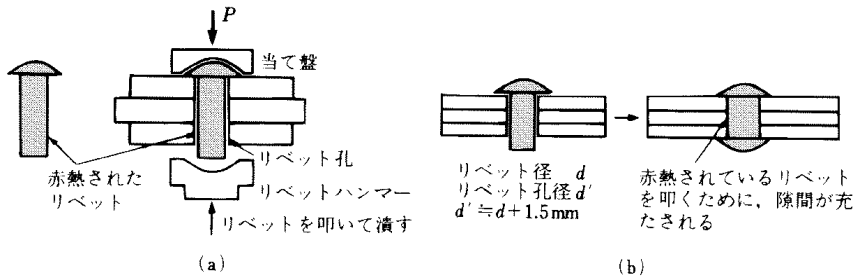


図 13.2 リベット継手の形成

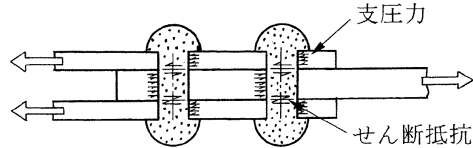


図 13.3 リベットによる力の伝達

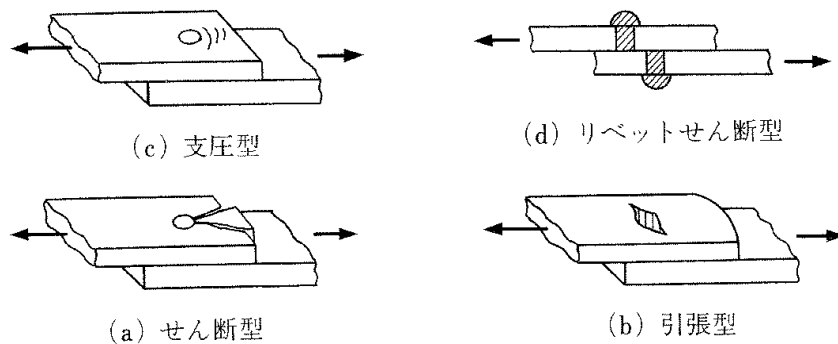


図 13.4 リベット継手の破断モード

- 単せん断型 : $\rho_s = \tau_{sa} \cdot \pi D^2 / 4$
- 複せん断型 : $\rho_s = 2\tau_{sa} \cdot \pi D^2 / 4$

τ_{sa} : リベットの許容せん断応力度

D : リベット軸の直径

- 板の支圧強度 : $\rho_e = \sigma_{ba} D t$

σ_{ba} : 許容支圧応力度

t : 板厚

- $\min\{\rho_s, \rho_e\}$

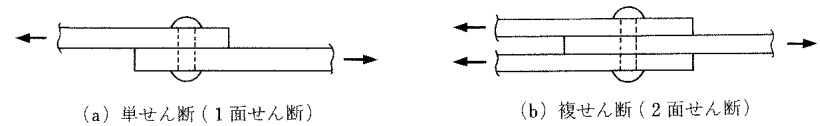
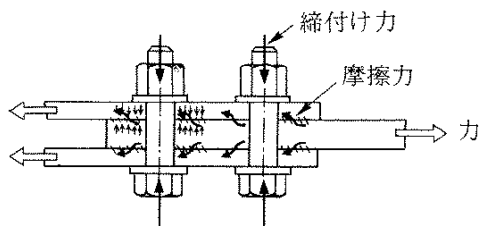


