

PCゲルバー桁ヒンジ部の応力解析と補強法

京都大学工学部 正負 岡 田 清
神戸大学工学部 正負 藤 井 学

§1. まえがき

コンクリート構造のゲルバーヒンジ部では、断面の急変による応力集中、コンクリートの不均収縮あるいは温度の不均等分布などによる局部応力が誘起されるため、ひびわれ発生の可能性が少なくない。ヒンジ部の合理的設計法確立のためには、ヒンジ部の応力解析と有効な補強法の研究が必要であり、一連の研究を実施しているが、阪神高速道路神戸西宮線に建設中のPCゲルバーを対象とした模型はりの静的および疲労試験結果はすでに報告した¹⁾。ここでは、ヒンジ部応力および主緊張鉄(後述 P_1, P_1', P_2)、ヒンジ部補強用緊張鉄(P_3)の作用位置、作用方向、支反反力(R)の作用位置等の影響を更に詳細に調べため、有限要素法により数値解析を行ない、この結果と無筋供試体の載荷試験結果とを用い、ひびわれ荷重算定式を誘導し、さきの模型はりの実験値と比較検討したが、その概要を報告する。

§2. 供試体および載荷の種類

計算対象供試体を図-1に示す。ハンチの大きさは $3 \times 30 \text{ cm}$ で $\delta = 45^\circ$ とした。載荷状態の種類は 15 種で、その調査目的を表-1に併記した。有限要素は三角形要素とし、その数は 291 個、節点数 170 個であり、ハンチ隅角部はとくに 3 三角形に分割し応力集中の程度が明瞭になるよう配慮した。表-1での支反反力 $R = 17.2^t$ 、主緊張鉄 $P_1 = P_1' = P_2 = 13.3^t$ は実橋荷重を模型はりに換算した値である。 P_3 鋼鉄は、図-1に示すように $l_3 = 4.5 \text{ cm}$ となるようにし、傾斜角 θ を変化した。

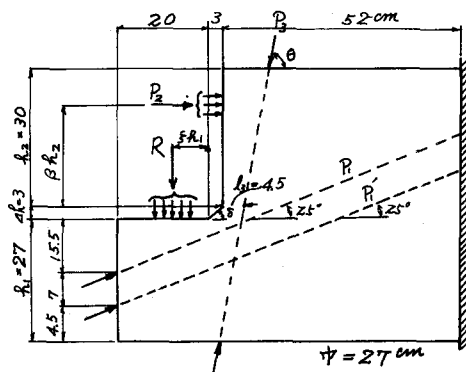


図-1 計算対象供試体

§3. 計算結果

表-1 載荷状態の種類 (単位 ton)

荷重状態 NO.	反力 R	主 緊 張 鉄				P_3 の傾斜角 θ			載荷位置	調査目的
	R	P_1	P_1'	P_2		90°	75°	60°		
1	17.2	13.3	13.3	13.3					R と P_1, P_2 の載荷位置はそれぞれ 5 cm および 10 cm と同じ	合成応力の大きさ
2	"	"	"	"	13.3		13.3			P_1 の影響
3	"	"	"	"	"			13.3		
4	"	"	"	"	"			19.8		
5	"	"	"	"	"					
6		13.3	13.3	13.3	19.8			19.8	P_3 は 10 cm 同	プレストレスのみ
7		"	"	"	"					
8		13.3	"	"	"					
9			13.3	"	"					
10				13.3	"					
11				13.3	"					
12				13.3	"					
13	17.2								$3 = 0.299$	P_3 の影響
14	17.2								0.392	
15	17.2								0.474	

表-1に示す 15 種類の荷重状態に対する各種応力の計算結果次のような定性的事実が明らかとなった。

1) 荷重状態 NO.1 ~ NO.5: NO.1, NO.2 では隅角部に引張応力が発生し、NO.4, NO.5 では圧縮応力が発生する。NO.3 では、 R による引張応力と PC 鋼鉄によるプレストレスが相殺する状態となる。

2) 荷重状態 NO.6 ~ NO.7: 反力が作用していない状態であるため、隅角部にかかり大きなプレストレスが導入され

ており、過大な導入力はコンクリートの圧強強度の要が望しくなへ。No.1~No.7の状態では、 P_2 の傾斜角 θ は $\theta=60^\circ$ 場合補強効率は最も大きい。

3) 荷重状態 No.8~No.9: 主緊張鉄 P_1, P_1' によって隅角部には相当量の圧縮応力が生じ、隅角部補強に役立っており、その効果は、ハンチに近く配置されている P_1 鋼鉄の方が大である。

