

4 章 PRC 橋のパラメータ解析

4.1 パラメータ解析

4.1.1 試設計の目的と対象構造物

前述の 3 章において、PRC 構造は PC 構造と比較すると相対的には疲労に対する影響を受けやすい構造であることが示された。本章は、PRC 構造の橋梁において、設計要素が設計結果に与える影響を把握することにより、疲労に対する影響がどう変動するかを検証することを目的とした試設計による影響要素分析結果¹⁾を示したものである。影響要素分析においては、以下の 4 項目の設計要素を考慮した。

- 1) 主桁断面形状
- 2) プレストレス導入度
- 3) クリープ係数
- 4) 乾燥収縮度

試設計は、3 径間連続箱桁構造とし、主桁断面形状は、箱桁、2 主版桁、中空床版の 3 種類について実施した。着目する断面は、曲げモーメントが最大あるいは最小となる側径間中央付近断面と中間支点断面の 2 ヶ所とした。

試設計の結果から以下の 4 項目の応答値について整理した。これらの応答値は設計荷重作用時だけでなく、静荷重作用時にも着目して整理を実施した。

- a) コンクリート縁応力度
- b) ひび割れ幅
- c) 鉄筋拘束力
- d) 鉄筋応力度

試設計による PRC 橋への影響要素分析のフローを図 4.1.1 に示す。

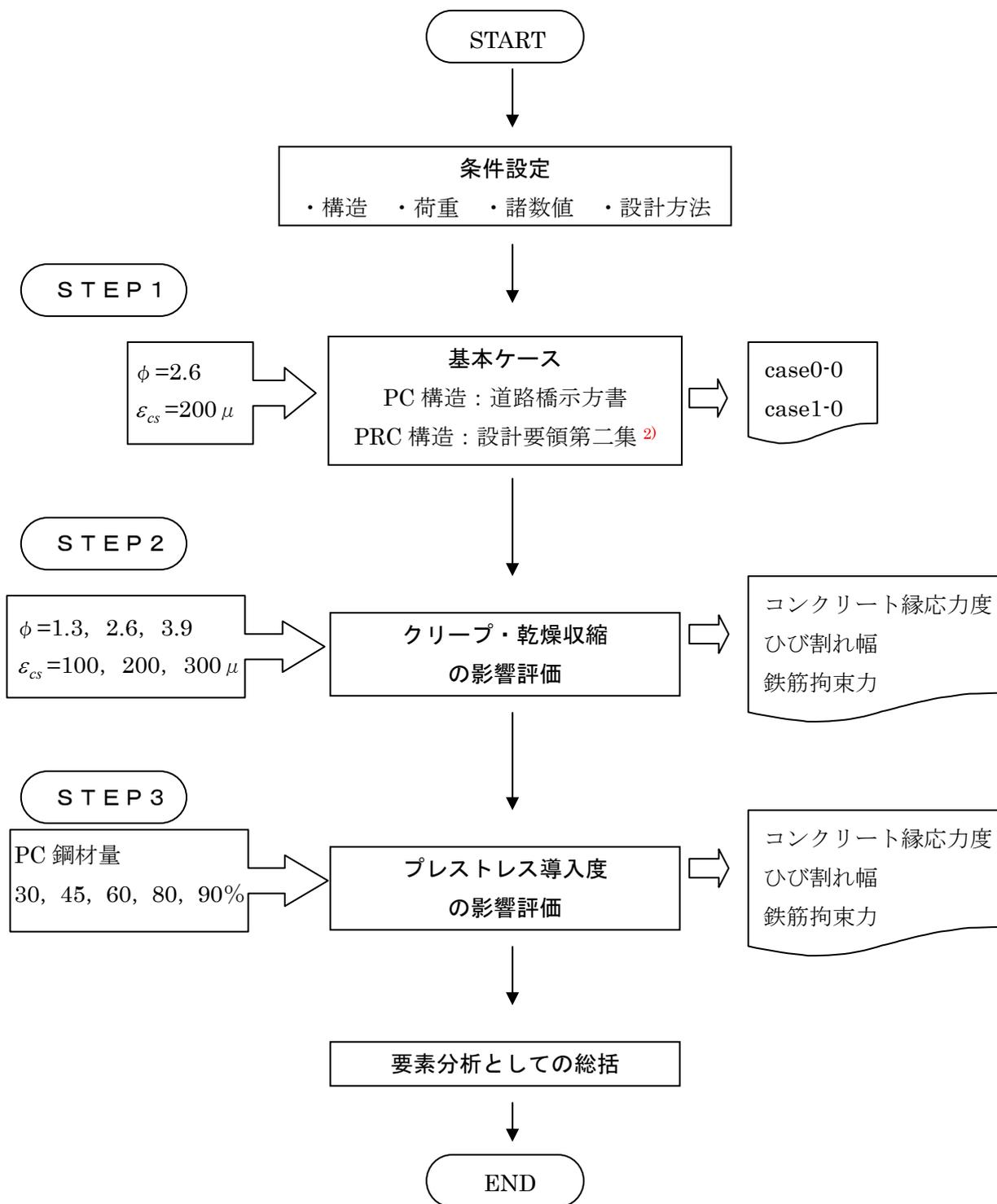


図 4.1.1 PRC 橋への影響要素分析

4.1.2 設計条件

(1) 試設計の対象構造物

本試設計において対象とした構造は、表 4.1.1 に示す 3 種類とした。

表 4.1.1 検討構造

断面	箱桁	2 主版桁	中空床版
支間割	3@50m	3@30m	3@25m
桁高	2.500m (1/20)	1.700m (1/18)	1.200m (1/22)

(2) 共通条件

幅員構成：全幅 10.400m (0.700m+9.000m+0.700m)

荷重 壁高欄： $w=10.54\text{kN/m}$ (片側) $\times 2=21.08\text{kN/m}$ (両側)

(中空床版は水切り未設置のため、

$w=9.44\text{kN/m}$ (片側) $\times 2=18.88\text{kN/m}$ (両側) とする)

アスファルト舗装： $t=75\text{mm}$ $w=1.69\text{kN/m}^2 \times 9.000\text{m}=15.21\text{kN/m}$

設計基準強度： $\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$ $E_c=2.98 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (導入時 $E_{ci}=2.49 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$)

PC 鋼材配置形式：内ケーブル方式 $\sigma_{pi}=1340\text{N/mm}^2$ $\lambda=0.004$ $\mu=0.3$

検討断面：中間支点断面、側径間 0.4L 断面

照査事項：設計荷重時の主方向の曲げモーメント及び軸力に対する検討のみ

静荷重時及び導入直後の応力照査は無視

考慮する荷重：死荷重 (プレ 2 次力、PRC では鉄筋拘束力を含む)、活荷重、衝撃

かぶり 純かぶり： $C=45\text{mm}$ (上下縁共通)

ひび割れ幅計算の軸方向鉄筋かぶり： $C=45+D16=61\text{mm}$ (上下縁共通)

クリープ係数 (基本ケース) 主桁自重載荷時： $\phi=2.6$ 、橋面荷重載荷時： $\phi=1.7$

乾燥収縮度 (基本ケース)

主桁自重載荷時： $\varepsilon_{cs}=200 \times 10^{-6}$ 、橋面荷重載荷時： $\varepsilon_{cs}=160 \times 10^{-6}$

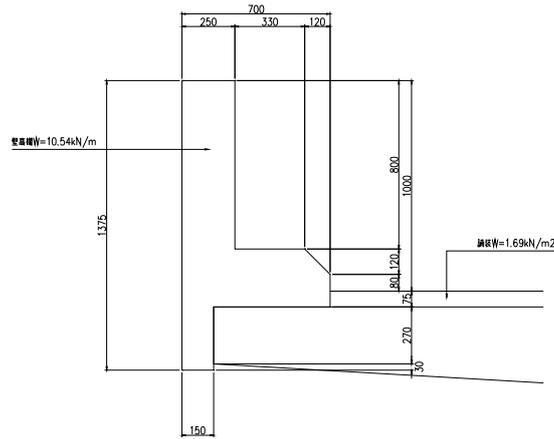


図 4.1.2 壁高欄寸法

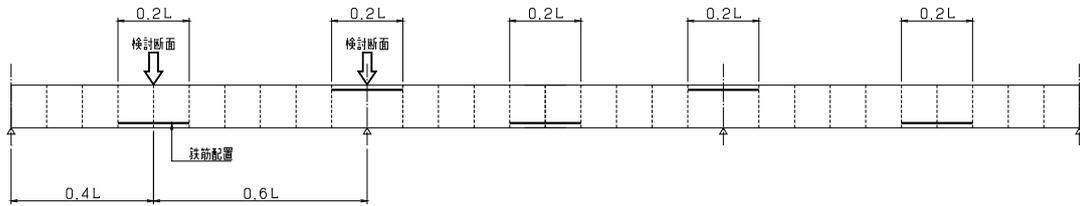


図 4.1.3 検討断面と鉄筋の配置

(3) 個別条件

本試設計で対象としたそれぞれの構造別設計条件を表 4.1.2 に示す。

表 4.1.2 構造別設計条件

断面	箱桁	2 主版桁	中空床版
配置 PC 鋼材	12S15.2BL	12S12.7BL	7S12.7BL
セット量	11mm	9mm*	7mm
シース内径	75mm	65mm	55mm
中間支点上の 曲げモーメント	低減する	低減しない	低減しない

※参考文献²⁾に準拠

(4) 試設計検討事項

case0-0 : PC 構造の設計 (道示準拠水準)

設計荷重作用時引張許容値 : 中間支点上縁 $0\text{N}/\text{mm}^2$ 支間中央下縁 $-1.38\text{N}/\text{mm}^2$

$$\phi = 2.6 \quad (\text{橋面荷重作用時 } \phi = 1.7) \quad \varepsilon_{cs} = 200\mu$$

プレストレス導入度は case0-0 のプレストレス量を 100%とした。

case1-0 : PRC 構造基本ケースの試設計 (参考文献²⁾ 準拠水準)

最大鉄筋量 : D25ctc100 を 1 段配置 (中間支点上縁、支間中央下縁)

許容ひび割れ幅 :

$$\text{中間支点上縁 } 0.0035C = 0.305\text{mm} \quad \text{支間中央下縁 } 0.0050C = 0.214\text{mm}$$

$$\phi = 2.6 \quad (\text{橋面荷重作用時 } \phi = 1.7) \quad \varepsilon_{cs} = 200\mu$$

① プレストレス導入度

$$\text{プレストレス導入度} = \frac{\text{PRC構造のPC鋼材量}}{\text{PC構造のPC鋼材量}}$$

② ひび割れ幅の算出 (参考文献³⁾ 準拠)

$$w = k \{4C + 0.7(C_s - \phi)\} \left(\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right)$$

$$\text{ただし } \varepsilon'_{csd} = 0$$

③ 鉄筋拘束の影響

有効プレストレス力の算出式

$$\Delta\sigma_{p\phi} = \frac{n \cdot \phi \cdot \sigma_{cp} + E_p \cdot \varepsilon_{cs}}{1 + \alpha \left(1 + \frac{\phi}{2} \right)}$$

ただし、

$$\alpha = n \cdot A_{P+S} \cdot \left(\frac{1}{A_C} + \frac{e_{P+S}^2}{I_C} \right) \quad A_{P+S} = A_P + \frac{E_P}{E_S} \cdot A_S$$

鉄筋応力度変化量の算出式

$$\Delta\sigma_{s\phi} = \frac{E_s}{E_p} \times \Delta\sigma_{p\phi}$$

鉄筋拘束力による断面力の算出式

$$N_S = -\Delta\sigma_{s\phi} \cdot A_S$$

$$M_S = N_S \cdot e_S$$

(5) PRC 構造のパラメータ解析

case1-0 (PRC 構造の基本ケース) を元に、クリープ係数 $\phi=1.3$ 、 2.6 、 3.9 の 3 ケースを、乾燥収縮度 $\varepsilon_{cs}=100\mu$ 、 200μ 、 300μ の 3 ケースを組合わせた解析を行なった。

クリープ係数 $\phi=2.6$ 、乾燥収縮度 $\varepsilon_{cs}=200\mu$ としてプレストレス導入度を变化させたケースに対しては、許容ひび割れ幅となる鉄筋量を算出した。鉄筋量の算出においては、静荷重作用時の応力度制御及び設計荷重作用時の鉄筋応力度に制限は設けなかった。

配置鉄筋量は鉄筋径にかかわらず、引張側に 1 段配置 (中間支点上縁、支間中央下縁) とした。

プレストレス導入度が同じケースでは、鉄筋量を一定とし、クリープ係数 ϕ と乾燥収縮度 ε_{cs} だけを変化させた。

試設計では、特に明示しない限り、鉄筋拘束力による 2 次力及び圧縮鉄筋の影響は考慮していない。

パラメータ解析におけるクリープ係数と乾燥収縮度の組合せを表 4.1.3 に示す。

表 4.1.3 クリープ係数と乾燥収縮度の組合せ

		クリープ係数 ϕ		
		1.3	2.6	3.9
乾燥収縮度 ε_{cs}	100 μ	—	④	—
	200 μ	②	①	③
	300 μ	—	⑤	—

注) 表中の番号は、「4.1.7 結果一覧表」に示す試設計番号である。

4.1.3 構造概要

(1) 箱桁

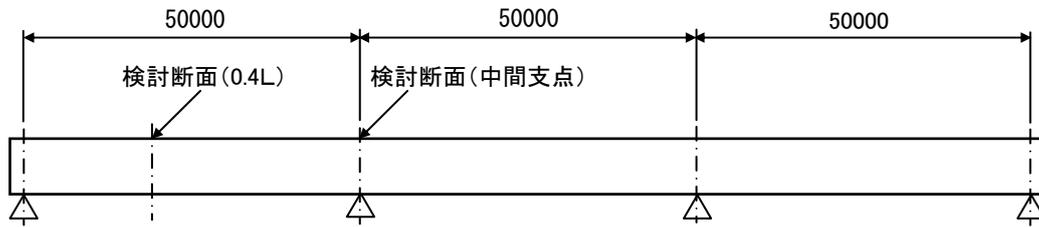


図 4.1.4 支間割

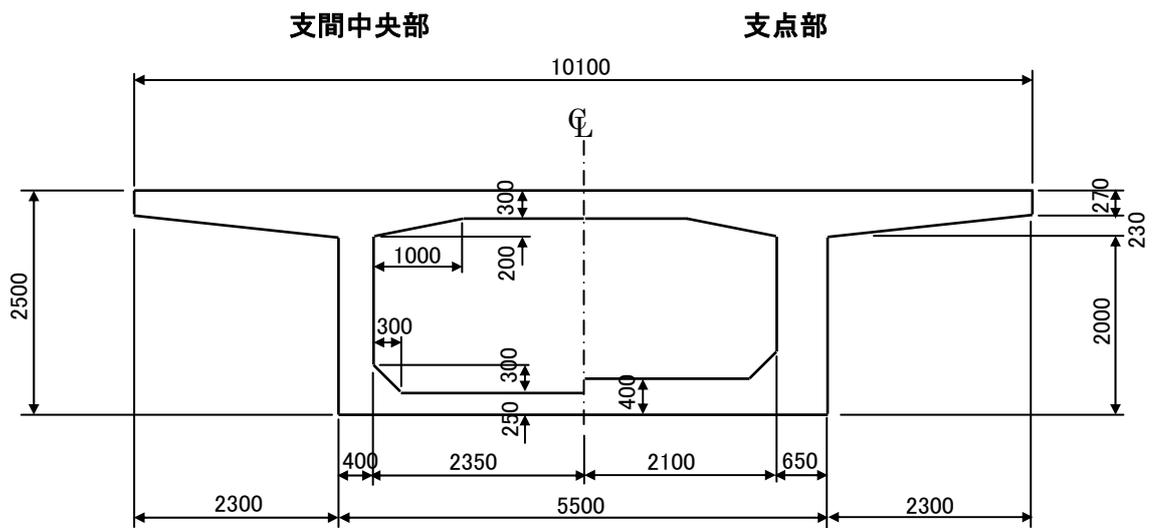
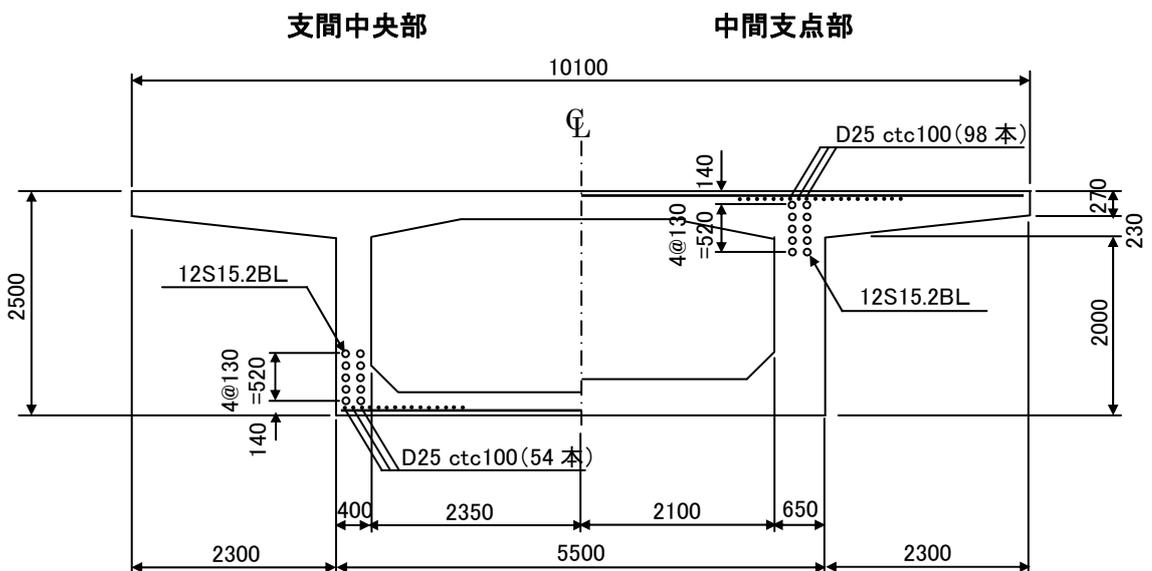