図 13.5 リベット継手

13.2 高力ボルト 継手の接合の種類

摩擦接合

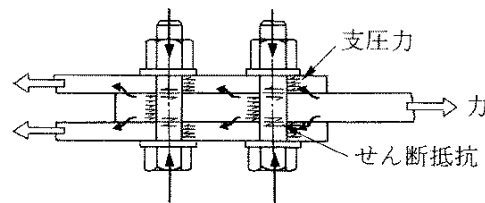
高強度のボルトで継手部の鋼材片を締め付け，材片間の摩擦力によって荷重を伝達



(a) 摩擦接合

支圧接合

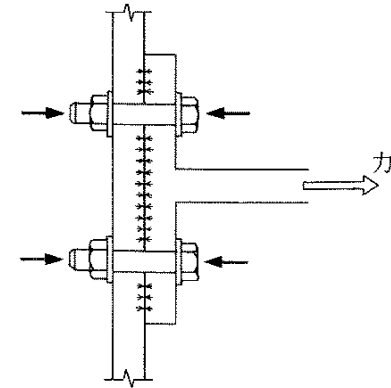
継手材間の摩擦力，ボルト軸部のせん断抵抗，ボルト軸部とボルト孔壁の支圧によって抵抗



(b) 支圧接合

引張接合

柱と梁の接合
柱や梁同士の接合
アンカーフレームや支承の取付



(c) 引張接合

図 13.6 高力ボルト 接合の種類

13.3 高力ボルト , ナット , 座金

F8T 80kgf/cm²(780MPa)

F10T 100kgf/cm²(980MPa)

ボルトが強いほど継手効率は良い



F11T F13T



遅れ破壊

表 13.1 高力ボルトの規格

セットの種類		機械的性質による等級		
機械的性質	トルク係数値	ボルト	ナット	座金
1 種	A	F8T	F10	F35
	B		(F8)	
2 種	A	F10T	F10	
	B			
(3 種)	A	(F11T)		
	B			

13.4 高力ボルトの締付け

トルクコントロール法

ナットを回すトルクとボルトへの導入軸力の線形関係に基づき，トルクを制御する方法 ($T_r = k \cdot d \cdot B$)

ナット回転法

ボルト軸力とナット回転角の関係に基づき，ナット回転角を制御する方法

耐力点法

ボルト軸力とナット回転角の非線形性をセンサで検出して制御する方法

表 13.2 設計ボルト軸力

セット	ねじの呼び	設計ボルト軸力
F8T	M20	13.3
B8T	M22	16.5
	M24	19.2
F10T	M20	16.5
S10T	M22	20.5
B10T	M24	23.8

締付けボルト軸力 → 設計ボルト軸力の 10% 増

- 締付け力のばらつき
- 締付け後のリラクゼーション

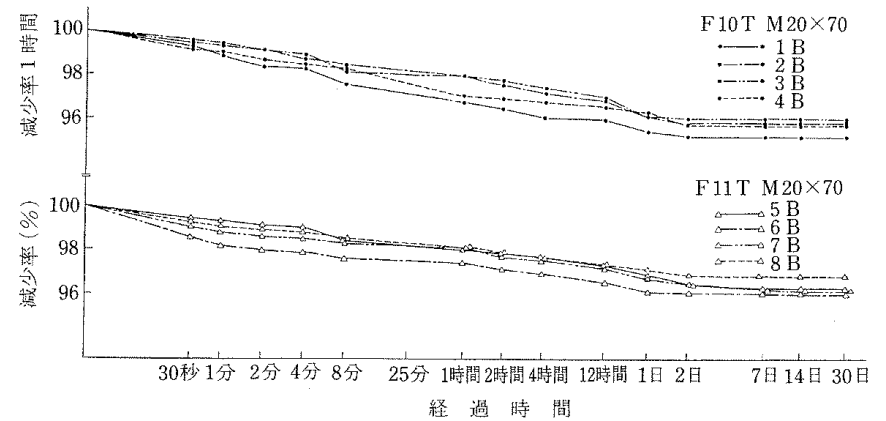


図 13.13 高力ボルトのリラクゼーション

13.5 すべり面の処理

道路橋示方書：プラスト処理 (すべり係数 0.4)

