

§ 4 接合部の試設計

ここでは、本文でまとめた設計手順に従って、接合部の試設計を行った例を示す。

これを通して、本文における記述の具体的な引用や設計の考え方を説明することを目的としてまとめている。

そのために計算の過程において、より詳細な記述を省略した部分もある。以下に、試設計における検討条件や、検討範囲等を明記しておく。

- 1) 主桁断面は、試設計の簡便さから、矩形多室箱桁とした。
- 2) 設定した断面力は、大型クラスの斜張橋を想定した。
- 3) 接合部において、鋼桁及びコンクリート桁は独立に全断面力に対して設計されていること。(本書では、その部分の設計は取り扱わない。)
- 4) PC桁のPC鋼材定着部は設計されていること。(ここでは、その部分の設計は取り扱わない。)
- 5) 接合部は、セル構造としている。鋼桁にトラフリブの使用を想定して、セル割りの基本幅を640mmとした。尚、隣接する鋼桁のリブと、またPC桁のPC鋼材や鉄筋との詳細な具体的取り合いの検討は行っていない。
- 6) 試設計は、断面力の大きい主桁のコーナー部及びフランジ部について実施している。ウェブの設計は、これらに準じて設計ができると考え、検討を省略した。
- 7) コンクリートの許容応力度は下記を摘要する。
圧縮応力 ; 140kgf/cm²(曲げ圧縮)
引張応力 ; 30kgf/cm²(3.4.4(3) 解説)
- 8) 接合部は全断面有効として扱う。

4. 1 設計条件

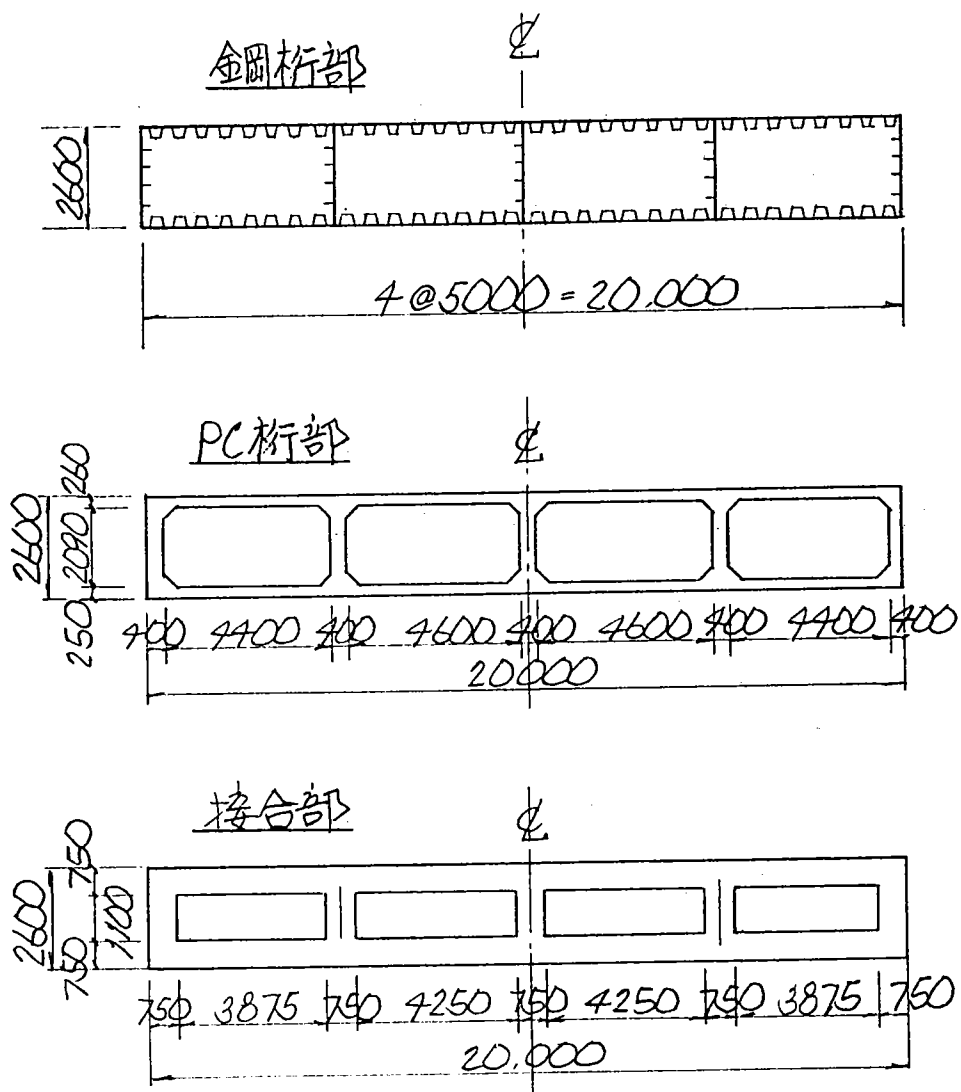
4. 1. 1 接合部の断面力(常時換算値)