図 4.1.5 断面形状



注) 計算に考慮した軸方向鉄筋は、下床版は下筋ならびに上床版は上筋の一段のみとした。

図 4.1.6 PC 鋼材配置 (PC 構造、12S15.2BL、N=20)

(2) 2主版桁

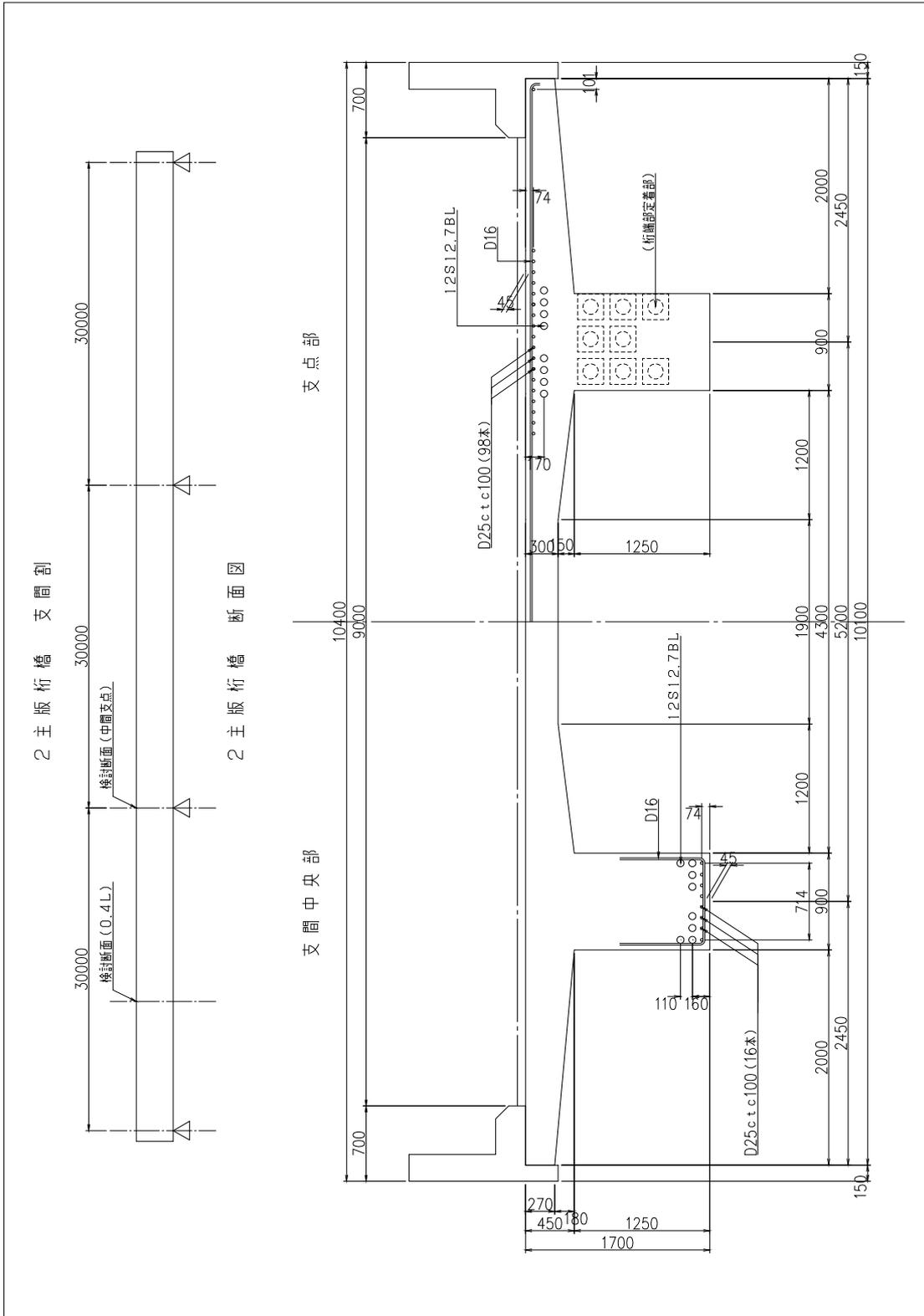
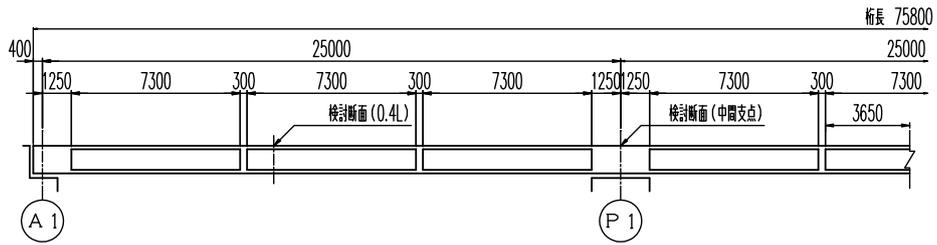


图4.1.7 2主版桁

(3) 中空床版



注) 側面図は主桁の右半分を描いており、左右対称形状とする。

図 4.1.8 支間割

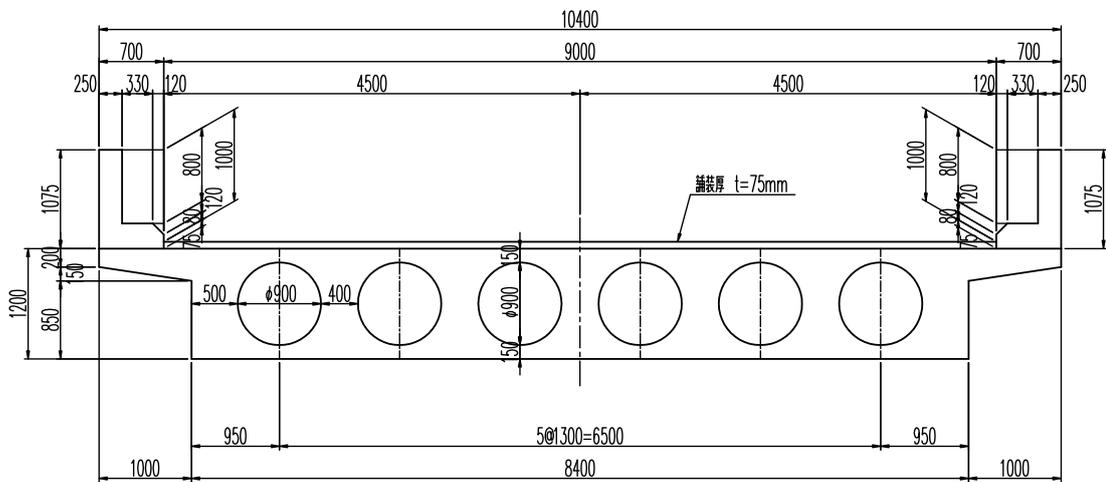


図 4.1.9 断面形状

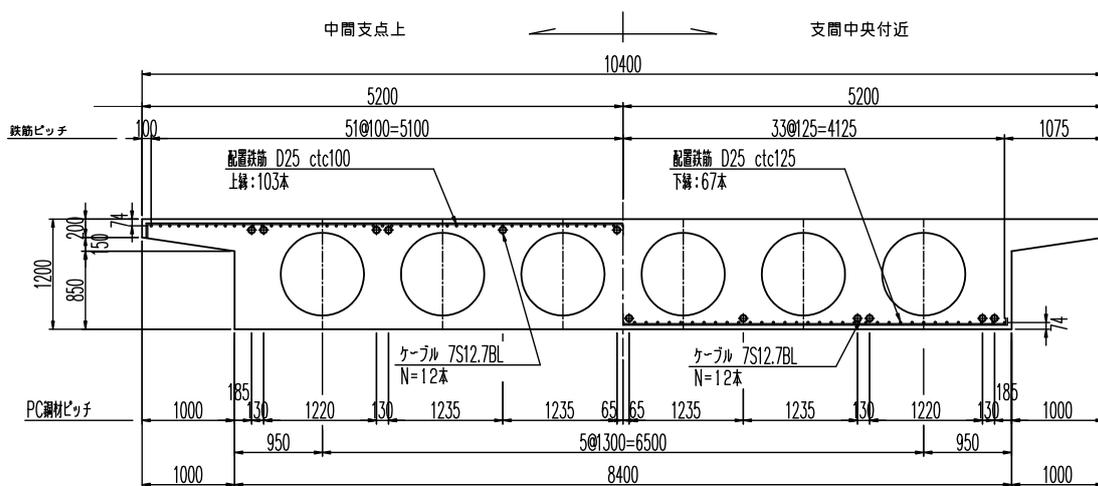


図 4.1.10 PC 鋼材配置 (PRC 構造、7S12.7BL、N=12 本)

4.1.4 プレストレス導入度と発生応力度

試設計の結果について、プレストレス導入度をパラメータとしてグラフ化し、縁応力度やひび割れ幅、及び鉄筋拘束力などに着目して整理した。縁応力度やひび割れ幅は、算定時の部材剛性（全断面有効）や荷重状態として最も重要な静荷重作用時に着目した。

プレストレス導入度は、道路橋示方書に準拠してPC構造として設計した場合(case0-0)を「導入度 100%」の状態とし、PC鋼材量比（配置本数の比）によって、ほぼ均等間隔となる5ケースのPRC橋の試設計を行った。各ケースのプレストレス導入度を表4.1.4に示す。

表 4.1.4 プレストレス導入度と配置本数

		PRC構造					PC構造
		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5	case0-0
箱 桁 (12S15.2BL)	プレストレス導入度(%)	30	45	60	80	90	100
	配置本数	6	9	12	16	18	20
2主版桁 (12S12.7BL)	プレストレス導入度(%)	31	47	63	80	94	100
	配置本数	5	7.5	10	12.8	15	16
中空床版 (7S12.7BL)	プレストレス導入度(%)	21	32	43	64	79	100
	配置本数	6	9	12	18	22	28

(1) 断面形状による影響

ここでは、3タイプの断面形状による影響を把握するため、それぞれ各導入度の状態に応じて、設計荷重時（活荷重作用時）の曲げひび割れ幅が許容幅を満足するよう、鉄筋量を設定した。各ケースの配置鉄筋量を表4.1.5に示す。

なお、クリープ係数及び乾燥収縮度はそれぞれ $\phi=2.6$ 、 $\varepsilon=200\mu$ とし、ひび割れ幅算出式中のクリープ、乾燥収縮の影響は $\varepsilon_{csd}=0$ とした。

表 4.1.5 プレストレス導入度と配置鉄筋量

		PRC構造					
		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5	
箱 桁	プレストレス導入度(%)	30	45	60	80	90	
	配置鉄筋量	側径間中央(下縁)	D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		中間支点(上縁)	D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
2主版桁	プレストレス導入度(%)	31	47	63	80	94	
	配置鉄筋量 (mm ²)	側径間中央(下縁)	D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	-----
		中間支点(上縁)	D25ctc100	D19ctc100	D6ctc250	-----	-----
中空床版	プレストレス導入度(%)	21	32	43	64	79	
	配置鉄筋量	側径間中央(下縁)	D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		中間支点(上縁)	D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc125	D6ctc225

① 各断面形状に対するプレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

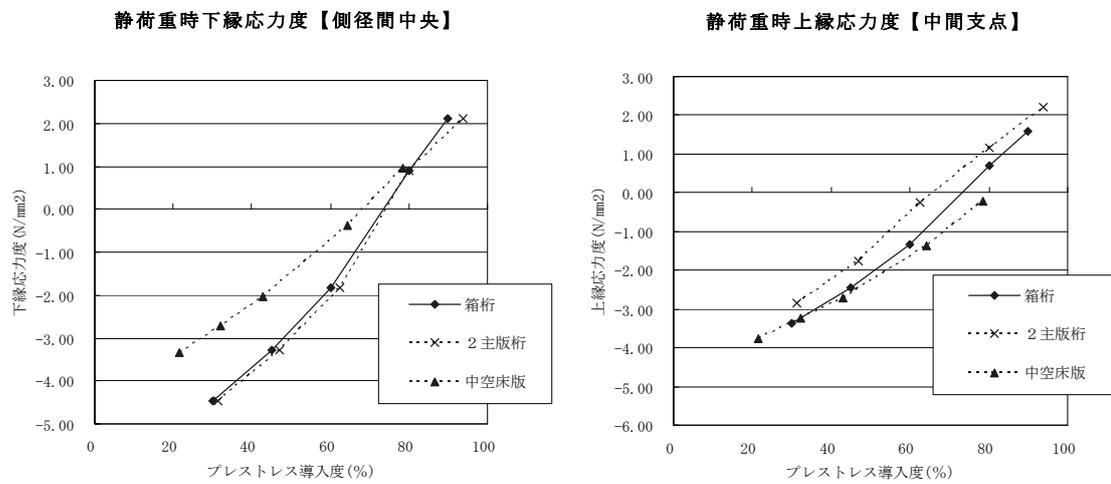


図 4.1.11 プレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

② 各断面形状に対するプレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

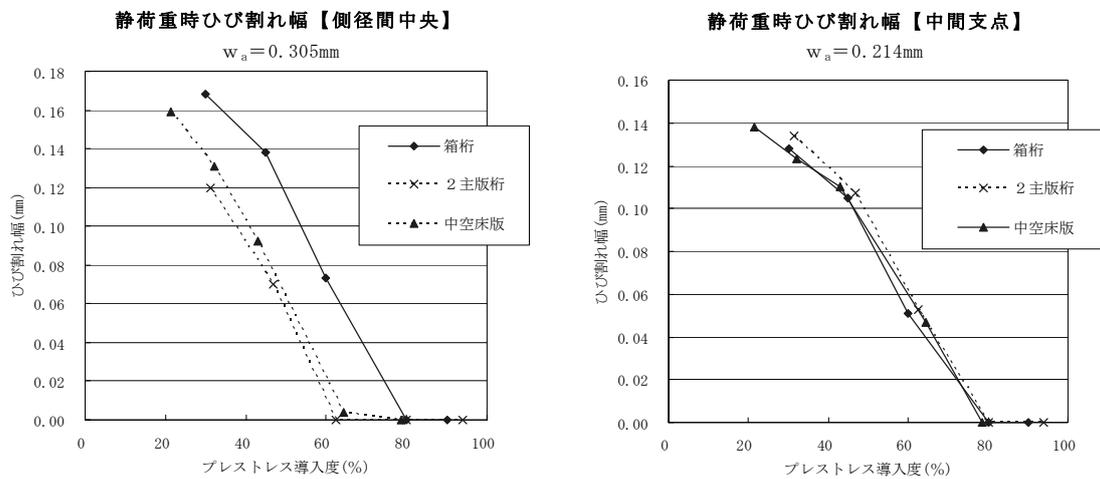


図 4.1.12 プレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

③ 各断面形状に対するプレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）

※負：引張力

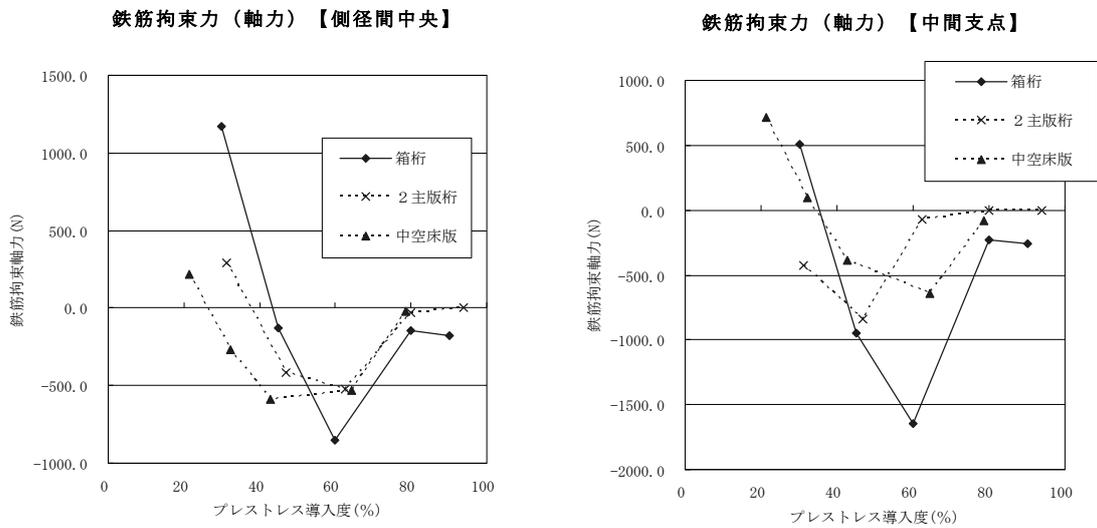


図 4.1.13 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（静荷重時）

④ 各断面形状に対するプレストレス導入度と鉄筋量比率

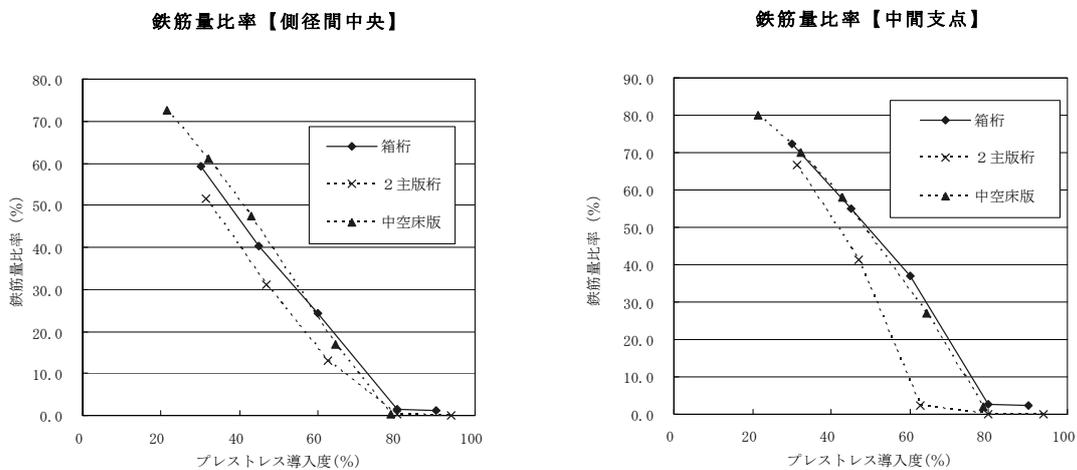


図 4.1.14 プレストレス導入度と鉄筋量比率

鉄筋量比率は、引張側の全鋼材（PC 鋼材＋鉄筋）に対する鉄筋の比率を示す。比率は、降伏点応力度（ σ_{py} 、 σ_{sy} ）に換算して算出した。

$$\text{鉄筋量比率} = \frac{A_s \times \sigma_{sy}}{A_p \times \sigma_{py} + A_s \times \sigma_{sy}}$$