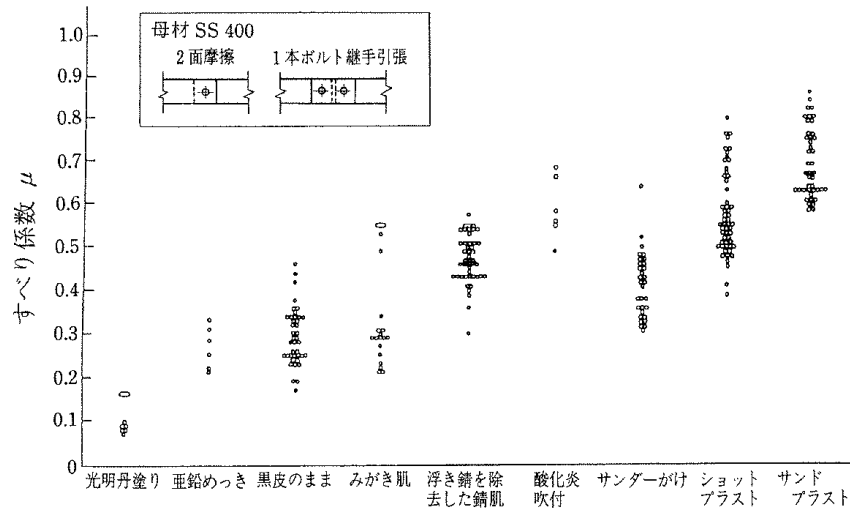


図 13.14 接触面の仕上げとすべり係数

13.6 ボルト孔と純断面積

高力ボルト継手部の純断面積の算定

- ボルト孔の径 = ボルトの呼び径 + 3mm
- 千鳥孔

$$w = d - \frac{s^2}{4g}$$

w : 板の総断面幅から減じられる幅

d : 孔の径

s : スタッガー (応力方向の孔のずれ)

g : ゲージ長 (応力直角方向のボルト線間距離)