(tf, tf-m)

ケース	面内 曲げモーメント M_x	面外 曲げモーメント M_y	面内 せん断力 S_y	面外 せん断力 S_x	軸力 N	振じり モーメント T	備考
1	7400	300	800	0	-9200	500	常時
2	3700	7700	600	0	-8600	100	常時
3	4000	5300	700	0	-8500	2100	常時
4	4700	35900	800	400	-8900	800	地震

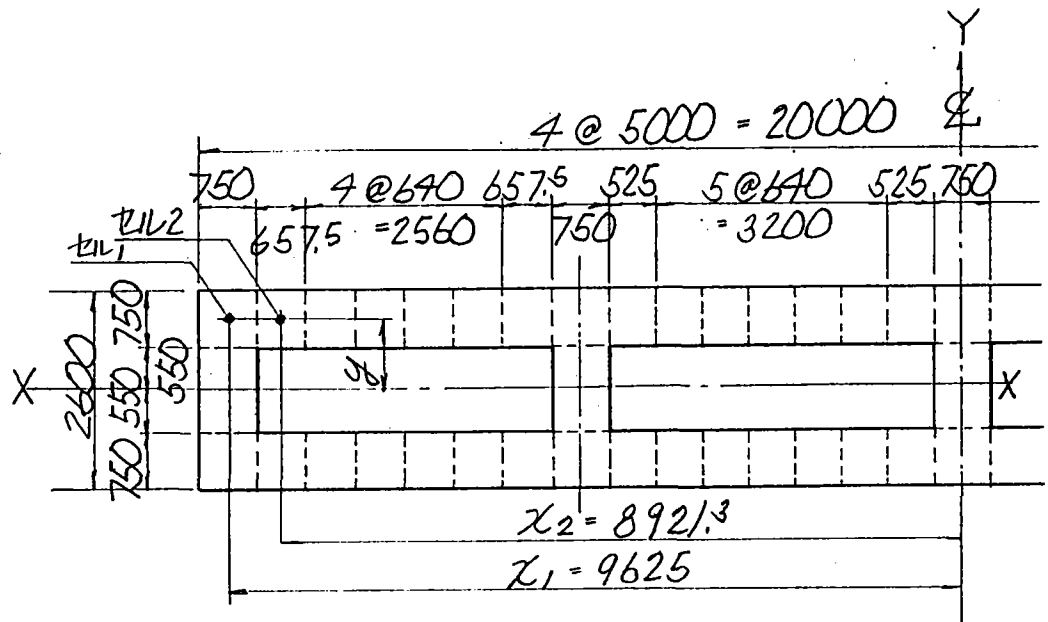
*地震時の許容応力度の割増し係数は1.5。

4. 1. 2 主桁断面



4. 2 単位セル当たりの断面力の算定

4. 2. 1 垂直応力度



上図の断面性能は下記に記す

断面積 $A = 34.124 \text{ m}^2$ $x_1 = 9.625 \text{ m}$
 断面二次モーメント $I_x = 27.491 \text{ m}^4$ $x_2 = 8.921 \text{ m}$
 " $I_y = 1170.566 \text{ m}^4$ $y = 0.925 \text{ m}$