4.1.5 クリープによる影響

ここでは、クリープによる影響を把握するため、3タイプの断面形状毎にクリープ係数を設計値の±50%とした場合の3ケース（ $\phi=1.3, 2.6, 3.9$ ）について試設計を行った。

鉄筋量は表 4.1.5 の値とし、乾燥収縮度は $\epsilon_{cs}=200\mu$ の一定値とした。また、ひび割れ幅算出式中のクリープ、収縮の影響は $\epsilon'_{csd}=0$ とした。

① クリープ係数に対するプレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

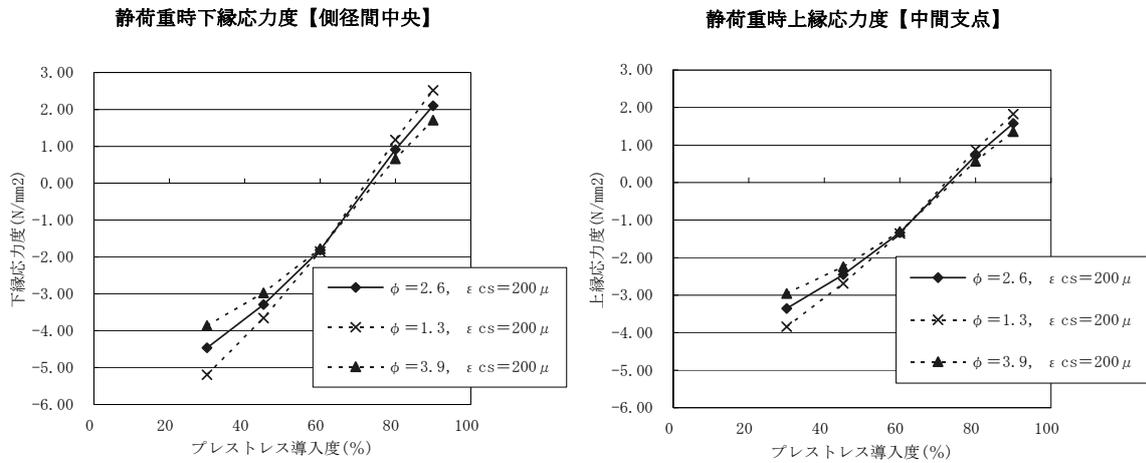


図 4.1.15 プレストレス導入度と縁応力度（箱桁）

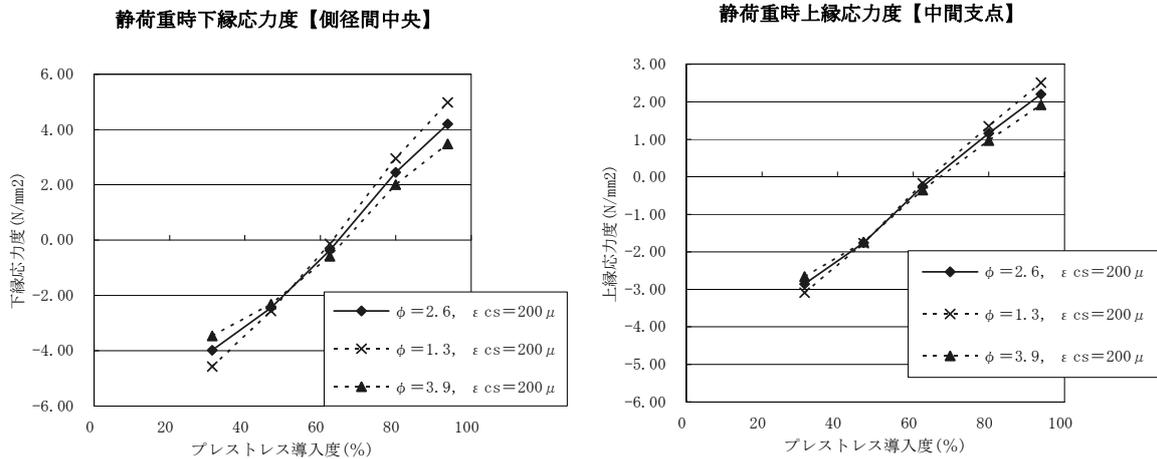


図 4.1.16 プレストレス導入度と縁応力度（2 主版桁）

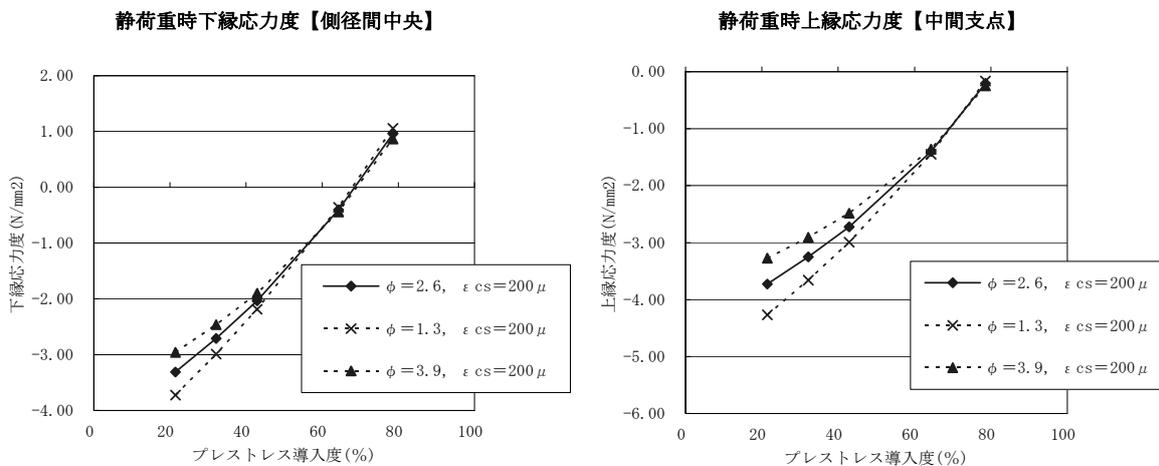


図 4.1.17 プレストレス導入度と縁応力度（中空床版）

② クリープ係数に対するプレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

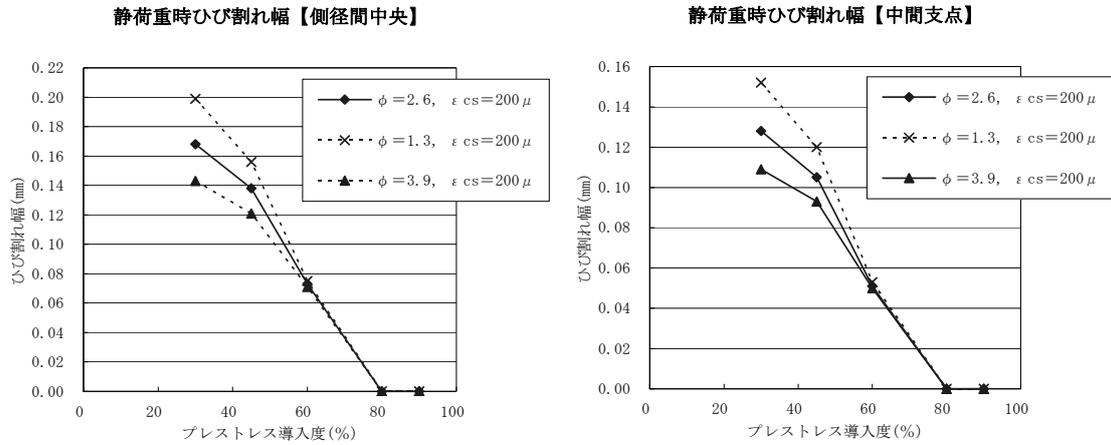


図 4.1.18 プレストレス導入度とひび割れ幅（箱桁）

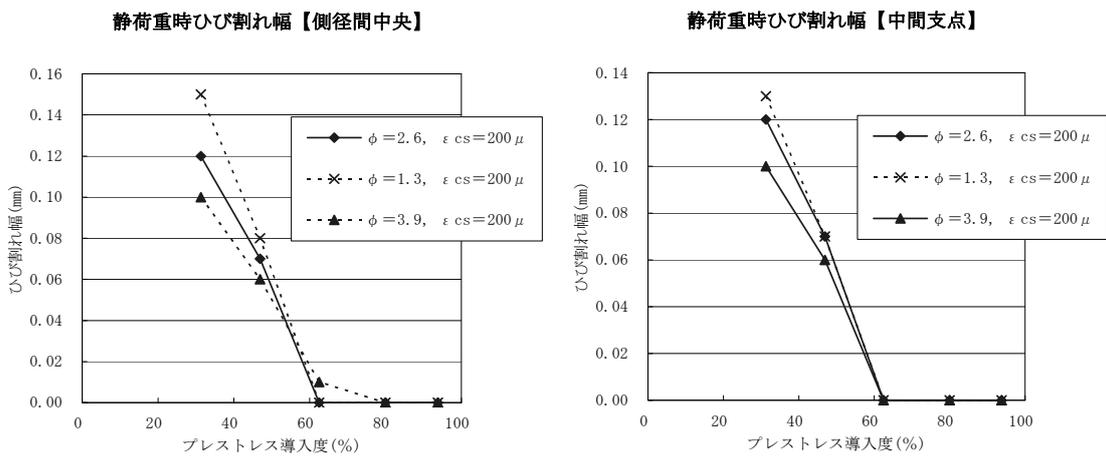


図 4.1.19 プレストレス導入度とひび割れ幅（2主版桁）

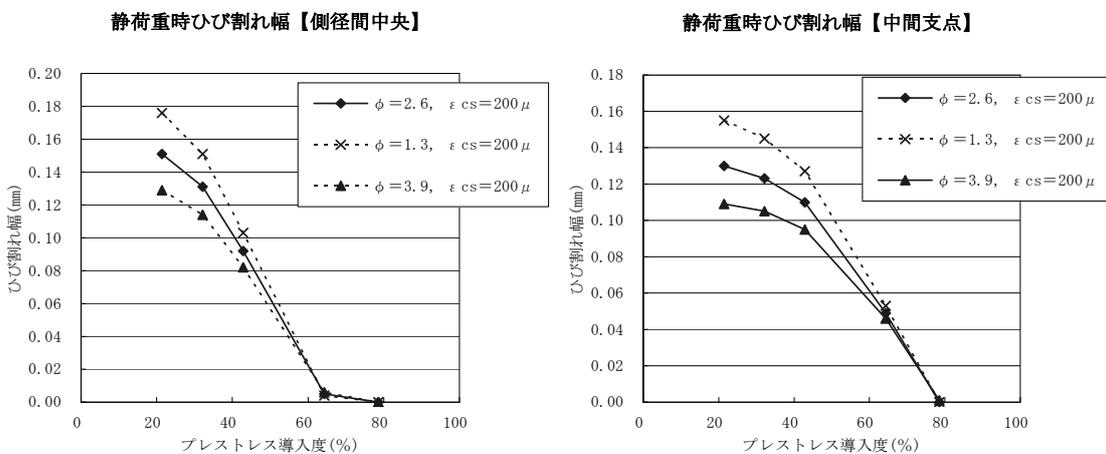


図 4.1.20 プレストレス導入度とひび割れ幅（中空床版）

③ クリープ係数に対するプレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）

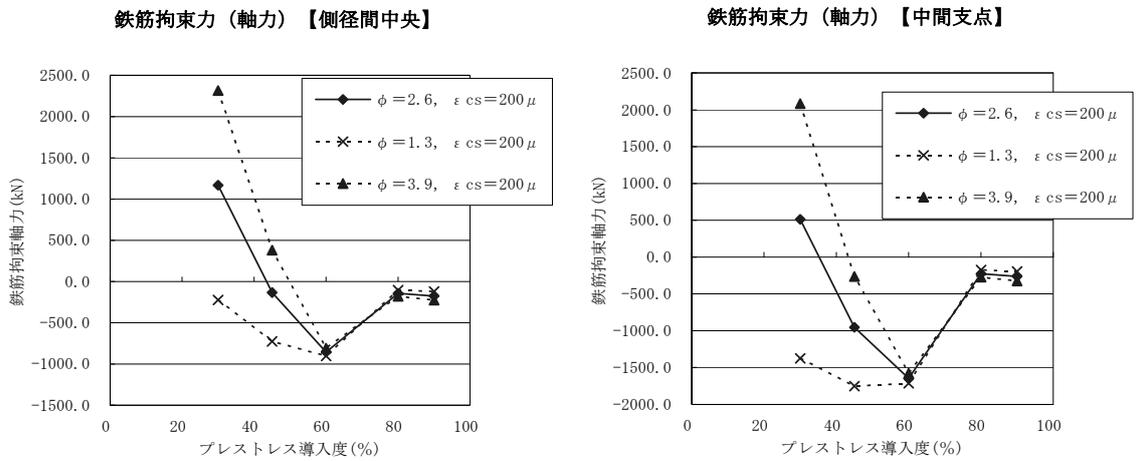


図 4.1.21 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（箱桁）

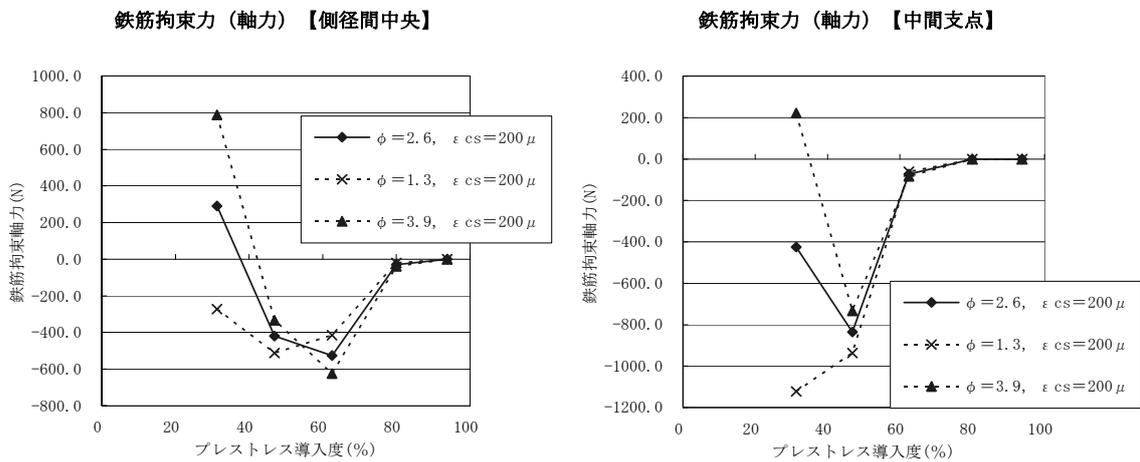


図 4.1.22 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（2主版桁）

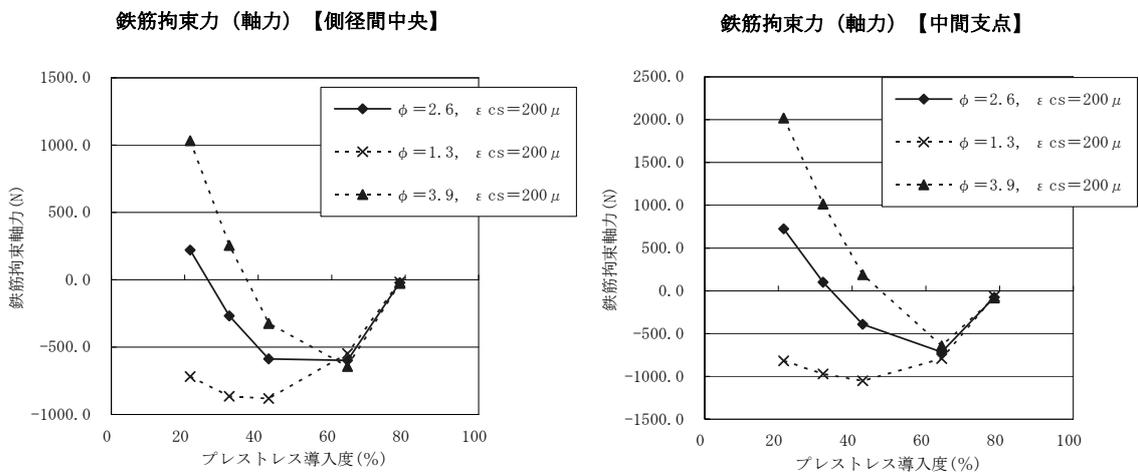


図 4.1.23 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（中空床版）

4.1.6 乾燥収縮による影響

ここでは、乾燥収縮による影響を把握するため、3タイプの断面形状毎に乾燥収縮度を設計値の±50%とした場合の3ケース（ $\varepsilon_{cs} = 100\mu, 200\mu, 300\mu$ ）について試設計を行った。

鉄筋量は表 4.1.5 の値とし、クリープ係数は $\phi = 2.6$ の一定値とした。また、ひび割れ幅算出式中のクリープ、収縮の影響は $\varepsilon'_{csd} = 0$ とした。