多数の孔の純断面積

可能なすべての経路を想定

$$w_n = w_g - \sum d + \sum \frac{s^2}{4g}$$

w_n : 純断面幅 w_g : 総断面幅

13.7 高力ボルト 摩擦接合の強度

(1) すべり耐力

荷重伝達能力：継手強度の基準

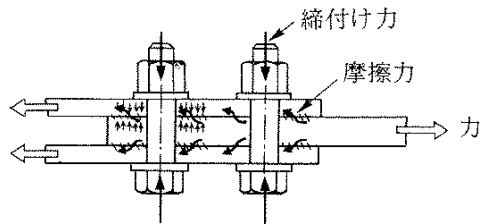


図 13.6 摩擦接合

高力ボルトに引張軸力 → 板間に圧縮力

継手に力が作用 → 材間圧縮力により摩擦力

ボルト1本摩擦面1面当りの伝達能力 P

$$P = \mu N$$

N : ボルト軸力, μ : すべり係数

2面せん断 → $P = 2\mu N$

2本のボルト → $P = 4\mu N$

(2) 終局強度

最終的な破断

- ① 母材の有効断面での引張破断
- ② ボルト軸部のせん断破断
- ③ ボルト孔から荷重方向への母材の支圧破断

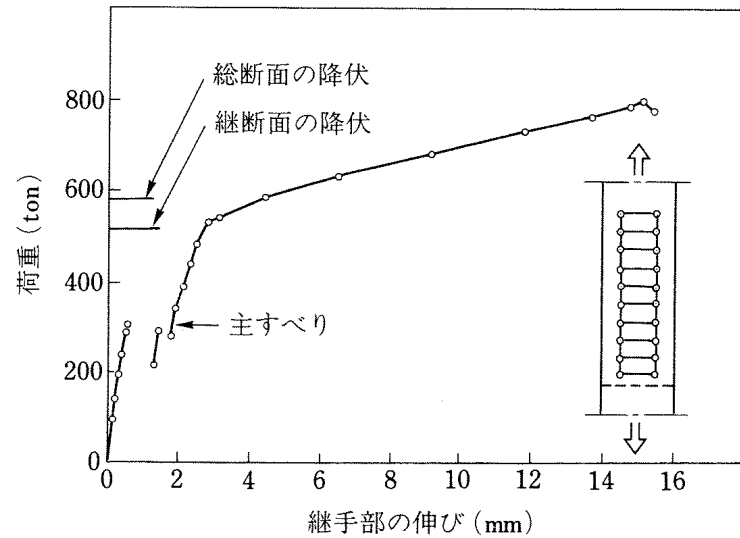
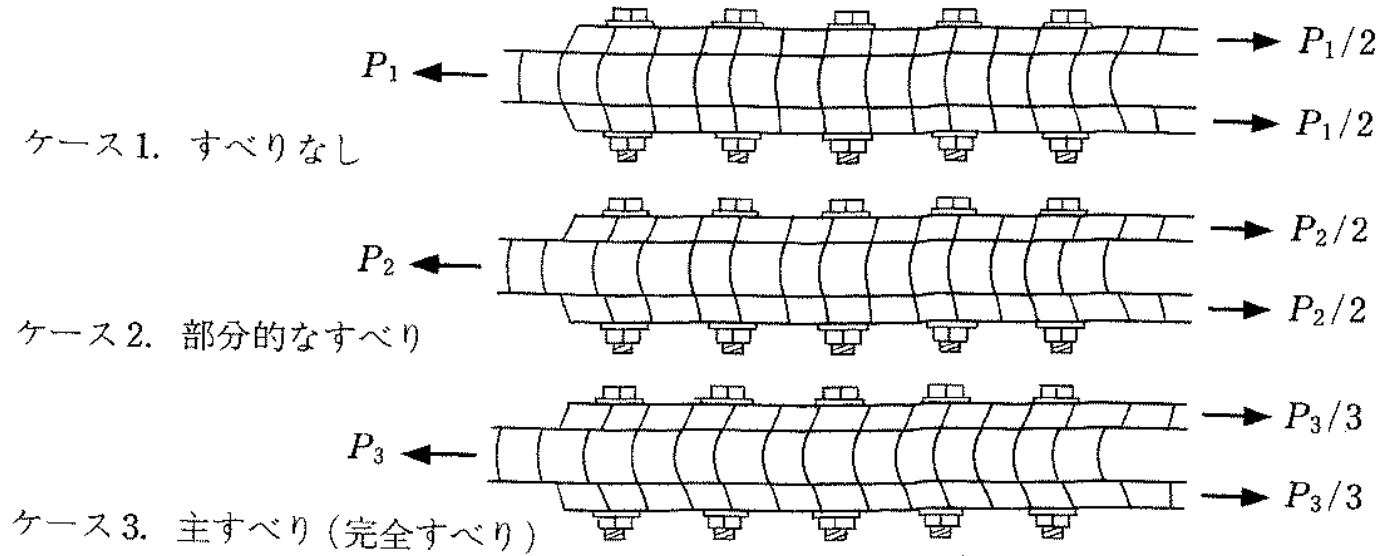
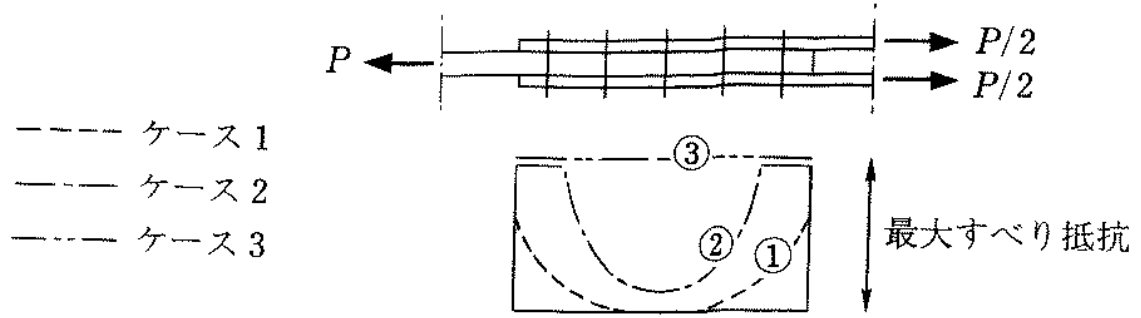


