

ハンチを有するプレキャスト合成床版の研究

エム・テック

東洋大学

SKエンジニアリング

正員○武田 敏雄 松野 浩史 美斉津 昌敏

正員 新延 泰生

正員 小山 幸作

1. まえがき

既存の合成桁橋のR.C.床版を補修するにあたってプレキャスト合成床版の使用がよく検討されるが、コスト高のため使用頻度はそれほど高くはない。しかし工期の短縮あるいは品質管理の面で有利な点もある。一方道路橋示方書の荷重がTL-20からTL-25に改訂され、既存橋梁の耐力上の検討は重要な問題となっている。本研究では、既存の合成桁橋のR.C.床版の補修と新荷重TL-25への対応を念頭におき、プレキャスト床版にハンチを設けることによって鋼桁の荷重負担率を減少させる効果について検討している。

2. 弾性結合を考慮した曲げモーメントの分担率

図-1に示すようなハンチを有するプレキャスト合成床版を持った単純桁の床版および鋼桁との接合部においてずれ s を考慮すると、図-2の微小要素に対して以下の関係式が得られる。1)

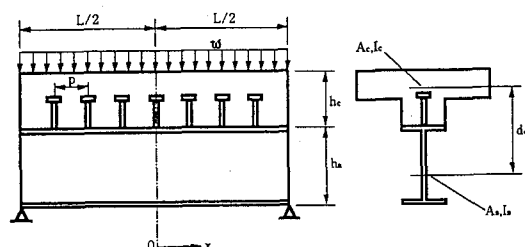


図-1 単純合成桁橋

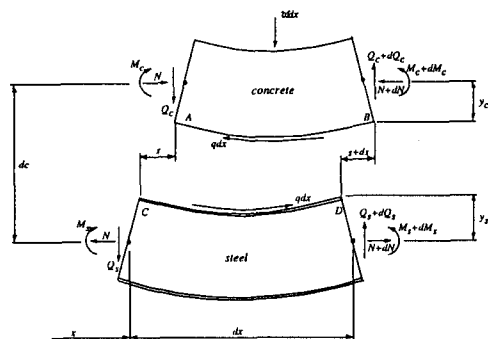


図-2 床版および鋼桁の微小要素

ジベルの荷重-ずれ関係式；

$$p q = k s \quad (1)$$

p, q, k, s はそれぞれジベルのピッチ、接合部に作用するせん断応力、ジベルのパネ定数そして接合部のずれを表す。

力のつり合い式；

$$\frac{dN}{dx} = -q \quad (2)$$

$$\frac{dM_c}{dx} + Q_c = q y_c, \quad \frac{dM_s}{dx} + Q_s = q y_s \quad (3)$$

$$Q_c + Q_s = w x \quad (4)$$

ひずみと断面力との関係式；

$$\phi = \frac{M_s}{E_s I_s} = \frac{n M_c}{k_c E_s I_c} \quad (5)$$

$$\epsilon_{AB} = y_c \phi - \frac{n N}{k_c E_s A_c} - \epsilon_c \quad (6)$$

$$\epsilon_{CD} = -y_s \phi + \frac{N}{E_s A_s} \quad (7)$$

ただし、 E_s は鋼のヤング係数、 n は鋼とコンクリートのヤング係数比($n = E_s / E_c$)、 A_c, I_c および A_s, I_s はそれぞれ床版部および鋼桁部の断面積、図心軸まわりの断面二次モーメントを示す。 ϕ および ϵ はそれぞれ曲率および接合部のひずみを示し、また k_c および ϵ_c はそれぞれコンクリートのヤング係数のクリープによる減少係数および温度あるいはコンクリートの乾燥収縮によるひずみを表す。

接合部における適合条件式；

$$\frac{ds}{dx} = \epsilon_{AB} - \epsilon_{CD} \quad (8)$$

境界条件式；

$$x=0 \text{ で } s=0 \quad (9)$$

$$x=\pm \frac{L}{2} \text{ で } \frac{ds}{dx} = -\epsilon_c \quad (10)$$

$$x=\pm \frac{L}{2} \text{ で } N=M_c=M_s=0 \quad (11)$$

以上の式からずれ s を決定する式は

$$\frac{d^2 s}{dx^2} - \alpha s = -\alpha^2 \beta w x \quad (12)$$

で示され、ずれ s は次式で示される。

$$s = \beta w x - \frac{\beta w + \epsilon_c}{\alpha} \operatorname{sech} \frac{\alpha L}{2} \sinh \alpha x \quad (13)$$

ただし、 α, β は次式で示される。

$$\alpha^2 = \frac{k}{p E_s I_o A'}, \quad \beta = \frac{A' p d c}{k} \quad (14), (15)$$