① 乾燥収縮度に対するプレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

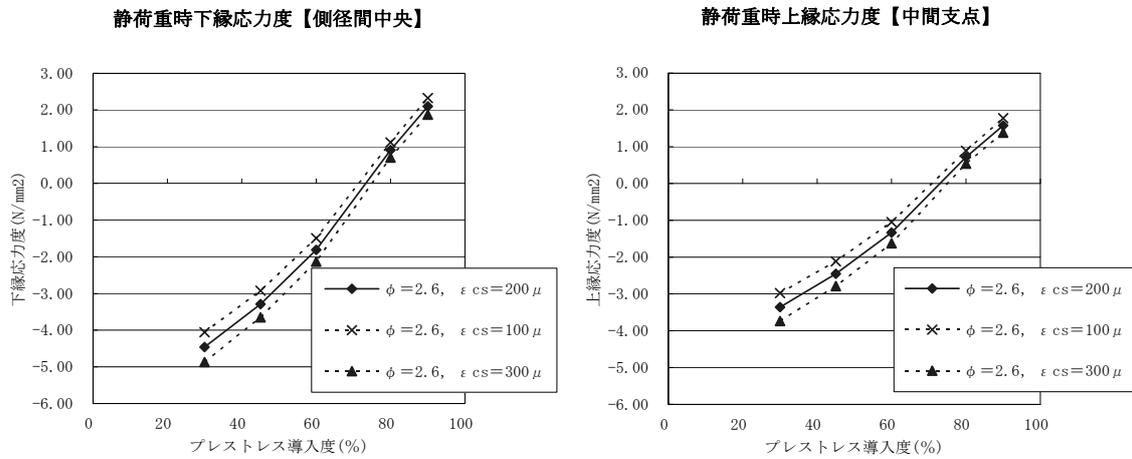


図 4.1.24 プレストレス導入度と縁応力度（箱桁）

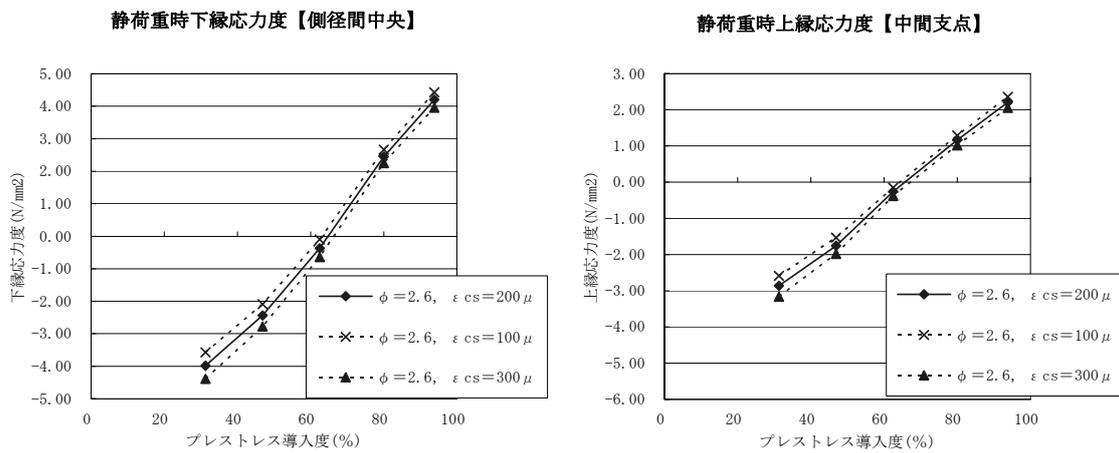


図 4.1.25 プレストレス導入度と縁応力度（2 主版桁）

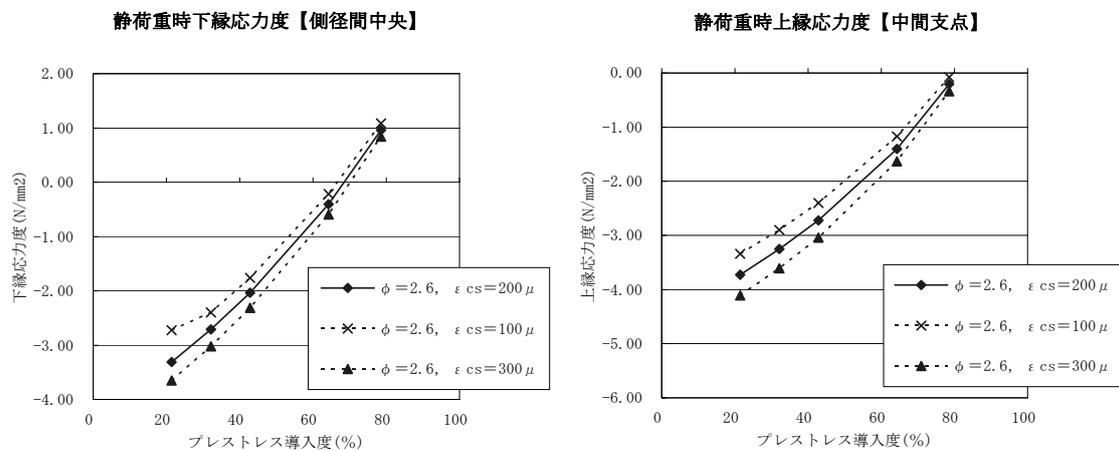


図 4.1.26 プレストレス導入度と縁応力度（中空床版）

② 乾燥収縮度に対するプレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

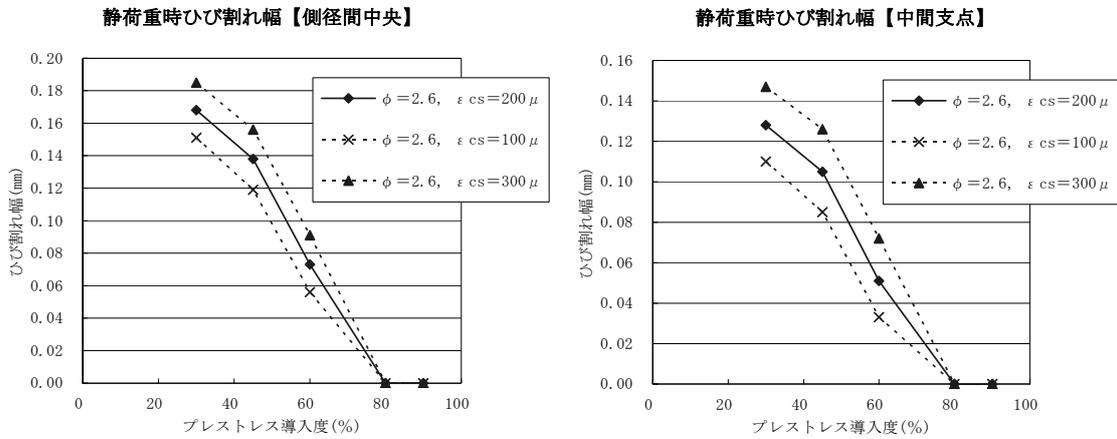


図 4.1.27 プレストレス導入度とひび割れ幅（箱桁）

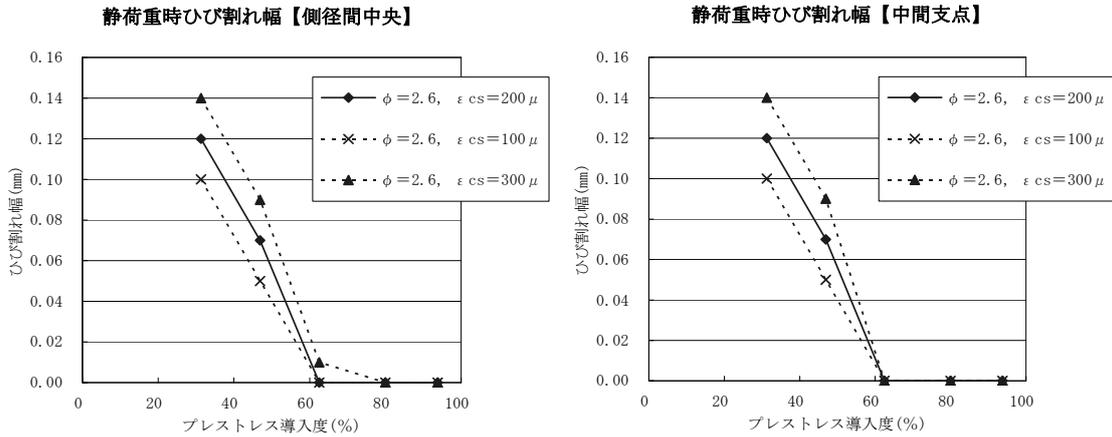


図 4.1.28 プレストレス導入度とひび割れ幅（2 主版桁）

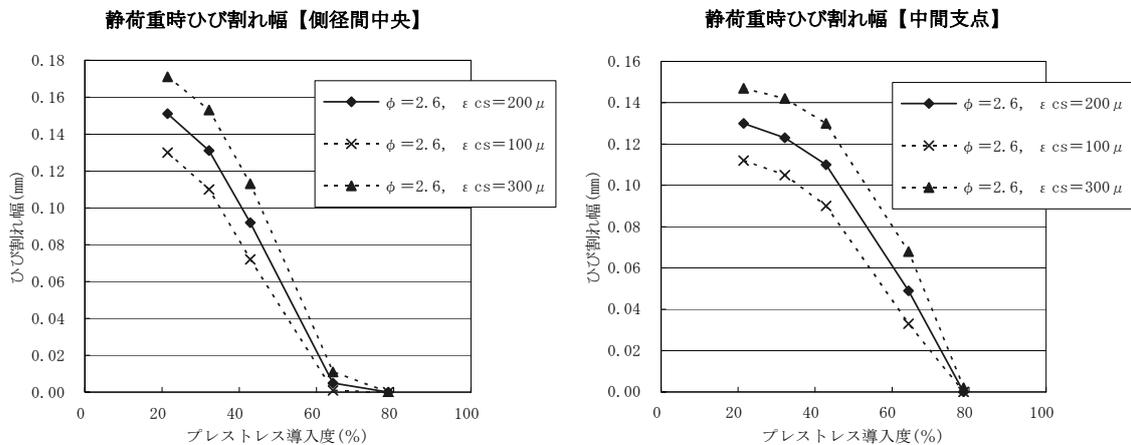


図 4.1.29 プレストレス導入度とひび割れ幅（中空床版）

③ 乾燥収縮度に対するプレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）

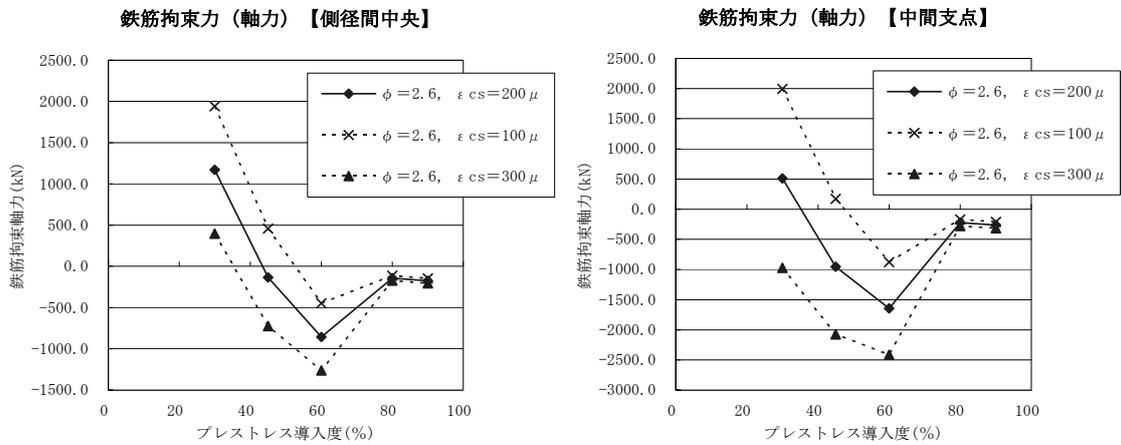


図 4.1.30 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（箱桁）

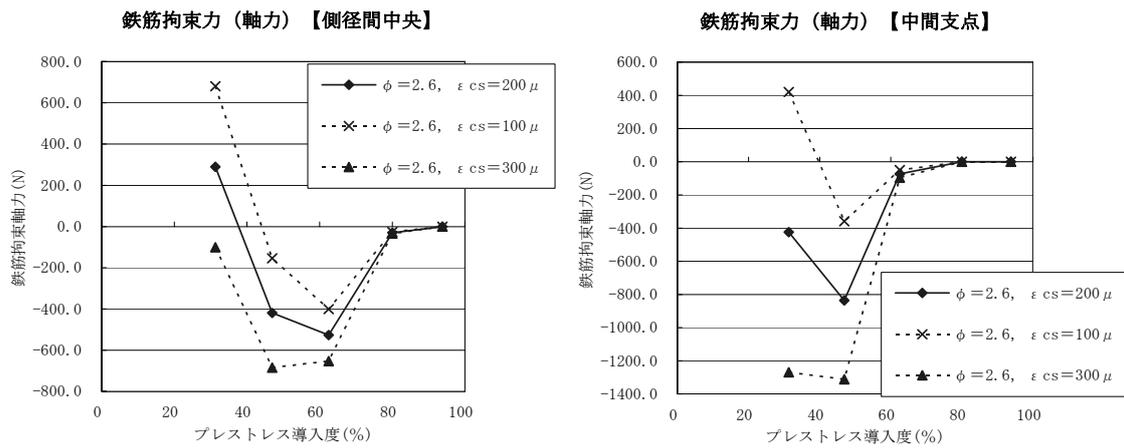


図 4.1.31 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（2主版桁）

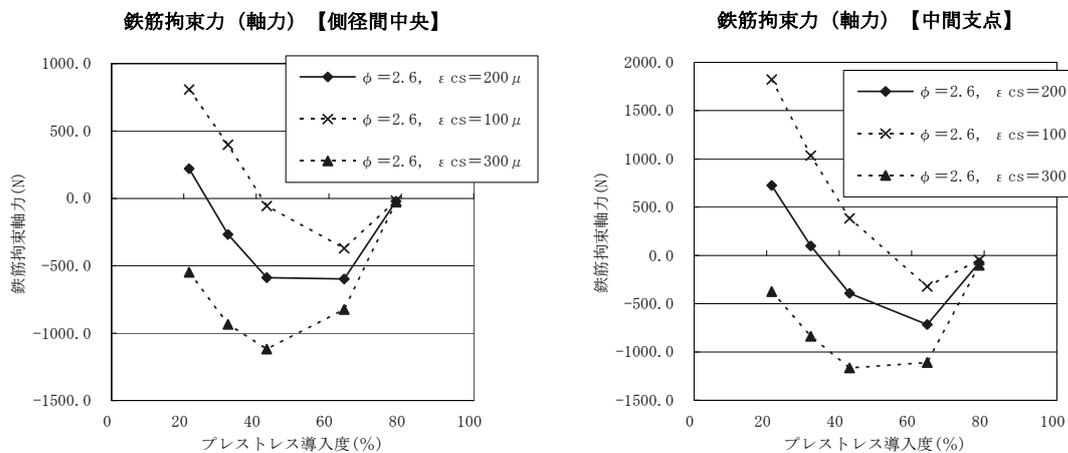


図 4.1.32 プレストレス導入度と鉄筋拘束力（中空床版）

4.1.7 結果一覧表

(1) 箱桁

表 4.1.6 箱桁① $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 200\mu$

箱 桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 30	Np=9本 45	Np=12本 60	Np=16本 80	Np=18本 90
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		61560	42887	27362	1710	1710
		鉄筋量比率		59.1	40.2	24.3	1.5	1.3
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-1663.4	190.6	1246.7	212.7	259.7
		Ns (kN)		1168.4	-132.1	-855.3	-143.3	-175.2
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.09	0.01	0.07	0.01	0.02
	下縁		0.55	-0.06	-0.43	-0.08	-0.09	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	6.11	6.30	6.43	6.42	6.43
			下縁	-4.46	-3.29	-1.82	0.91	2.10
		活荷重時	上縁	8.32	8.55	8.69	8.72	8.74
			下縁	-7.77	-6.74	-5.39	-2.91	-1.70
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-113.5	-92.8	-49.1	—	—	
		活荷重時	-205.1	-208.7	-192.5	-134.7	-54.1	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.17	0.14	0.07	—	—	
活荷重時		0.30	0.31	0.29	0.20	0.08		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		111720	77832	49657	3104	3104
		鉄筋量比率		72.4	54.9	36.8	2.7	2.4
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		465.3	-884.4	-1554.5	-218.6	-254.9
		Ns (kN)		511.3	-952.2	-1645.4	-224.7	-262.3
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.12	-0.23	-0.41	-0.06	-0.07
	下縁		-0.04	0.07	0.13	0.02	0.02	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.36	-2.45	-1.33	0.72	1.58
			下縁	8.07	7.46	6.79	5.76	5.30
		活荷重時	上縁	-5.03	-4.20	-3.14	-1.20	-0.34
			下縁	10.66	10.07	9.42	8.43	7.97
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-86.4	-71.0	-34.6	—	—	
		活荷重時	-135.0	-135.1	-117.2	-34.3	-2.4	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.13	0.11	0.05	—	—	
活荷重時		0.20	0.20	0.17	0.05	0.00		