図 13.16 摩擦接合部の $P - \delta$ 曲線



(a) 3つの変位状態におけるすべりの状況



(b) すべり力の分布

図 13.17 摩擦接合部のすべり

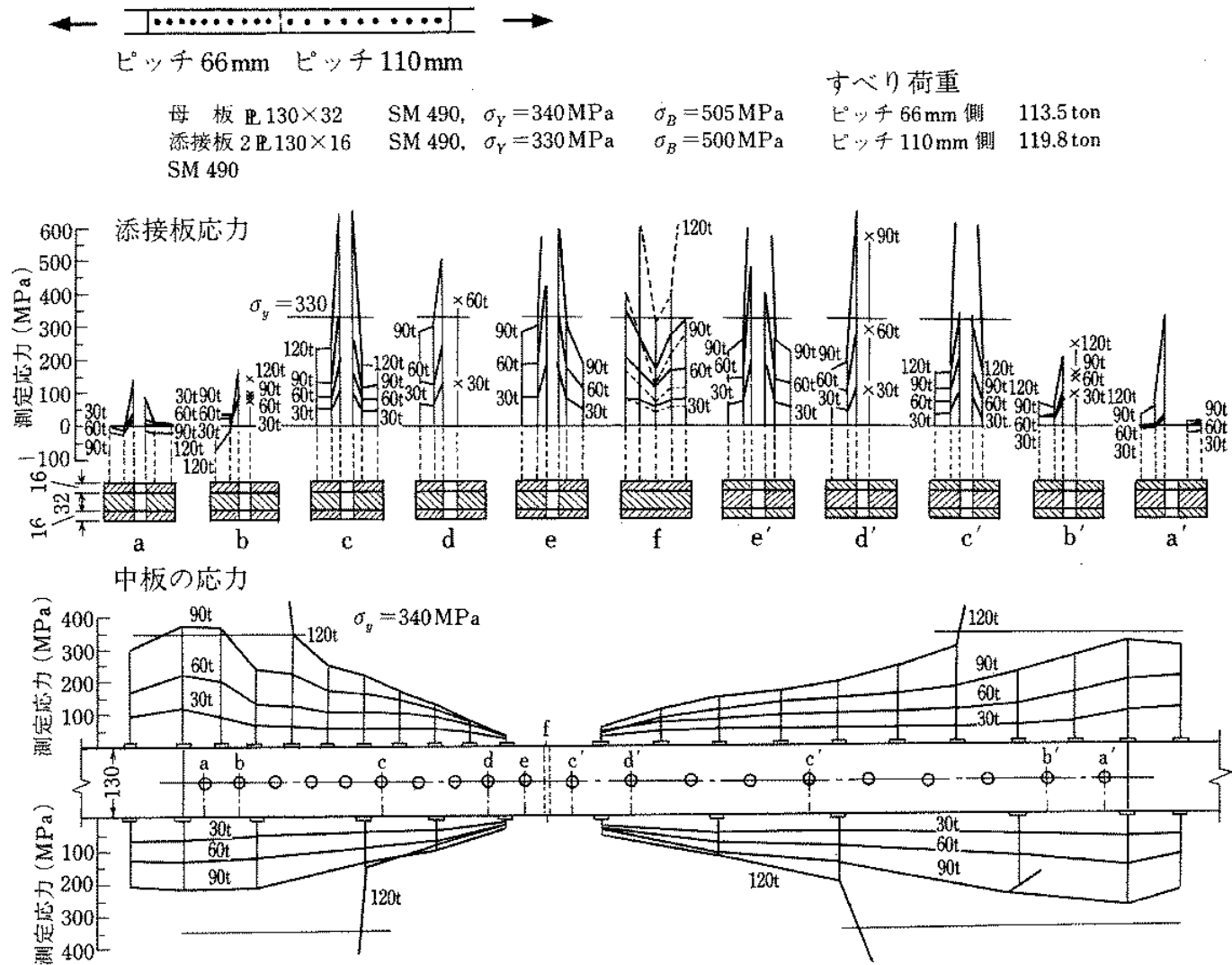


図 13.18 高力ボルト継手内の応力分布

13.8 高力ボルト 摩擦接合の設計

$$F8T : 0.85\sigma_Y A_e \quad F10T : 0.75\sigma_Y A_e$$

σ_Y : ボルトの耐力規定最小値

表 13.4 設計ボルト軸力

セット	ねじの呼び	設計ボルト軸力
	M20	13.3
F8T	M22	16.5
	M24	19.2
F10T	M20	16.5
	M22	20.5
	M24	23.8

