

V-329

PRC 鉄道桁の補強鋼材量と
限界状態について

J R 東日本 東京工事事務所 正員 有川貞久
 J R 東日本 東京工事事務所 正員 大石辰雄
 J R 東日本 東京工事事務所 正員 木村大介

1. 研究の目的

限界状態設計法に基づいて、I型のPRC鉄道桁の試設計を行い、「曲げ」に着目しながら鉄筋やPC鋼材の量はどの限界状態によって決定されるのか把握することを目的とする。

2. 設計条件及びPRC桁補強鋼材量の検討方法

7種類のI型PRC桁を設計した。その設計条件は図-1及び表-1に示す通りである。

それぞれ材料強度と荷重の特性値ならびに安全係数を用いて、使用限界、疲労限界、終局限界の3つの限界状態で安全性の照査を行う(表-2)。

制限値にする計算値が最も高くなる値のときの限界状態で補強鋼材量決まったとき、その桁の補強鋼材量が決まったものとする。

設計条件	
耐用年数	100年
スパン	30.2m
列車荷重	EA-17
線形	複線
軌道	スラブ軌道
コンクリート	$f'_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ (4主桁) $=450\text{kgf/cm}^2$ (7主桁)
鉄筋	SD35
PC鋼材	12T12.7B

表-1 設計条件

使用限界状態	疲労限界状態	終局限界状態
通常の使用耐久性の観点から、使用ひび割れ、割れ、ひび割れ、ひび割れ	鉄筋 PC鋼材 コンクリート	ひずみ $\gamma_i \cdot S_d / R_d \leq 1.0$ Sd: 設計断面力 Rd: 設計断面耐力 γ_i : 構造物係数

表-2 限界状態ごとの検討項目

3. 検討ケース

共通条件を基に7つのケースについて検討を行った(表-3)。

ケース	桁数	曲線	斜角	等級	桁高	スパン比	リア幅
1	4	直線	なし	1	2.6	1/12	あり
2				1	2.6	1/12	なし
3	7	R=600	両斜角	1	1.6	1/19	あり
4				4	1.5	1/20	あり
5	8	R=600	60°	1	1.6	1/19	あり
6				1	1.6	1/19	なし
7				4	1.5	1/20	あり

表-3 検討ケース

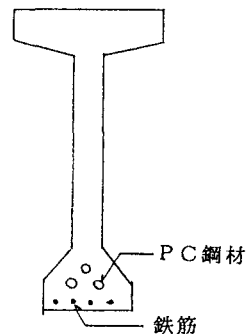


図-1 PRC桁の例
(スパン中央)

4. 結果

使用材料及び、各限界状態における制限値と計算値は表-4の通りである。

4.1 使用限界状態

今回の検討では使用限界状態で補強鋼材量が決定されたものはなかった。鋼材量は使用限界に対して十分余裕があることが分かる。ひび割れはケース4の制限値に近い値を示しているが、他のケースは外観ひびわれ、耐久性ひびわれとも制限値の6~8割で余裕がある(図-2)。

4.2 疲労限界状態

疲労限界状態で補強鋼材量が決定されたのはケース1と2である。疲労限界状態は3つの材料の中ではPC鋼材の疲労限界がどのケースにおいても制限値に近い値を示している。これは比較的PC鋼材の初期の緊張力が大きいことと繰り返し荷重の回数に影響しているからである。また、コンクリートについては制限値の3~4割で疲労の影響は小さく、鉄筋はPC鋼材とコンクリートのほぼ中間の値を示している(図-3)。

4.3 終局限界状態

7、8主桁はすべて終局限界状態によって補強鋼材量が決定された。これらは $\gamma_i \cdot S_d/R_d \leq 1.0$ (2.参照)の値がほとんど1に近い値を示している(図-4)。