ケース	N (tf)	M_x (tf-m)	M_y (tf-m)	① $\sigma_N = N/A$	② $\sigma_{MX} = M_x * y / I_x$	③ $\sigma_{MYI} = M_y * x_1 / I_y$	④ $\sigma_{MYZ} = M_y * x_2 / I_y$
1	-9200	7400	300	-27.0	24.9	0.3	0.2
2	-8600	3700	7700	-25.2	12.4	6.3	5.9
3	-8500	4000	5300	-24.9	13.5	4.4	4.0
4	-8900	4700	35900	-26.1	15.8	29.5	27.4

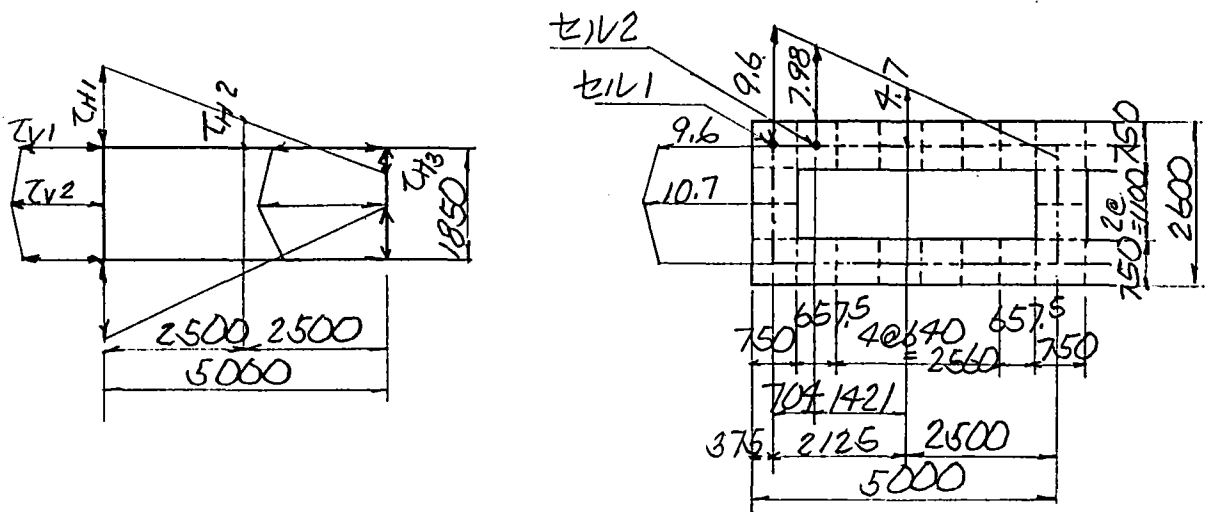
ケース	セル1 の応力度 $\sigma_1 = ① \pm ② \pm ③$	セル2 の応力度 $\sigma_2 = ① \pm ② \pm ④$
1	-52.2(-1.8)	-52.1(-1.9)
2	-43.9(-6.5)	-43.5(-6.9)
3	-42.8(-7.0)	-42.4(-7.4)
4	-71.4(19.2)	-69.3(17.1)

単位 (kgf/cm²)