道路橋示方書

表 13.5 摩擦接合用高力ボルトの許容力

(1 ボルト 1 摩擦面当り)			
	F8T	F10T	S10T
M20	31	39	39
M22	39	48	48
M24	45	56	56

すべりに対する許容力

$$\rho_a = \frac{1}{\nu} \mu N_d n$$

ν : すべりに対する安全率 1.7

μ : すべり係数 0.4

N_d : 設計ボルト軸力

n : 摩擦面数

- 最小中心間隔 → (表 13.6)
- 最大中心間隔 → (表 13.7)
- 最小縁端距離 → (表 13.9)

高力ボルト 摩擦接合の設計

$$\rho_{p_i} = \frac{p_i}{n_i} \leq \rho_a$$

ρ_{p_i} : i 列目のボルト1本に作用する力

p_i : 接合線片側の i 列目ボルト群に作用する力

n_i : 接合線片側の i 列目ボルト群のボルト本数

ρ_a : ボルト1本当りの許容すべり強度

- 一様な応力 : $n \geq \frac{P}{\rho_a}$
- せん断力 : 各ボルトが一様に力を負担
 $n \geq \frac{S}{\rho_a}$ S : せん断力

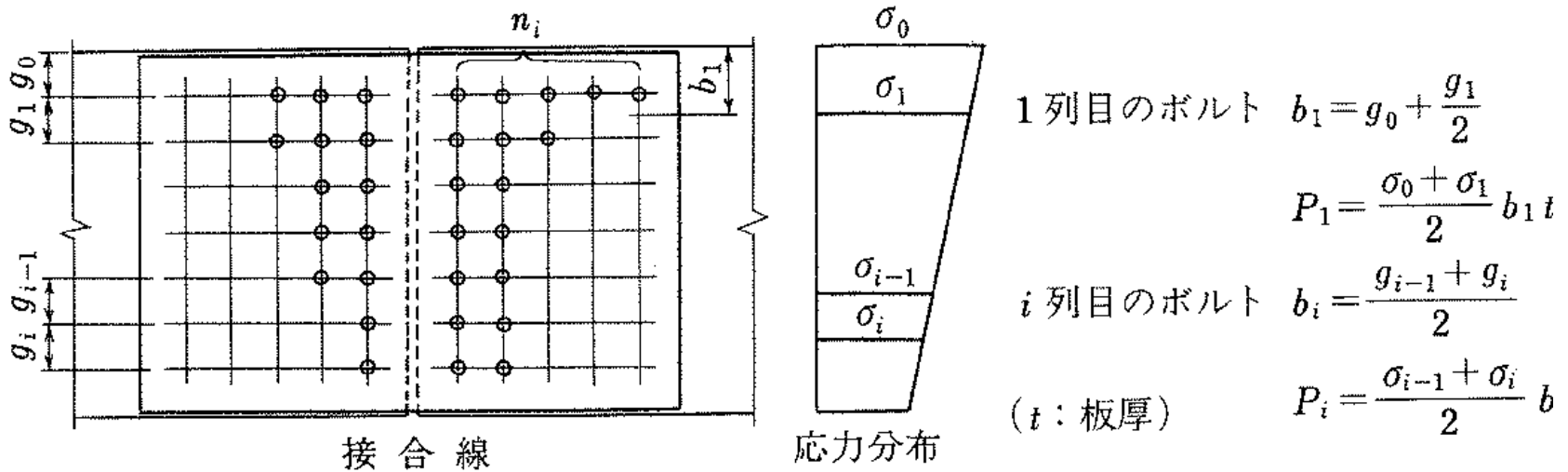


図 13.19 継手部の応力分布とボルトに作用する力

曲げモーメントを受ける板

ウェブに作用する曲げモーメント M_w

$$M_w = M \cdot \frac{I_w}{I}$$

フランジに作用する軸方向力 P_f

$$P_f = M \cdot \frac{A_{fg} y_f}{I}$$

M : 部材に作用する曲げモーメント

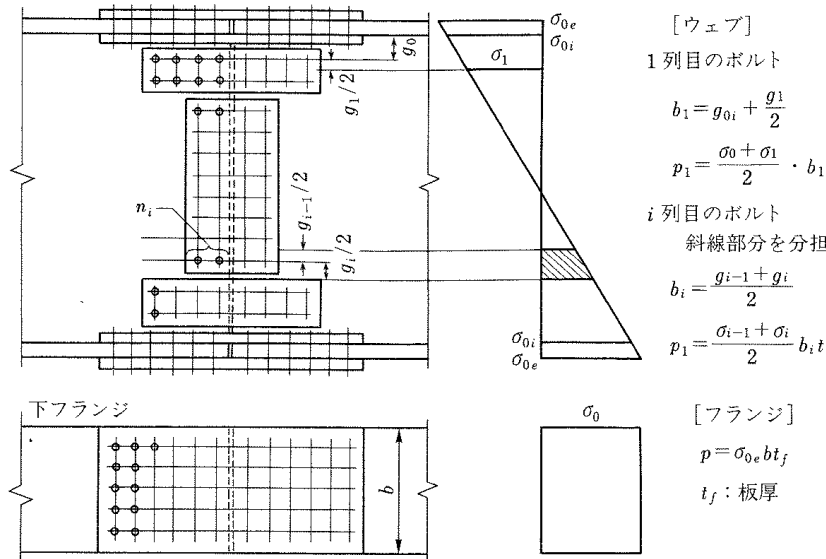
P_f : フランジに作用する軸方向力

A_{fg} : フランジ総断面積

y_f : 総断面の中立軸からフランジ板厚中心線までの距離

I : 総断面の中立軸に関する総断面の断面 2 次モーメント