4) 荷重状態 No.10~No.12: 主緊張鉄 P_2 の作用位置の影響を調べるためのもので、 β (図-1) が大きくなると B 翼での引張応力は大きくなる。しかし、C 翼にはほとんど応力は発生しない。

5) 荷重状態 No.13~No.15: 支反力 R の作用位置の影響を調べるためのもので、 β の増加とともに B および C 翼の引張応力は増大する。

§4. 隅角部の主応力

PC部鉄の場合、載荷によってひびわれは一般にハンチ端の B あるいは C 翼 (図-2) より生ずる。この計算式を得るため、各荷重による B, C 翼の主応力を求めておく。数値計算の解析結果以下の式を得た。

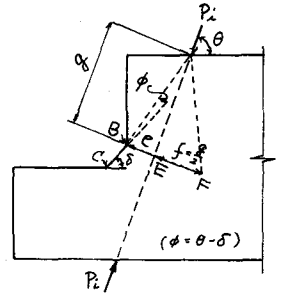


図-2 P_2 による基準応力を求めるための仮定説明図

1) 支反力 R の場合 (引張)

$$\text{基準応力 } B\text{翼: } \sigma_{R0} = \frac{6R(l+rk)}{b(R_1+rk)^2}, \quad C\text{翼: } \sigma_{R0} = \frac{6Rl}{bR_1^2}$$

$$\text{応力集中係数 } B\text{翼: } \alpha_R = 0.566/\beta + 1.460, \quad C\text{翼: } \alpha_R = 0.866/\beta + 1.544, \quad \text{ここに } l = \beta R_1, \quad b = \text{供試材}$$

2) 水平 PC 鋼鉄 P_2 の場合 (引張)

$$\text{基準応力 } B\text{翼: } \sigma_{P2}^0 = P_2/b \cdot H, \quad C\text{翼: } \sigma_{P2}^0 = P_2/b \cdot H$$

$$\text{応力集中係数 } B\text{翼: } \alpha_{P2} = 1.350\beta + 0.460, \quad C\text{翼: } \alpha_{P2} = 0, \quad \text{ここに } H = \text{供試体の全高}$$

3) 傾斜 PC 鋼鉄 P_2 (P_1, P_1', P_3) の場合 (圧縮)

$$\text{基準応力 } B\text{翼: } \sigma_{P2}^0 = P_2 \cos \phi (1 + \frac{3(f-e)}{4+e}) / b(f+e), \quad C\text{翼: } B\text{翼と同一式}$$

$$\text{応力集中係数 } B\text{翼: } \alpha_{P2} = 1.250 + 0.640 \cos^2 \theta, \quad C\text{翼: } \alpha_{P2} = 0.750 + 1.730 \cos \theta \quad (\text{図-2参照})$$

§5 ひびわれ荷重計算式

ハンチの B および C 翼の主応力は基準応力に応力集中係数を乗じて得られる。いまハンチ部の主応力は重ね合せができるものと仮定し、各荷重の合成主応力の引張応力の値が、コンクリートの曲げ強度の k 倍になったときにひびわれが発生するものと仮定する。従ってひびわれ発生時の支反力 R は次式より求めることができる。

$$\sum \alpha_{P2} \sigma_{P2}^0 + k \sigma_0 - \alpha_{P2} \sigma_{P2}^0 - \alpha_R \sigma_{R0} = 0$$

上式のうち項は斜め鋼鉄が複数ある場合はその累加を示し、 σ_0 はコンクリートの曲げ強度である。また k の値は、直線ハンチを有するモルタル供試体による載荷実験の結果より、B 翼: $k=1.4$, C 翼: $k=1.8$ の値を得た。

さらに行った PC はり模型はり (12 種類) の静的載荷実験⁴⁾ によるひびわれ荷重実験値と上記方法による計算値との比較の結果、 $k=1$ と仮定場合、実験値に対する計算値の比 $\eta=0.864$ となり、標準偏差 $\sigma=0.076$ となった。また上記のように k の修正値を用いた場合、 $\eta=0.980$, $\sigma=0.078$ となり、高精度でひびわれ荷重が算定できることが明らかとなった。なお、上記計算式の妥当性の検討と同式の一般化のため、ハンチの形状、寸法、PC 鋼鉄の作用位置、支反力の集中度の影響につき、現在詳細な検討を行っており、その結果は追って報告しない。

参考文献 1) 岡田、藤井: PC ケーバーハンチ部構造について, PC 技術協会, 第 9 回 年次大会概要, 1969. 2.