4. 2. 2 セン断応力度

着目セル部のせん断応力度。

ケース	S_y (tf)	S_x (tf)	T (tf-m)	τ_{H1} (kgf/cm ²)	τ_{H2} (kgf/cm ²)	τ_{H3} (kgf/cm ²)	τ_{V1} (kgf/cm ²)	τ_{V2} (kgf/cm ²)
1	800	0	500	7.9	2.3	-4.3	-7.9	-9.1
2	600	0	100	---	---	---	---	---
3	700	0	2100	9.6	4.7	-1.1	-9.6	-10.7
4	800	400	800	8.7	3.6	-2.4	-8.7	-9.6



4. 2. 3 着目セルの軸力及びせん断力

軸力 (ケース4が最大)

	セル中心の応力度 (kgf/cm ²)		1セル当たりの軸力 (tf)	
	圧縮	引張	圧縮	引張
セル1	-71.4	19.2	-401.6	108.0
セル2	-69.3	17.1	-340.3	84.3

せん断力 (ケース3が最大)

	セル中心のせん断 応力度 (kgf/cm ²)		1セル当たりの せん断力 (tf)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
セル1	9.60	9.60	54.0	54.0
セル2	7.98	---	39.4	---

<p>4. 3 設計方針及び基本構造</p> <p>4. 3. 1 設計方針</p> <p>(1) 後面プレート方式とする。</p> <p>(2) ずれ止めは頭付スタッドを用いる。</p> <p>(3) 鋼桁からコンクリート桁への力の伝達は支圧板とスタッドで分担させる。</p> <p>1) 圧縮力は、支圧板とスタッドで中詰コンクリートへ伝達するものとする。</p> <p>2) 引張力は、地震時にのみ発生し、その値は小さいため、支圧板、スタッドの設計に対しては省略する。</p> <p>3) せん断力は、スタッドで中詰コンクリートへ伝達するものとする。</p> <p>4. 3. 2 接合部の厚さ及び長さ。</p> <p>(1) 接合部の厚さは750 mmとする。</p> <p>(2) 継手部の長さは厚さの3倍(2250 mm)とする。</p> <p>(3) 鋼桁及びPC桁の断面厚から接合部断面厚への摺付けは1:5とする。</p> <p>4. 3. 3 スタッドの荷重分担率</p> <p>圧縮力を伝達する場合のスタッドの荷重分担率は35%とする。</p>	<p>3.3.1 基本構造(1)。</p> <p>3.4.1 ずれ止め。</p> <p>3.3.1 基本構造(2)。</p> <p>3.3.2 接合部の厚さ及び長さ。</p> <p>3.4.5 構造細目。</p> <p>3.3.3 荷重分担率。</p>
---	--

4. 4 各部の設計

4. 4. 1 スタッドの設計

- (1) スタッドは上、下面及び側面プレートに配置する。
- (2) スタッドに作用するせん断力は三角形分布とする。
- (3) 軸力（圧縮力）作用時のスタッドの荷重分担率は35%とする。
- (4) 頭付スタッド22φ*130を使用する。
- (5) スタッドの許容せん断力Q_a

$$H/d = 130/22 = 5.9 \geq 5.5$$

$$\sigma_{ck} = 400 \text{kgf/cm}^2 \text{とする。}$$

$$Q_a = 30d^2 \sqrt{\sigma_{ck}}$$

$$= 30 \times 2.2^2 \sqrt{400} = 2904 \text{kgf/本}$$

(6) 設計断面力

	1セル当たりの 軸力 (tf) (圧縮)	1セル当たりの せん断力 (tf)	
		水平方向	鉛直方向
セル1	-401.6	54.0	54.0
セル2	-340.3	39.4	----

(7) 軸力に対して

↓ 三角分布

$$\boxed{\text{セル1}} \quad Q_{N1} = \frac{401.6 \times 35\% \times 2}{156} = 1.802 \text{tf/本} < Q_a = 2.904 \text{tf/本}$$

$$\boxed{\text{セル2}} \quad Q_{N2} = \frac{340.3 \times 35\% \times 2}{130} = 1.832 \text{tf/本} < Q_a = 2.904 \text{tf/本}$$