表 4.1.7 箱桁② $\phi = 1.3$, $\varepsilon_{cs} = 200\mu$

箱 桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 30	Np=9本 45	Np=12本 60	Np=16本 80	Np=18本 90
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		100 μ	100 μ	100 μ	100 μ	100 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		61560	42887	27362	1710	1710
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-2763.7	-661.3	652.0	168.7	216.5
		Ns (kN)		1941.3	458.5	-447.3	-113.7	-146.1
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.15	-0.04	0.04	0.01	0.01
			下縁	0.91	0.22	-0.23	-0.06	-0.08
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	6.05	6.26	6.40	6.41	6.43
			下縁	-4.06	-2.93	-1.50	1.12	2.33
		活荷重時	上縁	8.27	8.50	8.66	8.72	8.74
			下縁	-7.37	-6.38	-5.08	-2.70	-1.47
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-101.8	-80.3	-37.5	—	—
		活荷重時		-193.4	-195.8	-178.6	-119.9	-43.3
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.12	0.06	—	—
活荷重時		0.29	0.29	0.27	0.18	0.06		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		111720	77832	49657	3104	3104
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		1815.5	159.0	-827.8	-165.0	-202.0
		Ns (kN)		1994.9	171.2	-876.1	-169.6	-207.9
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.46	0.04	-0.22	-0.05	-0.06
			下縁	-0.14	-0.01	0.07	0.01	0.02
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-2.98	-2.11	-1.04	0.89	1.77
			下縁	7.94	7.34	6.68	5.68	5.21
		活荷重時	上縁	-4.65	-3.86	-2.85	-1.03	-0.14
			下縁	10.53	9.95	9.31	8.34	7.87
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-73.9	-57.5	-22.4	—	—
		活荷重時		-122.3	-120.8	-101.4	-23.2	-0.5
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.11	0.09	0.03	—	—
活荷重時		0.18	0.18	0.15	0.03	0.00		

表 4.1.8 箱桁③ $\phi = 3.9$, $\varepsilon_{cs} = 200\mu$

箱 桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 30	Np=9本 45	Np=12本 60	Np=16本 80	Np=18本 90
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		300 μ	300 μ	300 μ	300 μ	300 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		61560	42887	27362	1710	1710
		鉄筋量比率		59.1	40.2	24.3		
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-563.2	1042.5	1841.4	256.6	302.9
		Ns (kN)		395.6	-722.8	-1263.3	-172.9	-204.4
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.03	0.06	0.10	0.02	0.02
			下縁	0.19	-0.35	-0.64	-0.09	-0.11
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	6.16	6.35	6.46	6.42	6.43
			下縁	-4.87	-3.65	-2.13	0.70	1.87
		活荷重時	上縁	8.38	8.59	8.73	8.72	8.74
			下縁	-8.18	-7.11	-5.71	-3.11	-1.93
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-125.1	-105.4	-61.4	—	—
		活荷重時		-216.9	-221.6	-206.4	-149.9	-66.0
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.19	0.16	0.09	—	—
活荷重時		0.32	0.33	0.31	0.22	0.10		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		111720	77832	49657	3104	3104
		鉄筋量比率		72.4	54.9	36.8		
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-884.8	-1927.8	-2281.3	-272.2	-307.8
		Ns (kN)		-972.3	-2075.5	-2414.6	-279.8	-316.7
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.22	-0.50	-0.60	-0.07	-0.08
			下縁	0.07	0.15	0.18	0.02	0.03
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.74	-2.79	-1.62	0.54	1.38
			下縁	8.19	7.57	6.90	5.85	5.40
		活荷重時	上縁	-5.41	-4.53	-3.43	-1.38	-0.53
			下縁	10.78	10.18	9.53	8.52	8.07
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-99.0	-85.0	-48.3	—	—
		活荷重時		-147.8	-149.5	-133.3	-48.2	-5.0
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.13	0.07	—	—
活荷重時		0.22	0.22	0.20	0.07	0.01		

表 4.1.9 箱桁④ $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 100\mu$

箱 桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 30	Np=9本 45	Np=12本 60	Np=16本 80	Np=18本 90
		クリープ係数		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		61560	42887	27362	1710	1710
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		318.8	1048.5	1314.9	155.7	179.9
		Ns (kN)		-223.9	-727.0	-902.1	-104.9	-121.4
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.02	0.06	0.08	0.01	0.01
	下縁		-0.11	-0.36	-0.46	-0.06	-0.07	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	6.21	6.35	6.43	6.41	6.43
			下縁	-5.19	-3.65	-1.85	1.18	2.52
		活荷重時	上縁	8.43	8.59	8.70	8.72	8.73
			下縁	-8.50	-7.11	-5.43	-2.64	-1.28
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-134.5	-105.5	-50.4	—	—
		活荷重時		-226.3	-221.7	-194.1	-115.5	-35.0
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.20	0.16	0.08	—	—
活荷重時		0.34	0.33	0.29	0.17	0.05		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		111720	77832	49657	3104	3104
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-1251.4	-1627.3	-1619.8	-169.6	-188.5
		Ns (kN)		-1375.1	-1751.9	-1714.5	-174.3	-194.0
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.32	-0.42	-0.43	-0.05	-0.05
	下縁		0.10	0.13	0.13	0.01	0.02	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.84	-2.69	-1.36	0.88	1.82
			下縁	8.23	7.54	6.80	5.68	5.18
		活荷重時	上縁	-5.52	-4.44	-3.17	-1.04	-0.09
			下縁	10.82	10.15	9.43	8.35	7.85
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-102.4	-80.9	-35.8	—	—
		活荷重時		-151.2	-145.3	-118.7	-24.0	-0.1
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.12	0.05	—	—
活荷重時		0.22	0.22	0.18	0.04	0.00		

表 4.1.10 箱桁⑤ $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 300 \mu$

箱 桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 30	Np=9本 45	Np=12本 60	Np=16本 80	Np=18本 90
		クリープ係数		3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		61560	42887	27362	1710	1710
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-3296.9	-548.8	1177.0	265.5	333.4
		Ns (kN)		2315.8	380.5	-807.5	-178.9	-224.9
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.18	-0.03	0.07	0.02	0.02
			下縁	1.08	0.19	-0.41	-0.10	-0.12
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	6.02	6.26	6.42	6.42	6.43
			下縁	-3.86	-2.97	-1.78	0.66	1.71
		活荷重時	上縁	8.24	8.51	8.69	8.72	8.74
			下縁	-7.17	-6.43	-5.36	-3.16	-2.09
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-96.2	-81.9	-47.7	—	—	
		活荷重時	-187.7	-197.5	-190.8	-153.0	-74.9	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.14	0.12	0.07	—	—	
活荷重時		0.28	0.29	0.28	0.23	0.11		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100
		鉄筋面積(mm ²)		111720	77832	49657	3104	3104
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		1895.8	-243.5	-1491.9	-263.8	-315.6
		Ns (kN)		2083.1	-262.1	-1579.1	-271.2	-324.8
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.48	-0.06	-0.39	-0.07	-0.09
			下縁	-0.15	0.02	0.12	0.02	0.03
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-2.95	-2.24	-1.31	0.57	1.36
			下縁	7.94	7.38	6.78	5.84	5.42
		活荷重時	上縁	-4.63	-3.99	-3.12	-1.35	-0.56
			下縁	10.52	9.99	9.41	8.50	8.08
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-73.2	-62.6	-33.5	—	—	
		活荷重時	-121.6	-126.3	-115.8	-45.8	-5.5	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.11	0.09	0.05	—	—	
活荷重時		0.18	0.19	0.17	0.07	0.01		

(2) 2主版桁

表 4.1.11 2主版桁① $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 200\mu$

2主版桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S12.7BL (導入度 %)		Np=5本 31	Np=7.5本 47	Np=10本 63	Np=12.8本 80	Np=15本 94
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	—
		鉄筋面積(mm ²)		28700	18200	8107	253	0
		鉄筋量比率		51.6	31.0	13.1	0.4	0.0
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-308.5	454.0	580.0	33.9	—
		Ns (kN)		289.8	-419.8	-526.8	-30.2	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.06	0.09	0.12	0.01	—
	下縁		0.26	-0.04	-0.52	-0.03	—	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	3.69	3.54	3.26	2.82	2.57
			下縁	-3.98	-2.44	-0.37	2.45	4.20
		活荷重時	上縁	6.02	5.91	5.68	5.28	5.02
			下縁	-8.78	-7.44	-5.59	-2.93	-1.16
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-86.6	-48.7	-3.4	—	—
		活荷重時		-218.1	-213.8	-189.1	-90.8	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.12	0.07	0.00	—	—
活荷重時		0.30	0.30	0.28	0.19	—		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D25ctc100	D19ctc100	D6ctc250	—	—
		鉄筋面積(mm ²)		53900	28500	1298	0	0
		鉄筋量比率		66.7	41.3	2.4	0.0	0.0
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-181.7	-368.7	-33.6	—	—
		Ns (kN)		-424.7	-835.3	-72.9	—	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.13	-0.26	-0.02	—	—
	下縁		0.08	0.16	0.02	—	—	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-2.86	-1.76	-0.26	1.16	2.20
			下縁	9.89	8.47	6.85	5.25	4.07
		活荷重時	上縁	-3.97	-3.70	-2.28	-0.86	0.19
			下縁	12.27	13.00	11.44	9.84	8.65
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-78.1	-44.0	-0.5	—	—
		活荷重時		-144.9	-142.8	-102.4	—	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.12	0.07	0.00	—	—
活荷重時		0.21	0.21	0.21	—	—		

表 4.1.12 2主版桁② $\phi = 1.3$, $\varepsilon_{cs} = 200\mu$

		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S12.7BL (導入度 %)		Np=5本 31	Np=7.5本 47	Np=10本 63	Np=12.8本 80	Np=15本 94
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		100 μ	100 μ	100 μ	100 μ	100 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	—
		鉄筋面積(mm ²)		28700	18200	8107	253	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-724.4	167.3	441.3	29.4	—
		Ns (kN)		680.6	-154.7	-400.8	-26.1	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.13	0.03	0.09	0.01	—
			下縁	0.61	-0.15	-0.40	-0.03	—
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	3.61	3.47	3.21	2.79	2.53
			下縁	-3.57	-2.09	-0.10	2.66	4.43
		活荷重時	上縁	5.94	5.85	5.64	5.25	4.99
			下縁	-8.37	-7.09	-5.32	-2.73	-0.92
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-74.7	-37.6	—	—	—
		活荷重時		-205.7	-200.9	-176.3	-80.2	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.10	0.05	—	—	—
活荷重時		0.29	0.29	0.26	0.17	—		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D25ctc100	D19ctc100	D6ctc250	—	—
		鉄筋面積(mm ²)		53900	28500	1298	0	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		179.7	-158.3	-22.8	—	—
		Ns (kN)		420.1	-358.7	-49.5	—	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.13	-0.11	-0.20	—	—
			下縁	-0.08	0.07	0.01	—	—
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-2.59	-1.53	-0.15	1.29	2.36
			下縁	9.69	8.29	6.72	5.10	3.89
		活荷重時	上縁	-4.44	-3.47	-2.17	-0.73	0.35
			下縁	14.18	12.83	11.31	9.68	8.47
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-64.3	-31.8	—	—	—
		活荷重時		-130.4	-127.0	-87.5	—	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.10	0.05	—	—	—
活荷重時		0.19	0.19	0.18	—	—		

表 4.1.13 2主版桁③ $\phi = 3.9$, $\varepsilon_{cs} = 200\mu$

		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S12.7BL (導入度 %)		Np=5本 31	Np=7.5本 47	Np=10本 63	Np=12.8本 80	Np=15本 94
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		300 μ	300 μ	300 μ	300 μ	300 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	—
		鉄筋面積(mm ²)		28700	18200	8107	253	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		107.5	740.6	718.8	38.5	0.0
		Ns (kN)		-101.0	-684.9	-652.8	-34.3	0.0
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.02	0.14	0.14	0.01	0.00
			下縁	-0.09	-0.65	-0.65	-0.04	0.00
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	3.78	3.61	3.31	2.84	2.60
			下縁	-4.39	-2.78	-0.64	2.25	3.96
		活荷重時	上縁	6.11	5.98	5.73	5.30	5.05
			下縁	-9.18	-7.78	-5.85	-3.14	-1.39
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-98.6	-60.4	-6.6	—	—
		活荷重時		-230.5	-226.8	-202.0	-101.7	-27.9
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.14	0.09	0.01	—	—
活荷重時		0.32	0.32	0.30	0.21	0.06		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D25ctc100	D19ctc100	D6ctc250	—	—
		鉄筋面積(mm ²)		53900	28500	1298	0	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-543.1	-579.0	-44.3	—	—
		Ns (kN)		-1269.5	-1311.9	-96.3	—	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.38	-0.41	-0.03	—	—
			下縁	0.23	0.25	0.02	—	—
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.16	-1.98	-0.38	1.02	2.05
			下縁	10.10	8.65	6.98	5.41	4.24
		活荷重時	上縁	-5.03	-3.92	-2.40	-1.00	0.03
			下縁	14.60	13.18	11.56	9.99	8.83
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-92.4	-57.5	-1.5	—	—
		活荷重時		-159.6	-159.0	-118.6	—	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.14	0.09	0.00	—	—
活荷重時		0.24	0.24	0.25	—	—		

表 4.1.14 2主版桁④ $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 100\mu$

		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S12.7BL (導入度 %)		Np=5本 31	Np=7.5本 47	Np=10本 63	Np=12.8本 80	Np=15本 94
		クリープ係数		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	—
		鉄筋面積(mm ²)		28700	18200	8107	253	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		290.8	553.9	456.6	22.9	—
		Ns (kN)		-273.2	-512.2	-414.7	-20.4	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.05	0.11	0.09	0.00	—
	下縁		-0.25	-0.48	-0.41	-0.02	—	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	3.82	3.57	3.22	2.74	2.44
			下縁	-4.57	-2.56	-0.13	2.95	4.98
		活荷重時	上縁	6.15	5.94	5.64	5.20	4.89
			下縁	-9.36	-7.56	-5.35	-2.44	-0.36
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-104.0	-52.8	—	—	—
		活荷重時		-236.0	-218.4	-177.7	-66.1	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.08	—	—	—
活荷重時		0.33	0.31	0.26	0.14	—		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D25ctc100	D19ctc100	D6ctc250	—	—
		鉄筋面積(mm ²)		53900	28500	1298	0	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-480.1	-413.4	-28.4	—	—
		Ns (kN)		-1122.3	-936.5	-61.8	—	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.34	-0.29	-0.02	—	—
	下縁		0.21	0.18	0.01	—	—	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.09	-1.77	-0.17	1.35	2.51
			下縁	10.03	8.45	6.73	4.99	3.68
		活荷重時	上縁	-4.96	-3.71	-2.19	-0.66	0.49
			下縁	14.52	12.99	11.31	9.58	8.27
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-88.9	-45.2	—	—	—
		活荷重時		-156.0	-144.3	-91.2	—	—
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.13	0.07	—	—	—
活荷重時		0.23	0.22	0.19	—	—		

表 4.1.15 2主版桁⑤ $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 300\mu$

		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S12.7BL (導入度 %)		Np=5本 31	Np=7.5本 47	Np=10本 63	Np=12.8本 80	Np=15本 94
		クリープ係数		3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	—
		鉄筋面積(mm ²)		28700	18200	8107	253	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-838.7	360.0	687.7	43.8	0.0
		Ns (kN)		787.9	-333.0	-624.6	-39.0	0.0
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.15	0.07	0.14	0.01	0.00
			下縁	0.71	-0.31	-0.62	-0.04	0.00
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	3.58	3.51	3.29	2.88	2.68
			下縁	-3.46	-2.32	-0.58	2.01	3.48
		活荷重時	上縁	5.91	5.89	5.71	5.34	5.13
			下縁	-8.26	-7.32	-5.79	-3.38	-1.87
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-71.5	-45.0	-5.7	—	—	
		活荷重時	-202.3	-209.6	-199.0	-114.4	-42.3	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.10	0.06	0.01	—	—	
活荷重時		0.28	0.30	0.30	0.24	0.09		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D25ctc100	D19ctc100	D6ctc250	—	—
		鉄筋面積(mm ²)		53900	28500	1298	0	0
		鉄筋量比率						
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		95.1	-323.9	-38.3	—	—
		Ns (kN)		222.2	-733.9	-83.1	—	—
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.07	-0.23	-0.03	—	—
			下縁	-0.04	0.14	0.02	—	—
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-2.66	-1.74	-0.35	0.97	1.92
			下縁	9.77	8.48	6.97	5.49	4.42
		活荷重時	上縁	-4.53	-3.68	-2.37	-1.05	-0.09
			下縁	14.27	13.02	11.55	10.08	9.01
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-68.4	-42.9	—	—	—	
		活荷重時	-134.7	-141.3	-113.6	—	—	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.10	0.06	—	—	—	
活荷重時		0.20	0.21	0.24	—	—		

(3) 中空床版

表 4.1.16 中空床版① $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 200 \mu$

中空床版		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		7S12.7BL (導入度 %)		Np=6本 21	Np=9本 32	Np=12本 43	Np=18本 64	Np=22本 79
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		鉄筋面積(mm ²)		53211	44475	33949	13161	317
		鉄筋量比率		73.8	61.1	47.4	18.9	0.5
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-118.3	144.3	320.8	332.5	12.3
		Ns (kN)		221.1	-267.9	-587.5	-598.2	-21.7
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.03	0.03	0.07	0.08	0.00
			下縁	0.09	-0.11	-0.25	-0.27	-0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	4.53	4.42	4.30	3.95	3.63
			下縁	-3.31	-2.71	-2.04	-0.40	0.96
		活荷重時	上縁	7.09	6.99	6.88	6.57	6.27
			下縁	-5.98	-5.41	-4.79	-3.28	-1.99
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-97.5	-80.3	-58.5	-2.58	-
		活荷重時		-186.5	-180.4	-176.3	-144.1	-69.5
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.13	0.09	0.01	-
活荷重時		0.29	0.30	0.28	0.29	0.30		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc125	D6ctc225
		鉄筋面積(mm ²)		81803	66167	52190	23780	1457
		鉄筋量比率		81.3	70.0	58.0	29.6	2.1
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		329.0	45.8	-182.6	-343.9	-37.1
		Ns (kN)		724.6	99.1	-390.8	-716.0	-75.0
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.24	0.03	-0.14	-0.27	-0.03
			下縁	-0.08	-0.01	0.05	0.09	0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.73	-3.25	-2.72	-1.40	-0.21
			下縁	6.22	6.00	5.77	5.23	4.77
		活荷重時	上縁	-5.57	-5.14	-4.65	-3.42	-2.31
			下縁	8.54	8.34	8.12	7.61	7.18
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-88.9	-83.9	-74.0	-30.9	-
		活荷重時		-137.7	-141.3	-141.8	-133.4	-106.6
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.13	0.12	0.11	0.05	0.00
活荷重時		0.20	0.21	0.21	0.21	0.21		