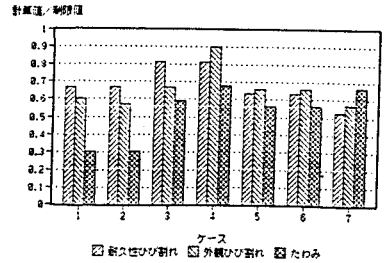


図-2 使用限界状態

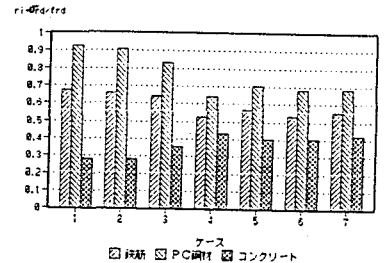


図-3 疲労限界状態

5. 考察

今回の検討では、PRC鉄道桁は、主に疲労限界状態か、または終局限界状態によって補強鋼材量が決定される事が明らかになった。桁高とスパンの比が大きいほど補強鋼材量は終局限界状態で決定される傾向がある。逆に、桁高とスパンの比が小さい桁は鋼材(ここでは特にPC鋼材)の疲労限界状態で決定される傾向にある(図-3、4)。これは、実際の設計の場面において、疲労で決まる傾向にある桁高の高いPRC桁はPC鋼材の導入緊張力を低く与えてやればよく、終局限界状態で決まる傾向にある桁高の低いPRC桁は緊張力を高く与えてやるとよい。

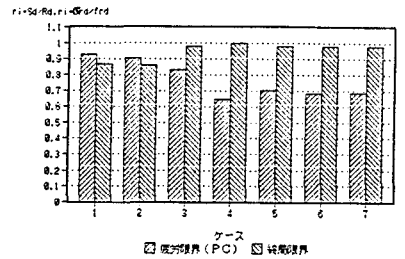


図-4 PC鋼材の疲労限界状態と断面終局限界状態

ケース	主桁	横	桁高/スパン	使用材料		制限値 計算値	使用限界					疲労限界			終局限界 $r_i = S_d/R_d$	
				鉄筋	PC鋼材		鉄筋 (kgf/cm ²)	PC鋼材 (kgf/cm ²)	コンクリート (kgf/cm ²)	耐久性 ひびわれ (mm)	外観 ひびわれ (mm)	たわみ (cm)	鉄筋 (kgf/cm ²)	PC鋼材 (kgf/cm ²)		コンクリート (kgf/cm ²)
1	4	1	あり	D25	12T12.7	制限値	3500	133.0	160.0	0.21	0.30	3.78	1600.0	1083.4	128.0	1.000
				16本	3本	計算値	1949	107.8	85.9	0.14	0.18	1.14	1081.2	1003.3	36.0	0.870
2	4	1	なし	D25	12T12.7	制限値	3500	133.0	160.0	0.21	0.30	3.78	1603.0	1085.0	129.0	1.000
				16本	3本	計算値	1930	107.6	63.0	0.14	0.17	1.14	1050.7	984.1	36.0	0.860
3	7	1	あり	D32	12T12.7	制限値	3500	133.0	180.0	0.27	0.30	3.78	1554.0	1038.0	126.0	1.000
				10本	4本	計算値	1930	107.6	101.5	0.22	0.20	2.23	1000.0	862.3	44.5	0.980
4	7	4	あり	D29	12T12.7	制限値	3500	133.0	180.0	0.27	0.30	3.78	1793.0	1242.0	126.0	1.000
				9本	4本	計算値	1824	116.7	121.0	0.22	0.27	2.58	944.0	799.7	54.4	0.999
5	8	1	あり	D25	12T12.7	制限値	3500	133.0	160.0	0.24	0.30	3.78	1604.0	1053.0	106.1	1.000
				7本	4本	計算値	1972	108.8	96.0	0.15	0.20	2.11	904.6	741.5	42.8	0.980
6	8	1	なし	D25	12T12.7	制限値	3500	133.0	160.0	0.24	0.30	3.78	1607.0	1054.0	106.5	1.000
				7本	4本	計算値	1918	109.1	94.3	0.15	0.20	2.11	857.0	719.6	42.8	0.980
7	8	4	あり	D29	12T12.7	制限値	3500	133.0	160.0	0.23	0.30	3.78	1836.0	1265.0	107.3	1.000
				11本	4本	計算値	1524	112.8	107.0	0.12	0.17	2.53	1021.0	867.0	45.0	0.980

表-3 使用材料および各限界状態の制限値及び計算値