I_w : 総断面の中立軸に関するウェブの断面 2 次モーメント



[ウェブ]

1 列目のボルト

$$b_1 = g_{0i} + \frac{g_1}{2}$$

$$p_1 = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2} \cdot b_1 \cdot t$$

i 列目のボルト

斜線部分を分担

$$b_i = \frac{g_{i-1} + g_i}{2}$$

$$p_i = \frac{\sigma_{i-1} + \sigma_i}{2} b_i t$$

[フランジ]

$$p = \sigma_0 b t_f$$

t_f : 板厚

プレートガーダー橋のウェブ : $M + Q + N$

$$\rho = \sqrt{\rho_p^2 + \rho_s^2} \leq \rho_a$$

ρ : ボルト 1 本に作用する力

ρ_p : M, N による直応力によってボルト 1 本に作用する力

ρ_s : せん断力によってボルト 1 本に作用する力

ρ_a : ボルト 1 本当りの作用力

図 13.20 曲げを受ける梁の高力ボルト継手の設計

13.9 リベット 接合部および高力ボルト 接合部の疲労

- リベット 接合部
 - － 疲労強度は溶接継手部に比べて非常に高い
 - * 荷重伝達：リベット軸を介しての支圧とせん断
 - * リベット冷却時の収縮による圧縮力が導入される
 - － 1 リベット孔から疲労き裂の発生 → 隣接孔まで進展
ストップホールの役割 → 疲労に対して有利な構造
- 高力ボルト 摩擦接合部
 - － 疲労強度は溶接継手部に比べて非常に高い
 - － 現場施工において比較的信頼性が高い
 - * 疲労損傷の生じた構造物の補修・補強に有効

13.10 高力ボルトの遅れ破壊

- 遅れ破壊

- 水素ぜい化による割れ（陰極反応）
- 応力腐食による割れ（陽極反応）

- * F11T 以上の高力ボルトで報告
- * 都市内高架構造：破損したボルトの落下事故
- * 遅れ破壊防止 → 鋼橋 F10T, F8T