(8) 水平方向せん断力に対して

↓ 三角分布

$$\boxed{\text{セル1}} \quad Q_{H1} = \frac{54.0 \times 100\% \times 2}{104} = 1.038 \text{tf/本} < Q_a = 2.904 \text{tf/本}$$

$$\boxed{\text{セル2}} \quad Q_{H2} = \frac{39.4 \times 100\% \times 2}{78} = 1.010 \text{tf/本} < Q_a = 2.904 \text{tf/本}$$

3.4.1 ずれ止め。

3.4.1(2)。

3.3.3 荷重分担率。

2.4.1(4) スタッドの許容せん断力。

(9) 鉛直方向せん断力に対して

側板のスタッドのみで伝達するものとする。

セル1
$$Q_{v1} = \frac{54.0 \times 100 \% \times 2}{52} = 2.076 \text{tf/本} < Q_a = 2.904 \text{tf/本}$$

(10) 合成応力度の照査

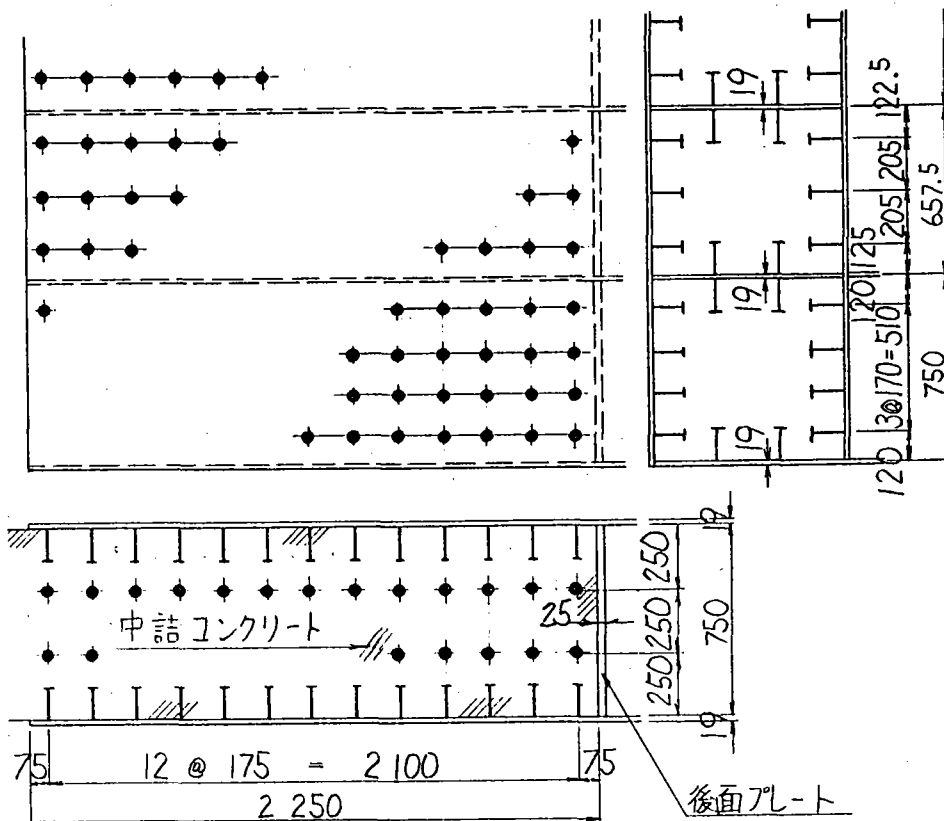
軸圧縮力と水平せん断力が同時に作用するとして、合成応力度を照査する。尚、セル1を照査対象とする。

$$Q = \sqrt{Q_{N1}^2 + Q_{v1}^2}$$

$$= \sqrt{1.802^2 + 2.076^2} = 2.749 \text{tf/本} < Q_a = 2.904 \text{tf/本}$$

(11) スタッド配列
スタッド配列は下図とする

3.4.1(5) 二方向せん断力を受ける場合。



4. 4. 2 支圧板（後面プレート）の設計

支圧板は軸圧縮力を伝達させる。スタッドとの作用力の分担はあるが、ここでは安全側を考慮して、軸圧縮力を100%受けるものとして設計する。尚、設計対象は セル1 とする。