なお上式で d_c は $d_c = y_c + y_s$ を示し、 A' 、 I_o は

$$\frac{1}{A'} = d_c^2 + \frac{I_o}{A_o}, \quad \frac{1}{A_o} = \frac{n}{k_c A_c} + \frac{1}{A_s} \quad (16), (17)$$

$$I_o = \frac{k_c I_c}{n} + I_s \quad (18)$$

で示されるものである。また床版部および鋼桁部に作用する曲げモーメント M_c および M_s そして軸力 N は以下の諸式で表される。

$$M_c = \frac{k_c I_c A' w}{8 n A_o} (L^2 - 4 x^2) + \frac{k_c E_s I_c A' d_c}{n} (\beta w + \epsilon_c) \times (1 - \operatorname{sech} \frac{\alpha L}{2} \cosh \alpha x) \quad (19)$$

$$M_s = \frac{I_s A' w}{8 A_o} (L^2 - 4 x^2) + E_s I_s A' d_c \times (\beta w + \epsilon_c) (1 - \operatorname{sech} \frac{\alpha L}{2} \cosh \alpha x) \quad (20)$$

$$N = \frac{A' d_c w}{8} (L^2 - 4 x^2) + E_s I_o A' \times (\beta w + \epsilon_c) (\operatorname{sech} \frac{\alpha L}{2} \cosh \alpha x - 1) \quad (21)$$

3. 数値計算例

今、 $k_c = 1$ 、 $\epsilon_c = 0$ 、 $n = 7$ とし、図-3の(a)、(b)の断面を有する合成桁の支間中央における M_c 、 M_s および合成作用による曲げモーメント $N d_c$ の各分担率を求める。ジベルの桁軸方向単位長さ当りのバネ定数 k/p は表-1の7ケースを考えた。ケース(1)、(7)の $k/p = \infty$ 、0はそれぞれ剛結合あるいは非合成の場合を示し、またケース(2)の $k/p = 21600$ はジベルのバネ定数 k およびジベルのピッチ p がそれぞれ $k = 270 \text{ tf/cm}$ 、 $p = 12.5 \text{ cm}$ の場合に相当する。各ケースの M_c 、 M_s および $N d_c$ の分担率を計算し表-2に示す。鋼桁が分担する M_s に注目すると、ハンチを有することによる分担率の減少が明確に認められる。

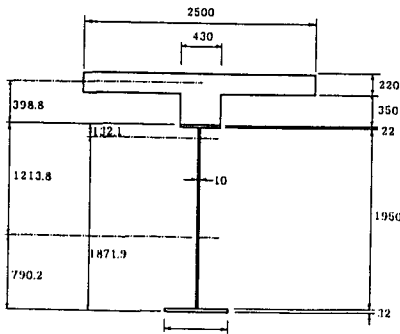


図-3 (a) 計算例 1

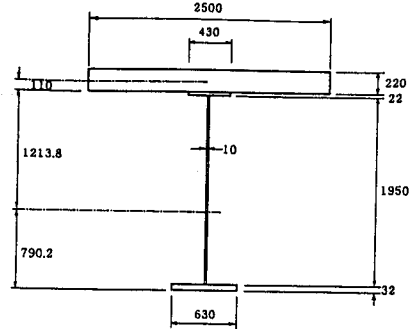


図-3 (b) 計算例 2

合成作用による曲げモーメント $N d_c$ は数字の上では増加しているが、ハンチを設けることによる d_c の増加を考えると軸方向力 N も減少していることがわかる。

表-1 ジベルの桁軸方向単位長さ当りのバネ定数

ケース	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$k/p \text{ (tf/cm/cm)}$	∞	21600	5400	1350	337.5	84.375	0

表-2 M_c 、 M_s 、 $N d_c$ の分担率

ケース	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
分担率 (%)	M_c	1.6 0.4	1.6 0.4	1.6 0.4	1.8 0.4	2.4 0.5	3.7 0.7
	M_s	27.3 38.1	27.5 38.5	28.3 39.3	31.5 42.8	42.3 54.1	63.9 74.4
	$N d_c$	71.1 61.5	70.9 61.1	70.1 60.3	66.7 56.8	55.3 45.4	32.4 24.9

(注) 上段の数字が図-3 (a) に、下段の数字が図-3 (b) に対応する。

4. あとがき

3. の数値計算例からプレキャスト床版にハンチを設けることの有効性が明かとなった。連続桁橋の中間支点上の負の曲げモーメントに対してはハンチ部に外ケーブルを設置することにより対応が可能と考えられる。今後は、荷重分配の効果また接合部のジベルの設計なども含めてさらに詳細に検討していく予定である。

参考文献

- 1) R. P. Johnson: Composite Structures of Steel and Concrete, Vol. 1, Constrade Monographs, 1975
- 2) 土木学会: 鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン, 構造工学シリーズ 3, 1989