表 4.1.17 中空床版② $\phi = 1.3$, $\varepsilon_{cs} = 200 \mu$

中空床版		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 21	Np=9本 32	Np=12本 43	Np=18本 64	Np=22本 79
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		100 μ	100 μ	100 μ	100 μ	100 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		鉄筋面積(mm ²)		53211	44475	33949	13161	317
		鉄筋量比率		73.8	61.1	47.4	18.9	0.5
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-432.7	-214.3	30.7	206.4	9.0
		Ns (kN)		808.5	398.0	-56.3	-371.4	-15.9
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.10	-0.05	0.01	0.05	0.00
			下縁	0.33	0.17	-0.02	-0.17	-0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	4.13	4.34	4.22	3.90	3.60
			下縁	-2.73	-2.40	-1.76	-0.21	1.08
		活荷重時	上縁	6.46	6.91	6.80	6.52	6.24
			下縁	-5.15	-5.10	-4.52	-3.09	-1.87
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-84.3	-67.1	-45.7	-0.5	—	
		活荷重時	-173.1	-166.6	-162.0	-129.5	-59.0	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.13	0.11	0.07	0.00	—	
活荷重時		0.27	0.27	0.25	0.26	0.26		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc125	D6ctc225
		鉄筋面積(mm ²)		81803	66167	52190	23780	1457
		鉄筋量比率		81.3	70.0	58.0	29.6	2.1
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		827.5	478.4	179.7	-155.0	-24.0
		Ns (kN)		1822.8	1034.3	384.5	-322.6	-48.4
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.61	0.35	0.14	-0.12	-0.02
			下縁	-0.20	-0.12	-0.05	0.04	0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.34	-2.90	-2.40	-1.17	-0.08
			下縁	6.09	5.88	5.66	5.14	4.72
		活荷重時	上縁	-5.19	-4.79	-4.33	-3.19	-2.18
			下縁	8.41	8.22	8.01	7.53	7.13
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時	-76.7	-71.2	-60.9	-20.8	—	
		活荷重時	-125.3	-128.2	-128.1	-118.3	-92.0	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時	0.11	0.11	0.09	0.03	—	
活荷重時		0.18	0.19	0.19	0.19	0.18		

表 4.1.18 中空床版③ $\phi = 3.9$, $\varepsilon_{cs} = 200 \mu$

中空床版		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 21	Np=9本 32	Np=12本 43	Np=18本 64	Np=22本 79
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		300 μ	300 μ	300 μ	300 μ	300 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		鉄筋面積(mm ²)		53211	44475	33949	13161	317
		鉄筋量比率		73.8	61.1	47.4	18.9	0.5
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		293.5	502.9	610.9	458.7	15.7
		Ns (kN)		-548.3	-933.9	-1118.8	-825.1	-27.5
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.06	0.11	0.14	0.11	0.00
			下縁	-0.22	-0.39	-0.48	-0.37	-0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	4.63	4.51	4.37	4.00	3.66
			下縁	-3.65	-3.02	-2.31	-0.59	0.84
		活荷重時	上縁	7.18	7.08	6.96	6.61	6.30
			下縁	-6.31	-5.73	-5.07	-3.47	-2.11
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-110.7	-93.8	-71.8	-5.7	—
		活荷重時		-200.0	-194.3	-190.6	-159.0	-80.9
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.17	0.15	0.11	0.01	—
活荷重時		0.31	0.32	0.30	0.32	0.35		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc125	D6ctc225
		鉄筋面積(mm ²)		81803	66167	52190	23780	1457
		鉄筋量比率		81.3	70.0	58.0	29.6	2.1
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-169.5	-386.7	-544.9	-532.8	-50.3
		Ns (kN)		-373.5	-836.1	-1166.0	-1109.4	-101.5
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.12	-0.29	-0.41	-0.41	-0.04
			下縁	0.04	0.10	0.14	0.14	0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-4.11	-3.61	-3.04	-1.63	-0.34
			下縁	6.34	6.12	5.88	5.31	4.82
		活荷重時	上縁	-5.96	-5.49	-4.97	-3.65	-2.44
			下縁	8.67	8.46	8.23	7.69	7.23
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-101.2	-96.9	-87.4	-42.7	-1.2
		活荷重時		-150.1	-154.4	-155.7	-148.8	-122.1
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.14	0.13	0.07	0.00
活荷重時		0.22	0.23	0.23	0.24	0.24		

表 4.1.19 中空床版④ $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 100 \mu$

中空床版		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 21	Np=9本 32	Np=12本 43	Np=18本 64	Np=22本 79
		クリープ係数		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		鉄筋面積(mm ²)		53211	44475	33949	13161	317
		鉄筋量比率		73.8	61.1	47.4	18.9	0.5
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		385.1	465.6	481.2	304.4	9.7
		Ns (kN)		-719.5	-864.5	-881.3	-547.6	-17.0
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.08	0.10	0.11	0.07	0.00
			下縁	-0.29	-0.36	-0.38	-0.24	-0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	4.65	4.50	4.34	3.94	3.61
			下縁	-3.72	-2.99	-2.19	-0.36	1.06
		活荷重時	上縁	7.21	7.07	6.92	6.56	6.25
			下縁	-6.39	-5.69	-4.95	-3.23	-1.89
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-113.7	-92.4	-65.8	-2.1	—
		活荷重時		-203.0	-192.8	-184.2	-140.8	-61.0
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.18	0.15	0.10	0.00	—
活荷重時		0.31	0.32	0.29	0.28	0.27		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc125	D6ctc225
		鉄筋面積(mm ²)		81803	66167	52190	23780	1457
		鉄筋量比率		81.3	70.0	58.0	29.6	2.1
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-372.3	-450.1	-492.0	-380.9	-32.6
		Ns (kN)		-820.1	-973.1	-1052.8	-793.1	-65.9
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.27	-0.33	-0.37	-0.29	-0.03
			下縁	0.09	0.11	0.12	0.10	0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-4.27	-3.66	-2.99	-1.45	-0.16
			下縁	6.40	6.14	5.86	5.24	4.75
		活荷重時	上縁	-6.11	-5.55	-4.92	-3.47	-2.26
			下縁	8.72	8.47	8.21	7.62	7.16
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-106.2	-98.8	-85.4	-33.1	—
		活荷重時		-155.1	-156.3	-153.7	-136.4	-101.5
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.16	0.15	0.13	0.05	—
活荷重時		0.23	0.23	0.23	0.22	0.20		

表 4.1.20 中空床版⑤ $\phi = 2.6$, $\varepsilon_{cs} = 300 \mu$

中空床版		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S15.2BL (導入度 %)		Np=6本 21	Np=9本 32	Np=12本 43	Np=18本 64	Np=22本 79
		クリープ係数		3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
		乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		鉄筋面積(mm ²)		53211	44475	33949	13161	317
		鉄筋量比率		73.8	61.1	47.4	18.9	0.5
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		-552.5	-137.6	176.6	357.9	14.9
		Ns (kN)		1032.3	255.5	-323.5	-643.9	-26.1
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.12	-0.03	0.04	0.08	0.00
			下縁	0.42	0.11	-0.14	-0.29	-0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	4.43	4.36	4.26	3.96	3.65
			下縁	-2.96	-2.46	-1.90	-0.44	0.87
		活荷重時	上縁	6.99	6.93	6.84	6.58	6.29
			下縁	-5.62	-5.17	-4.66	-3.31	-2.08
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-83.6	-69.9	-52.1	-3.1	—
		活荷重時		-172.4	-169.6	-169.2	-147.1	-78.1
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.13	0.11	0.08	0.01	—
活荷重時		0.27	0.28	0.27	0.30	0.34		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc125	D6ctc225
		鉄筋面積(mm ²)		81803	66167	52190	23780	1457
		鉄筋量比率		81.3	70.0	58.0	29.6	2.1
	鉄筋拘束力	Ms (kN・m)		915.8	469.5	87.5	-309.2	-41.3
		Ns (kN)		2017.2	1015.1	187.3	-643.8	-83.5
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.67	0.35	0.07	-0.24	-0.03
			下縁	-0.22	-0.12	-0.02	0.08	0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.27	-2.91	-2.48	-1.36	-0.25
			下縁	6.07	5.88	5.69	5.21	4.78
		活荷重時	上縁	-5.12	-4.79	-4.41	-3.38	-2.35
			下縁	8.39	8.22	8.04	7.59	7.19
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-74.6	-71.5	-64.2	-28.9	-0.4
		活荷重時		-123.1	-128.5	-131.6	-130.6	-111.5
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.11	0.11	0.10	0.05	0.00
活荷重時		0.18	0.19	0.20	0.21	0.22		

4.2 プレストレス導入度と発生応力度

4.2.1 主桁断面の影響

クリープ係数 $\phi=2.6$ 、乾燥収縮度 $\varepsilon_{cs}=200\mu$ において、プレストレス導入度をパラメータとした時の鉄筋拘束力の変化を図 4.2.1、縁応力度の変化を図 4.2.2、ひび割れ幅の変化を図 4.2.3 に示す。いずれも箱桁、2 主版桁、中空床版の構造に対して比較を行い、主桁断面の影響を検討した。

(1) プレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）

鉄筋拘束力の引張力は、プレストレス導入度が 60%前後が最大であった。特に、中空床版の側径間中央ならびに 2 主版桁の中間支点では、プレストレス導入度が 40%付近が最大となった。鉄筋拘束力には、鉄筋と PC 鋼材の量的な関係が影響するものの、主桁断面の影響は明確ではなかった。

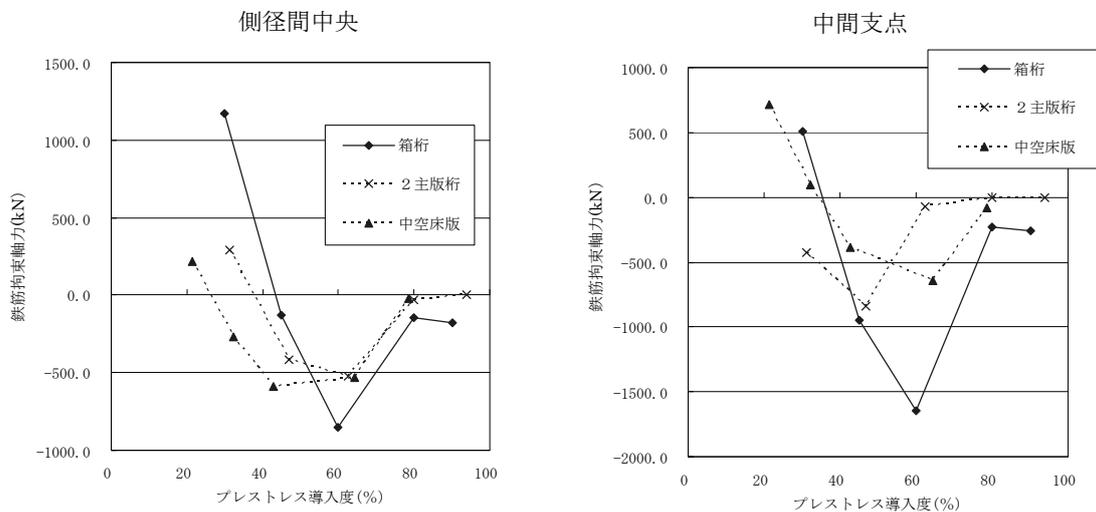


図 4.2.1 プレストレス導入度と鉄筋拘束軸力

(2) プレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

縁応力度は、プレストレス導入度の低下に従い、引張応力が増加する傾向となった。中間支点では、主桁断面による影響は生じてなかったものの、中空床版の側径間中央では、他の構造に比べプレストレス導入度の低下に伴う引張応力の変化が小さかった。

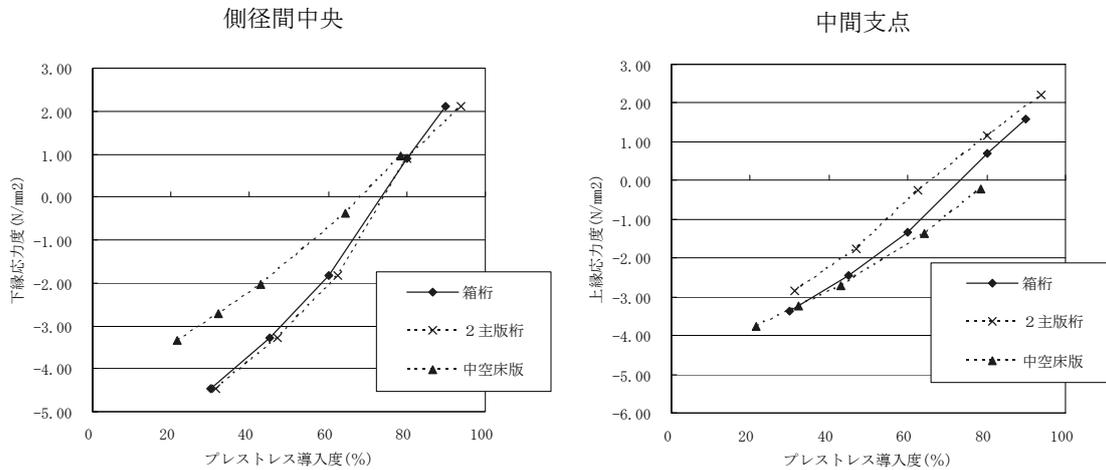


図 4.2.2 プレストレス導入度と縁応力度

(3) プレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

ひび割れ幅は、プレストレス導入度の低下に従い増加し、どの構造も変化量が等しくなった（分布の傾きがほぼ一致した）。

したがって、本検討においては、主桁断面は、ひび割れ幅に対して影響が小さいと考えられる。

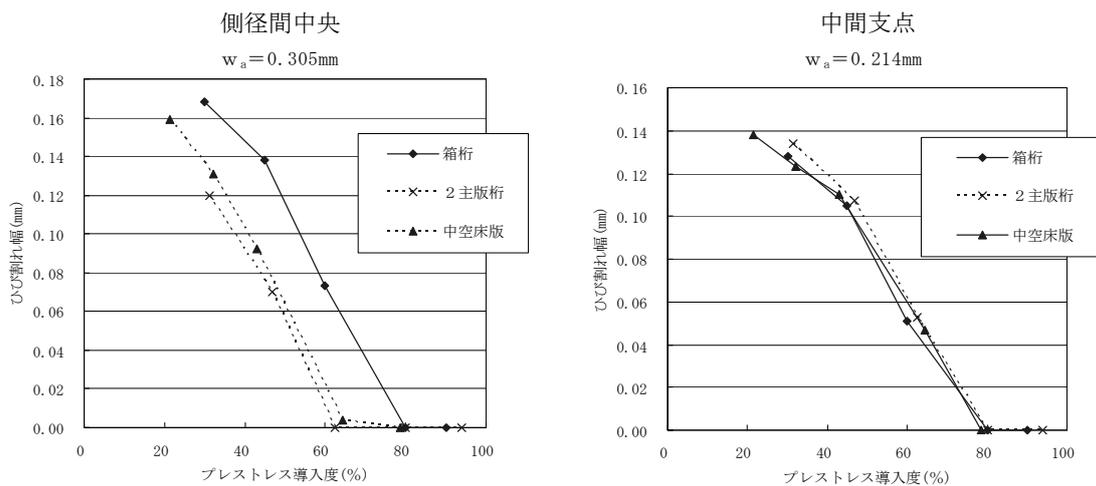


図 4.2.3 プレストレス導入度とひび割れ幅

4.2.2 変動要素の影響

(1) クリープ係数と乾燥収縮度の影響

プレストレス導入度をパラメーターとし、鉄筋拘束力、縁応力度、ひび割れ幅に対して、クリープ係数を変動要素とした場合と乾燥収縮度を変動要素とした場合を示し、クリープ係数と乾燥収縮度の影響を以下に考察した。また、各構造とも類似した傾向が見られたことから、ここでは箱桁構造の結果を基本とした。

① プレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）

鉄筋拘束力は、プレストレス導入度が低下すると、クリープ係数ならびに乾燥収縮度を変動要素の場合ともに変化量が大きかった。また、PRC 構造で標準的なプレストレス導入度の 60%~80%の場合では、クリープ係数を変動要素とした場合は影響しないが、乾燥収縮度を変動要素とした場合は影響が大きかった。

プレストレス導入度が 60%~80%において、クリープ係数を変動要素とした場合に鉄筋拘束力が変化しない理由として、クリープ変形には持続荷重の状態が影響し、自重とプレストレス力の割合が直接的に影響するために、プレストレス導入度が 60%迄はプレストレス力がある程度導入されておりフルプレストレスに近い状態にあり、クリープ係数の変動による影響が小さかったためと考えられる。