3.3.3 荷重分担率 2)。

(1) 支圧板の板厚

3.4.2 支圧板(1)

セル1の上、下フランジを支間とする単純梁として、必要板厚を求める。

$$S = \frac{N}{2} = \frac{401.6}{2} = 200.8 \text{tf}$$

$$t = \frac{S}{75 * \tau_a} = \frac{200.8}{75 * 1.2} = 2.23 \text{ cm} < \text{使用} 2.5 \text{ cm (SM490Y 材)}$$

$$\tau_a = 1.2 \text{tf/cm}^2 \text{ (SM490Y)}$$

(2) 上、下板の応力照査 (SM490Y材)

1) 軸圧縮力に対して

$$\begin{aligned} \sigma &= 401.6 * 10^3 / 2 * 1.9 * 75 \\ &= 1409 \text{kgf/cm}^2 < \sigma_a = 2100 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

2) 水平方向せん断力に対しては片側のプレートで抵抗するものとする。

$$\begin{aligned} \tau &= 54.0 * 10^3 / 1.9 * 75 \\ &= 378 \text{ kgf/cm}^2 < \tau_a = 1200 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

4. 4. 3 中詰コンクリートの照査

(1) 圧縮応力度 ($\sigma_{cx}=400\text{kgf/cm}^2$)

4.2.1 より、ケース4 (地震時) で照査する。常時換算値を使用

$$\boxed{\text{セル1}} \quad \sigma_c = 71.4\text{kgf/cm}^2 < \sigma_{ca} = 140\text{kgf/cm}^2$$

$$\boxed{\text{セル2}} \quad \sigma_c = 69.3\text{kgf/cm}^2 < \sigma_{ca} = 140\text{kgf/cm}^2$$

(2) 引張応力度

4.2.1 より、ケース1 ~3(常時) では生じない。

ケース4 (地震時) では下記の引張応力度が生じる。
(常時換算前の値に戻す)

$$\boxed{\text{セル1}} \quad \sigma_t = 19.2 * 1.5 = 28.8\text{kgf/cm}^2 < 30\text{kgf/cm}^2$$

$$\boxed{\text{セル2}} \quad \sigma_t = 17.1 * 1.5 = 25.1\text{kgf/cm}^2 < 30\text{kgf/cm}^2$$

発生応力度は 30kgf/cm^2 以下であるため、(コンクリートを全断面有効とした) 本方法による計算応力度をもとに、補強鉄筋量を計算する。セル1 に対して計算する。

必要鉄筋断面積(SD295A)

$$A_{s, req} = \frac{(75.0 \text{ cm} * 75.0 \text{ cm} * 28.8\text{kgf/cm}^2)}{1800 \text{ kgf/cm}^2}$$
$$= 90\text{cm}^2$$

セル1 内に、鉄筋D22 を25本格子状に配置する。
(平均 12.5cm ピッチ)

使用鉄筋断面積; A_s

$$A_s = 3.801\text{cm}^2 * 25\text{本} = 95.0\text{cm}^2 > A_{s, req} = 90\text{cm}^2$$