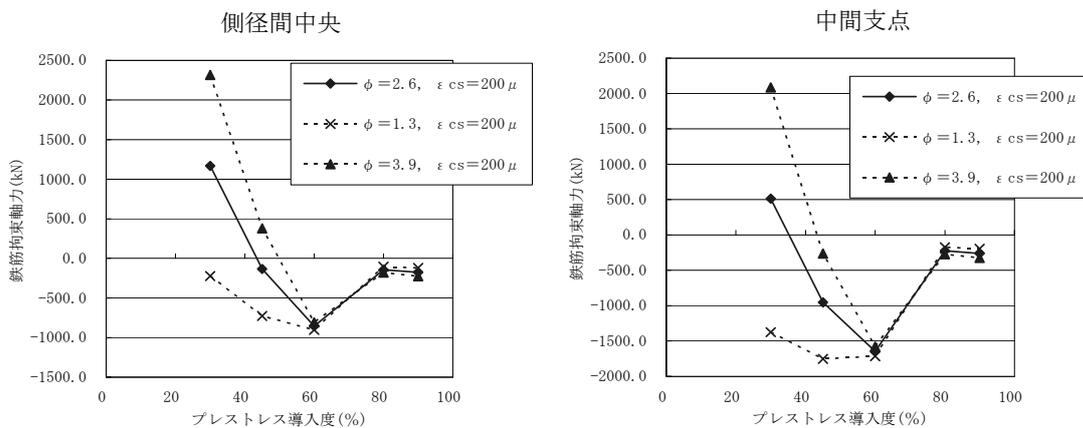


図 4.2.4 クリープ係数を変動要素とした場合

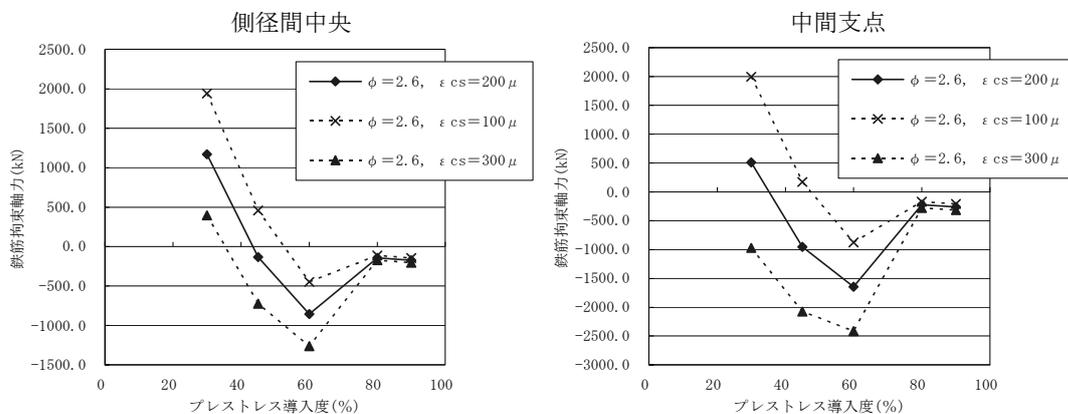


図 4.2.5 乾燥収縮度を変動要素とした場合

② プレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

縁応力度は、プレストレス導入度の低下に従い、引張応力が増加した。縁応力度は、クリープ係数を変動要素とした場合と乾燥収縮度を変動要素とした場合では、それほど大きい差異は確認できなかった。

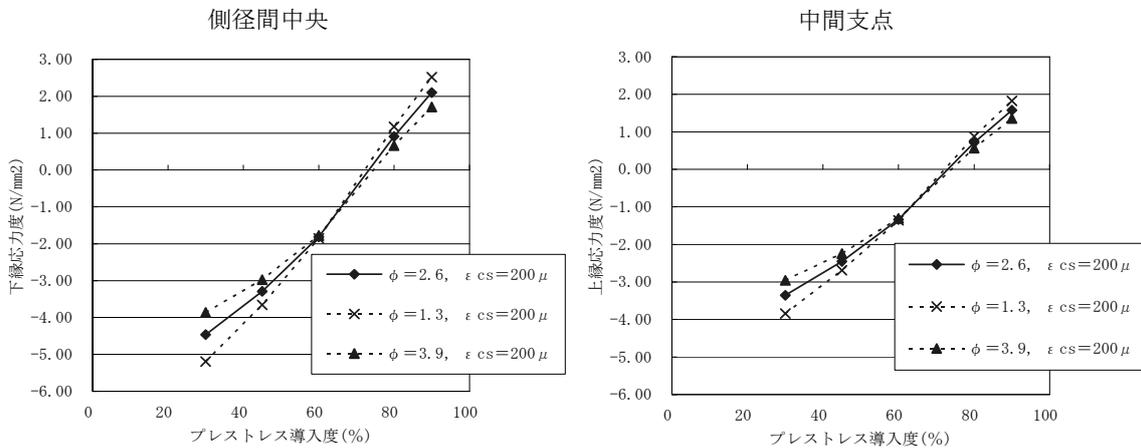


図 4.2.6 クリープ係数を変動要素とした場合

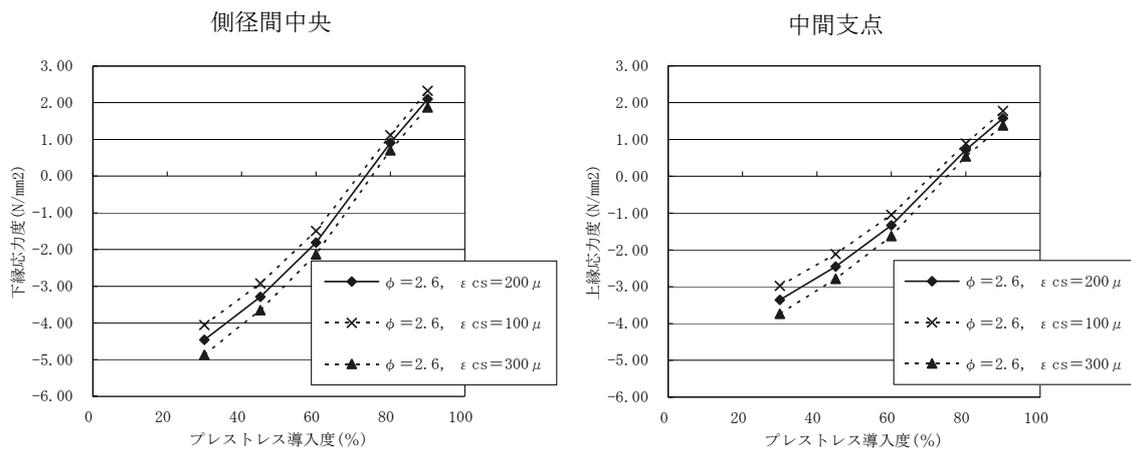


図 4.2.7 乾燥収縮度を変動要素とした場合

③ プレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

ひび割れ幅は、プレストレス導入度が低下すると大きくなり、プレストレス導入度が60%以下において、クリープ係数及び乾燥収縮度が変動要素の場合共にその影響は大きくなった。また、PRC構造で標準的なプレストレス導入度の60%~80%の場合では、クリープ係数を変動要素とした場合には影響は小さいものの、乾燥収縮度を変動要素とした場合には影響が大きかった。

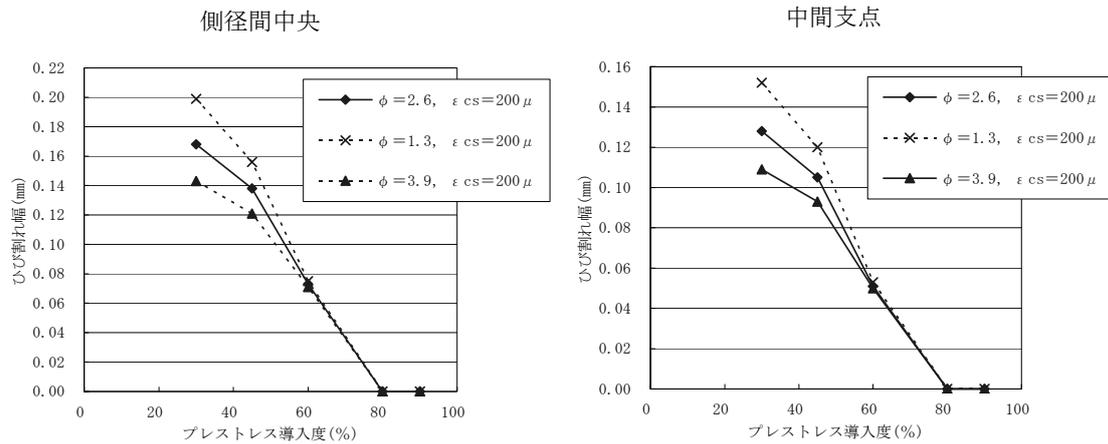


図 4.2.8 クリープ係数を変動要素とした場合

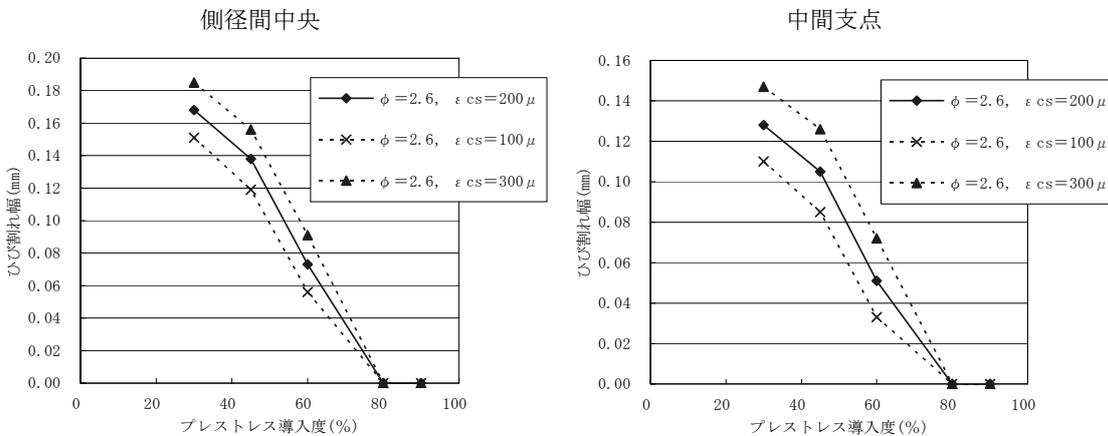


図 4.2.9 乾燥収縮度を変動要素とした場合

(2) 乾燥収縮度の感度に対する検討

前述の検討において、PRC 構造で標準的なプレストレス導入度の 60%~80%の場合において、クリープ係数を変動要素とした場合よりも乾燥収縮度を変動要素とした場合の方が鉄筋拘束力及びひび割れ幅に対する影響が大きい傾向が示された。したがって、ここでは、箱桁構造に対して、クリープ係数 $\phi=2.6$ 一定条件において、乾燥収縮度 $\epsilon_{cs}=800\mu$ まで拡大した場合に対して、その影響を考察した。

① プレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）

鉄筋拘束力のピークは、乾燥収縮度 ϵ_{cs} を大きくするに従い、低いプレストレス導入度で生じる傾向にあった。鉄筋拘束力は、プレストレス導入度の60%~80%の場合において、乾燥収縮度 ϵ_{cs} が大きくなるほど変化量が大きかった。

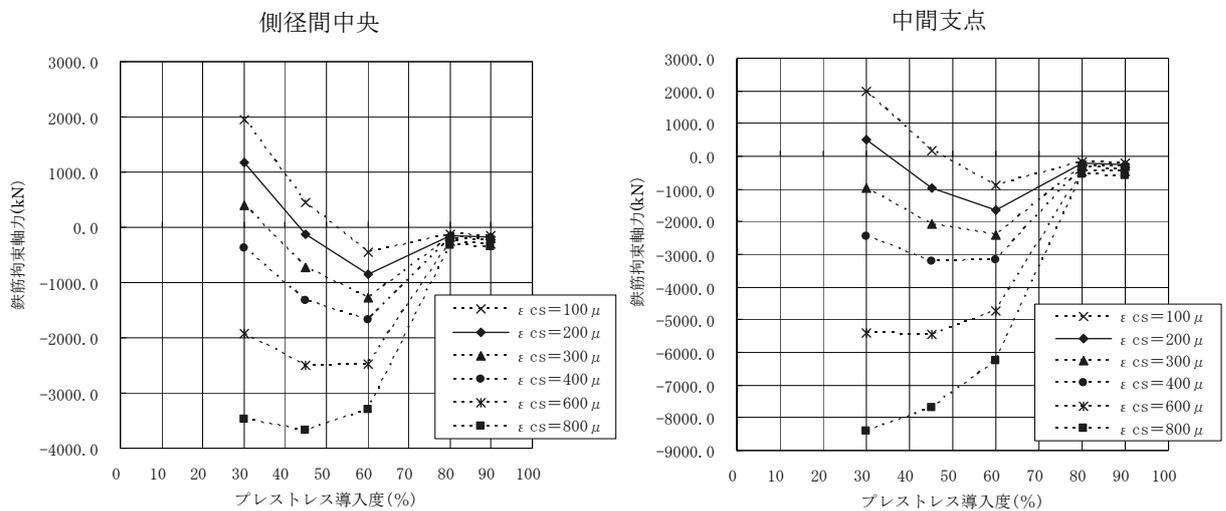


図 4.2.10 プレストレス導入度と鉄筋拘束軸力

② プレストレス導入度と縁応力度（静荷重時）

図4.2.11には、クリープ係数 $\phi=2.6$ 、乾燥収縮度 $\epsilon_{cs}=200\mu$ 時のライン上の引張応力発生限界点とひび割れ発生限界点を緑ラインで示した。縁応力度は、乾燥収縮度 ϵ_{cs} が大きくなるほど傾きが大きくなることから、変化量が大きいことが分かる。

また乾燥収縮度 ϵ_{cs} を $100\mu \sim 800\mu$ で変化させた場合、断面の縁における引張応力度は 2.0N/mm^2 以上増加し、プレストレス導入度が低下するほどその増加量は大きくなる傾向を示した。

一方、静荷重時の縁応力度を引張応力発生限界の応力状態で制御することにより、乾燥収縮度 ϵ_{cs} が多少変動した場合でもひび割れ発生限界の応力状態程度に抑えることが可能であることが示された。

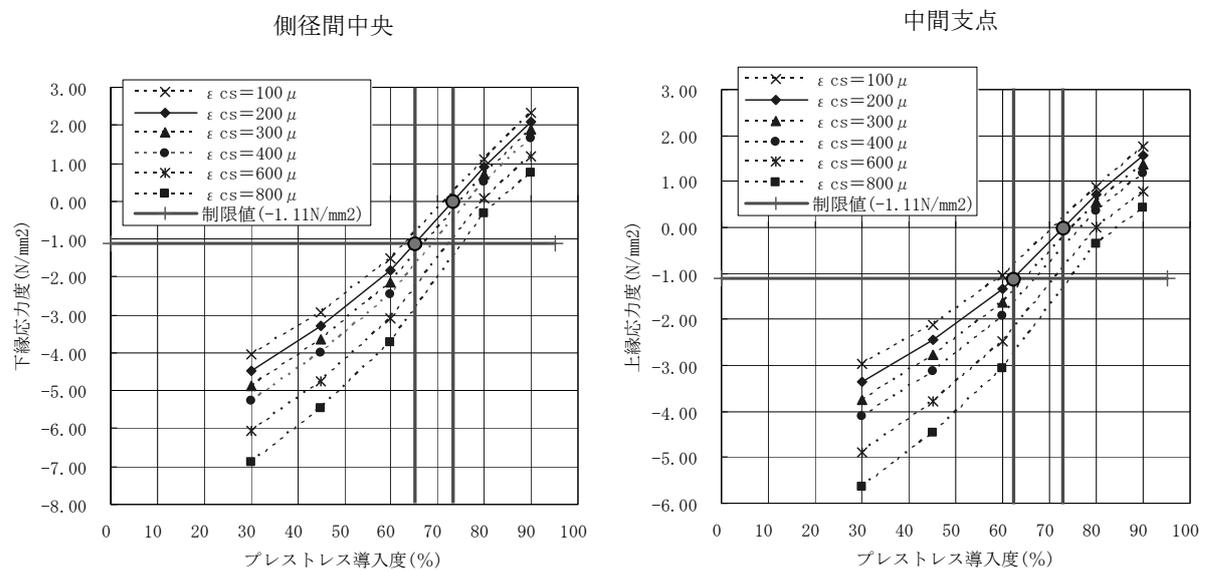


図 4.2.11 プレストレス導入度と縁応力度

③ プレストレス導入度とひび割れ幅（静荷重時）

ひび割れ幅は、乾燥収縮度 ϵ_{cs} が大きくなるに従い大きくなり、その傾向は、プレストレス導入度が80%以下の場合で顕著となった。また、ひび割れ幅の変化量は、PRC構造で標準的なプレストレス導入度の60%~80%の場合において、最も大きかった。

乾燥収縮度 ϵ_{cs} を $100\mu \sim 800\mu$ の間で変化させた場合、ひび割れ幅は 0.15mm 前後大きくなった。この量は、許容ひび割れ幅（設計荷重時）に対して、側径間中央で 50%、中間支点で 70%を占める量である。

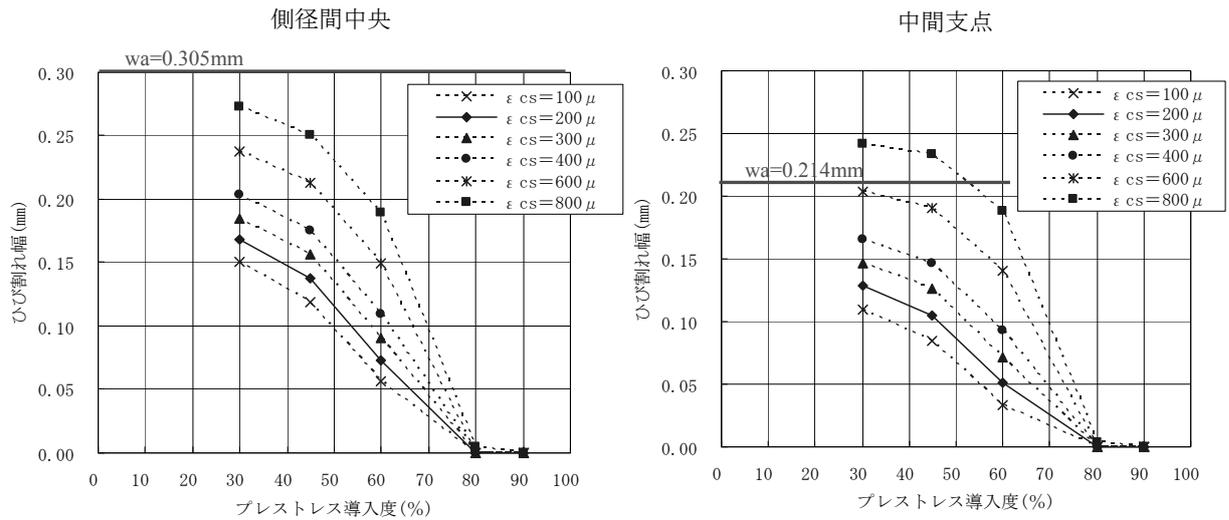


図 4.2.12 プレストレス導入度とひび割れ幅

4.2.3 鋼材応力度の変化量

パラメータ解析結果から、活荷重によるプレストレス導入度と鉄筋及びPC鋼材応力度の増加量を算出した。結果を表4.2.1～4.2.3及び図4.2.13～4.2.14に示す。

表 4.2.1 箱桁 $\phi = 2.6$ $\varepsilon_{cs} = 200 \mu$

箱桁		構造種別		PRC構造					
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5	
		12S15.2BL		Np=6本	Np=9本	Np=12本	Np=16本	Np=18本	
		(導入度 %)		30	45	60	80	90	
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
乾燥収縮度		200 μ	200 μ	200 μ	200 μ	200 μ			
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量	鉄筋面積(mm ²)		D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100	
		鉄筋量比率		61560	42887	27362	1710	1710	
		Ms(kN・m)		59.1	40.2	24.3	1.5	1.3	
	鉄筋拘束力	Ns(kN)		-1663.4	190.6	1246.7	212.7	259.7	
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁		1168.4	-132.1	-855.3	-143.3	-175.2
			下縁		-0.09	0.01	0.07	0.01	0.02
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁		0.55	-0.06	-0.43	-0.08	-0.09
			下縁		6.11	6.30	6.43	6.42	6.43
		活荷重時	上縁		-4.46	-3.29	-1.82	0.91	2.10
			下縁		8.32	8.55	8.69	8.72	8.74
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-7.77	-6.74	-5.39	-2.91	-1.70	
		活荷重時		-113.50	-92.80	-49.10	7.29	15.02	
		変動量		-205.10	-208.70	-192.50	-134.70	-54.10	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		-91.60	-115.90	-143.40	-141.99	-69.12	
		活荷重時		0.17	0.14	0.07	-	-	
		変動量		0.30	0.31	0.29	0.20	0.08	
	PC鋼材応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-109.67	-89.45	-46.81	8.18	15.72	
		活荷重時		-198.63	-202.10	-186.28	-129.91	-51.30	
変動量			-88.96	-112.65	-139.47	-138.09	-67.03		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量	鉄筋面積(mm ²)		D38ctc100	D32ctc100	D25ctc100	D6ctc100	D6ctc100	
		鉄筋量比率		111720	77832	49657	3104	3104	
		Ms(kN・m)		72.4	54.9	36.8	2.7	2.4	
	鉄筋拘束力	Ns(kN)		465.3	-884.4	-1554.5	-218.6	-254.9	
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁		511.3	-952.2	-1645.4	-224.7	-262.3
			下縁		0.12	-0.23	-0.41	-0.06	-0.07
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁		-0.04	0.07	0.13	0.02	0.02
			下縁		-3.36	-2.45	-1.33	0.72	1.58
		活荷重時	上縁		8.07	7.46	6.79	5.76	5.30
			下縁		-5.03	-4.20	-3.14	-1.20	-0.34
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		10.66	10.07	9.42	8.43	7.97	
		活荷重時		-86.40	-71.00	-34.60	5.91	11.40	
		変動量		-135.00	-135.00	-117.20	-34.30	-2.40	
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		-48.60	-64.00	-82.60	-40.21	-13.80	
		活荷重時		0.13	0.11	0.05	-	-	
		変動量		0.20	0.20	0.17	0.05	0.00	
	PC鋼材応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-82.92	-68.00	-32.61	6.73	12.00	
		活荷重時		-129.88	-129.98	-112.73	-32.05	-1.01	
変動量			-46.96	-61.98	-80.11	-38.77	-13.02		

表 4.2.2 2主版桁 $\phi = 2.6$ $\varepsilon_{cs} = 200 \mu$

2主版桁		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		12S12.7BL		Np=5本	Np=7.5本	Np=10本	Np=12.8本	Np=15本
		(導入度 %)		31	47	63	80	94
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		200 μ				
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D51ctc100	D38ctc100	D25ctc100	D6ctc250	-
		鉄筋面積(mm ²)		28700	18200	8107	253	0
		鉄筋量比率		51.6	31	13.1	0.4	0
	鉄筋拘束力	Ms(kN・m)		-308.5	454	580	33.9	
		Ns(kN)		289.8	-419.8	-526.8	-30.2	
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.06	0.09	0.12	0.01	
			下縁	0.26	-0.04	-0.52	-0.03	
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	3.69	3.54	3.26	2.82	2.57
			下縁	-3.98	-2.44	-0.37	2.45	4.20
		活荷重時	上縁	6.02	5.91	5.68	5.28	5.02
			下縁	-8.78	-7.44	-5.59	-2.93	-1.16
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-86.60	-48.70	-3.40	16.56	27.67
		活荷重時		-218.10	-213.80	-189.10	-90.80	-5.83
		変動量		-131.50	-165.10	-185.70	-107.36	-33.51
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.12	0.07	0.00	-	-
		活荷重時		0.30	0.30	0.28	0.19	-
	PC鋼材応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-82.48	-46.02	-2.46	16.65	27.29
		活荷重時		-208.53	-204.41	-180.68	-86.12	-4.37
変動量		-126.05	-158.40	-178.22	-102.77	-31.66		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D25ctc100	D19ctc100	D25ctc100	-	-
		鉄筋面積(mm ²)		53900	28500	1298	0	0
		鉄筋量比率		66.7	41.3	2.4	0	0
	鉄筋拘束力	Ms(kN・m)		-181.7	-368.7	-33.6		
		Ns(kN)		-424.7	-835.3	-72.9		
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.13	-0.26	-0.02		
			下縁	0.08	0.16	0.02		
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-2.86	-1.76	-0.26	1.16	1.58
			下縁	9.89	8.47	6.85	5.25	5.30
		活荷重時	上縁	-3.97	-3.70	-2.28	-0.86	-0.34
			下縁	12.27	13.00	11.44	9.84	7.97
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-78.10	-44.00	-0.50	9.08	11.78
		活荷重時		-144.90	-142.80	-102.40	-2.39	0.34
		変動量		-66.80	-98.80	-101.90	-11.47	-11.44
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.12	0.07	0.00	-	-
		活荷重時		0.21	0.21	0.21	-	-
	PC鋼材応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-72.75	-40.26	1.22	10.05	12.66
		活荷重時		-136.48	-134.28	-95.76	0.14	2.31
変動量		-63.73	-94.01	-96.98	-9.90	-10.35		

表 4. 2. 3 中空床版 $\phi = 2.6$ $\varepsilon_{cs} = 200 \mu$

中空床版		構造種別		PRC構造				
		No.		case-1	case-2	case-3	case-4	case-5
		7S12.7BL		Np=6本	Np=9本	Np=12本	Np=18本	Np=22本
		(導入度 %)		21	32	43	64	79
		クリープ係数		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
		乾燥収縮度		200 μ				
側 径 間 中 間 断 面	下縁配置鉄筋量			D32ctc125	D32ctc150	D25ctc125	D22ctc250	D6ctc900
		鉄筋面積(mm ²)		53211	44475	33949	13161	317
		鉄筋量比率		73.8	61.1	47.4	18.9	0.5
	鉄筋拘束力	Ms(kN・m)		-118.3	144.3	320.8	332.5	12.3
		Ns(kN)		221.1	-267.9	-587.5	-598.2	-21.7
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	-0.03	0.03	0.07	0.08	0
			下縁	0.09	-0.11	-0.25	-0.27	-0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	4.53	4.42	4.30	3.95	3.63
			下縁	-3.31	-2.71	-2.04	-0.40	0.96
		活荷重時	上縁	7.09	6.99	6.88	6.57	6.27
			下縁	-5.98	-5.41	-4.79	-3.28	-1.99
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-97.50	-80.30	-58.50	-2.58	7.64
		活荷重時		-186.50	-180.40	-176.30	-144.10	-69.50
		変動量		-89.00	-100.10	-117.80	-141.52	-77.14
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.15	0.13	0.09	0.01	-
		活荷重時		0.29	0.30	0.28	0.29	0.30
	PC鋼材応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-90.65	-74.41	-53.82	-1.02	8.53
		活荷重時		-173.96	-168.22	-164.38	-134.02	-63.52
変動量		-83.31	-93.81	-110.56	-133.00	-72.06		
中 間 支 点 断 面	上縁配置鉄筋量			D32ctc100	D29ctc100	D25ctc100	D19ctc100	D6ctc225
		鉄筋面積(mm ²)		81803	66167	52190	23780	1457
		鉄筋量比率		81.3	70	58	29.6	2.1
	鉄筋拘束力	Ms(kN・m)		329	45.8	-182.6	-343.9	-37.1
		Ns(kN)		724.6	99.1	-390.8	-716	-75
		コンクリート応力度 (N/mm ²)	上縁	0.24	0.03	-0.14	-0.27	-0.03
			下縁	-0.08	-0.01	0.05	0.09	0.01
	合成曲げ応力度 (N/mm ²)	静荷重時	上縁	-3.73	-3.25	-2.72	-1.40	-0.21
			下縁	6.22	6.00	5.77	5.23	4.77
		活荷重時	上縁	-5.57	-5.14	-4.65	-3.42	-2.31
			下縁	8.54	8.34	8.12	7.61	7.18
	鉄筋応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-88.90	-83.90	-74.00	-30.90	0.82
		活荷重時		-137.70	-141.30	-141.80	-133.40	-106.60
		変動量		-48.80	-57.40	-67.80	-102.50	-107.42
	ひび割れ幅(mm)	静荷重時		0.13	0.12	0.11	0.05	0.00
		活荷重時		0.20	0.21	0.21	0.21	0.21
	PC鋼材応力度 変化量(N/mm ²)	静荷重時		-81.90	-77.25	-67.96	-27.36	2.49
		活荷重時		-127.25	-130.73	-131.28	-123.52	-98.31
変動量		-45.35	-53.48	-63.32	-96.15	-100.80		

※負：引張力

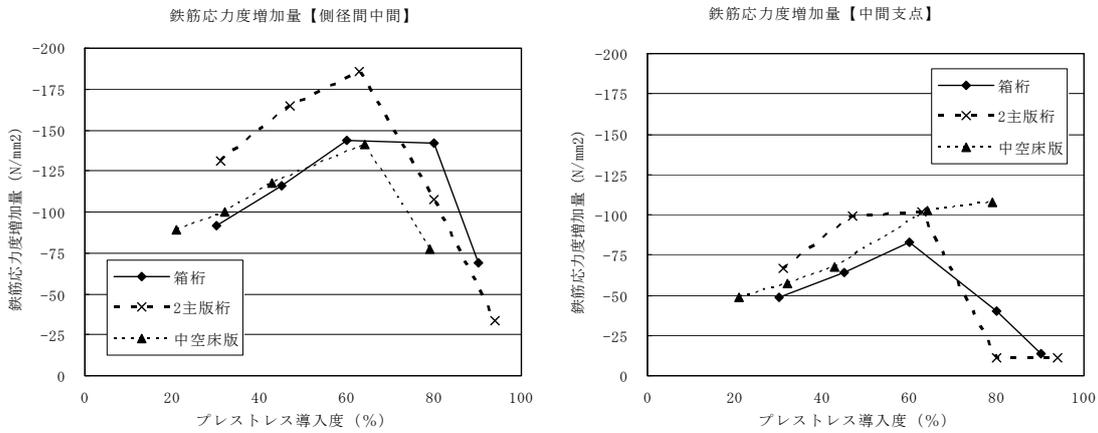


図 4.2.13 プレストレス導入度と活荷重による鉄筋応力度増加量

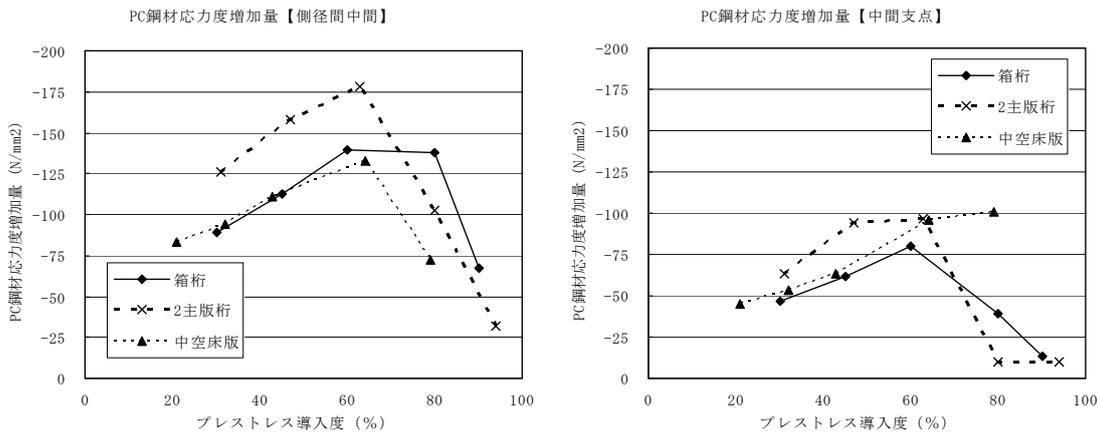


図 4.2.14 プレストレス導入度と活荷重によるPC鋼材応力度増加量

活荷重による鋼材応力度の増加量は、鉄筋及び PC 鋼材ともに、概ね支間中央で 30～180N/mm²、中間支点上で 10～100N/mm²程度であった。

プレストレス導入度 60%付近において、活荷重による鋼材応力度の増加量（変動量）にピークが認められた。これは、プレストレス導入度が低くなるに従い、静荷重時の鋼材応力度は徐々に負の方向に変化していくのに対し、活荷重時の鋼材応力度の負の方向への変化は 60%付近で頭打ちとなったことにより、結果的に鋼材応力度の増加量が 60%付近においてピークを示したものである。

4.3 まとめ

PRC 構造における主桁断面形状、クリープ及び乾燥収縮などの変動要素、活荷重による鋼材応力度の増加量が設計結果及び疲労に及ぼす影響の大きさを検証した。得られた知見を以下に示す。

(1) 主桁断面形状の影響

- ① プレストレス導入度と鉄筋拘束力（軸力）の関係に対しては、プレストレス導入度 60%前後において鉄筋拘束力が最大となる傾向が見られたものの、その傾向に対する主桁断面形状の影響は明確とはならなかった。
- ② プレストレス導入度とコンクリート縁応力度（静荷重時）の関係に対しては、中空床版の側径間中央におけるプレストレス導入度の低下に伴う引張応力の変化が、他の断面形状や検討位置に比べて特に小さく、プレストレス導入度の変化に鈍感な傾向を示した。
- ③ プレストレス導入度と鉄筋拘束力及びひび割れ幅（静荷重時）の関係に対しては、試設計において対象とした 3 種類の主桁断面形状の違いによる有意な差異は認められなかった。

以上のことから、主桁断面形状による疲労に対する影響は小さいと言える。

(2) 変動要素の影響

- ① 鉄筋拘束力及びひび割れ幅（静荷重時）は、プレストレス導入度が低いほどクリープ・乾燥収縮の変動の影響が大きくなる傾向を示した。
- ② PRC 構造で標準的なプレストレス導入度の 60~80%におけるプレストレス導入度がひび割れ幅に与える影響は、クリープよりも乾燥収縮度を変動要素とした場合に大きくなる傾向を示した。
- ③ 乾燥収縮度 ϵ_{cs} を $100\mu \sim 800\mu$ で変化させた場合、プレストレス導入度が低下するほど、断面の縁における引張応力度の増加量は大きくなる傾向を示した。

一方、縁応力度を引張応力発生限界の状態に制御することにより、乾燥収縮度が変動した場合でもひび割れ発生限界内の応力状態に抑えることが可能であることが示された。

以上のことから、変動要素のうち特に乾燥収縮度の変動による疲労に対する影響は大きい傾向にあると言える。

PRC 構造において、乾燥収縮度の変動により鉄筋拘束力やひび割れ幅、断面の縁における引張応力度の増加量に影響を及ぼす傾向があることは、現状では乾燥収縮度の見積もりに対する不確実性が大きく、その結果として鉄筋拘束力やひび割れ幅という疲労損傷に関わる要素を大きくばらつかせることにつながっている。そのため、疲労の影響を適切に評価するための方策として、乾燥収縮度を精度良く見積もることが考えられる。

(3) 活荷重による鋼材応力度の増加量

活荷重による鋼材応力度の増加量は、プレストレス導入度に影響を受けることが明らかとなった。またその増加量は、PRC 構造で標準的なプレストレス導入度の 60~80%において最も大きく、本試設計モデルにおける鉄筋及び PC 鋼材では支間中央において 180N/mm^2 、中間支点上において 100N/mm^2 程度の発生が確認された。

活荷重による鋼材応力度の増加量が大ききことは、内部鋼材の疲労に影響を及ぼす応力変動度が大きくなることを意味している。PRC 構造は PC 構造と比較し、この応力変動度が相対的に大きくなることから、活荷重による変動応力による疲労への影響が大きいと言える。

【4章 参考文献】

- 1) (社)プレストレストコンクリート建設業協会 コンクリート構造物の設計の合理化に関する研究委員会：平成18年度 PRC 構造の適用条件に関する研究報告書、中日本道路株式会社、平成19年2月
- 2) 東日本高速道路（株）、中日本高速道路（株）、西日本高速道路（株）：設計要領 第二集 橋梁建設編、平成18年4月
- 3) 土木学会：[平成8年制定]コンクリート標準示方書 設計編、平成8年3月