4. 4. 4 構造一般図

図-4.1 に構造一般図を示す。図に示すように、PC鋼材は、PC桁側から中詰コンクリート内に伸ばし、後面ルト位置で定着させている。

3.4.4 中詰コンクリート(2)。

3.4.4 中詰コンクリート(3)。

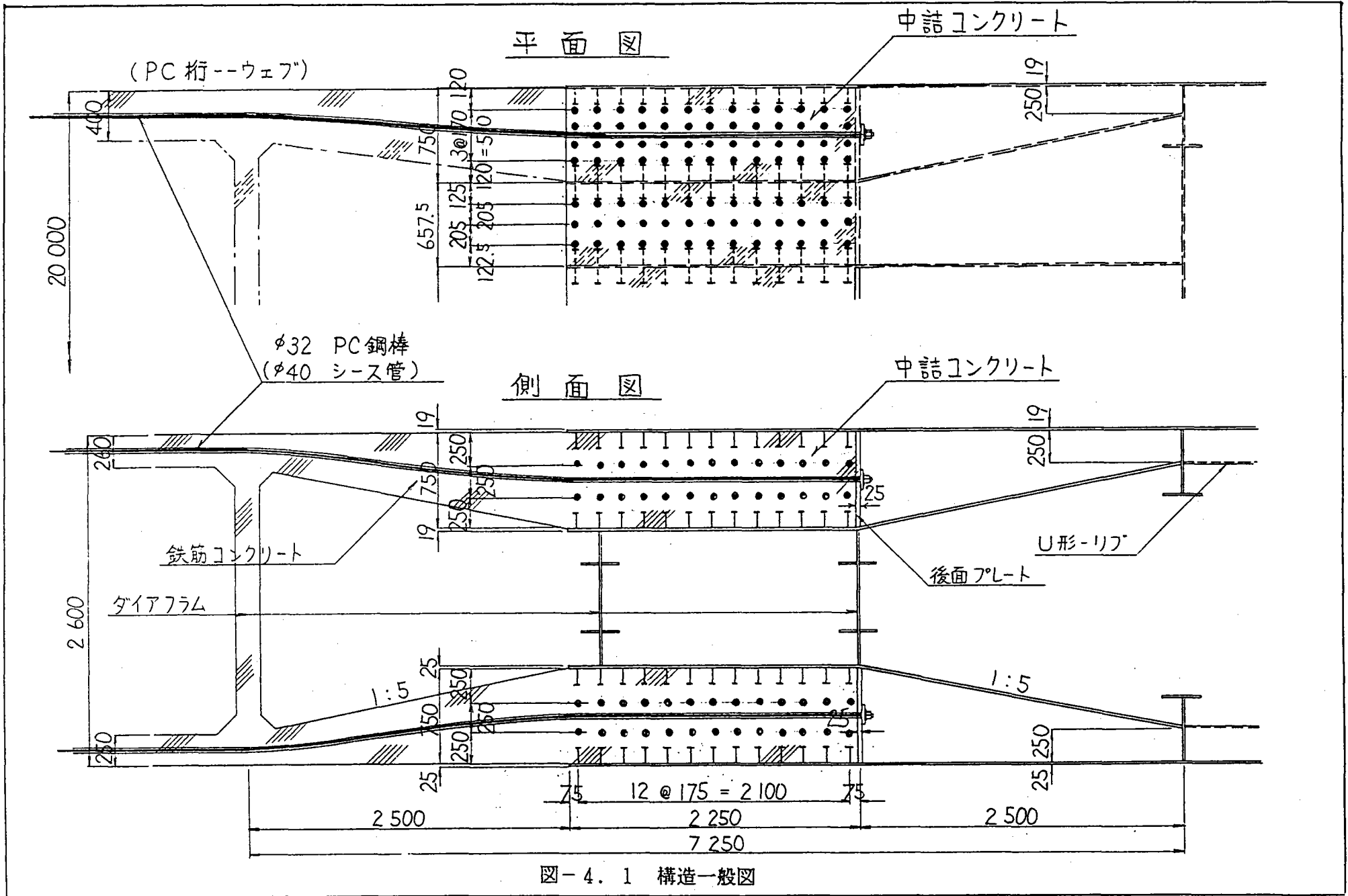


図-4.1 構造一般図