

V-361 回復クリープと鉄筋のひずみ拘束を考慮した外ケーブル方式PC桁のクリープ解析

(有) ニーデック 正会員 新平 信幸 中央復建コンサルツ(株) 正会員 安田 穰
中央復建コンサルツ(株) 正会員 中谷 武弘 大阪工業大学 正会員 栗田 章光

1. 研究の目的

著者らは、PC部材における持続応力の連続的な応力緩和のもとに生じる回復クリープ現象と、さらに鉄筋のひずみ拘束を考慮して、より正確なクリープ解式を示し、それらの影響について評価した¹⁾。そこで、本研究では、将来、普及が予想される外ケーブル方式のPC桁について、そのクリープ解式を応用し、回復クリープと鉄筋のひずみ拘束の影響について数値計算結果から考察を行った。

2. 外ケーブルのクリープ解

図-1は、上側・下側鉄筋、内ケーブル及び外ケーブルを配置した断面に、時刻 t_1 にプレストレスを含めた外力を作用させた時の力のつり合い状態を示している。任意時刻 t における外ケーブルの張力変化量を不静定力とし、静定系で求められた鉄筋と内ケーブルの変化応力から、クリープひずみは、

$$\Delta \varepsilon_{t-t_1} = \frac{\sigma_c}{E_c} \varphi(t-t_1) + \frac{\Delta \sigma_{c, t-t_1}}{E_c} (1+\eta) \quad \text{..... (1)}$$

で求められる。

ここで、図-2(a)に示す外ケーブル方式PC桁を考えた時、静定系における既知力は、

$$P_{c, t-t_1}^0 = P_c \frac{\varphi(t-t_1)}{1+\eta} + \Delta P_{c, t-t_1} \quad \text{..... (2)}$$

$$M_{c, t-t_1}^0 = M_c \frac{\varphi(t-t_1)}{1+\eta} + \Delta M_{c, t-t_1} \quad \text{..... (3)}$$

として、図-2(b)(c)のように表される。

次に、不静定力 ΔX_{t-t_1} による断面力は、図-2(d)(e)(f)ようになる。今、コンクリートの弾性係数を

$$E_c' = E_c / (1+\eta)$$

で表し、弾性方程式から外ケーブルのクリープによる軸力変化量は、次式により計算できる。

$$\Delta X_{t-t_1} = - \frac{D}{d} \quad \text{..... (4)}$$

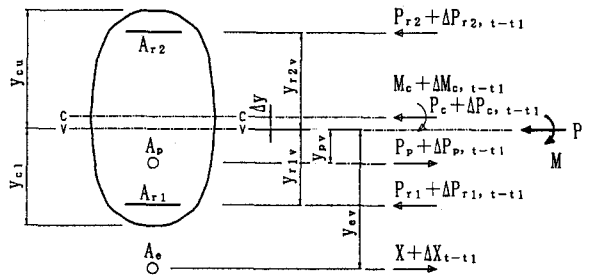


図-1 PC断面の力のつり合い状態

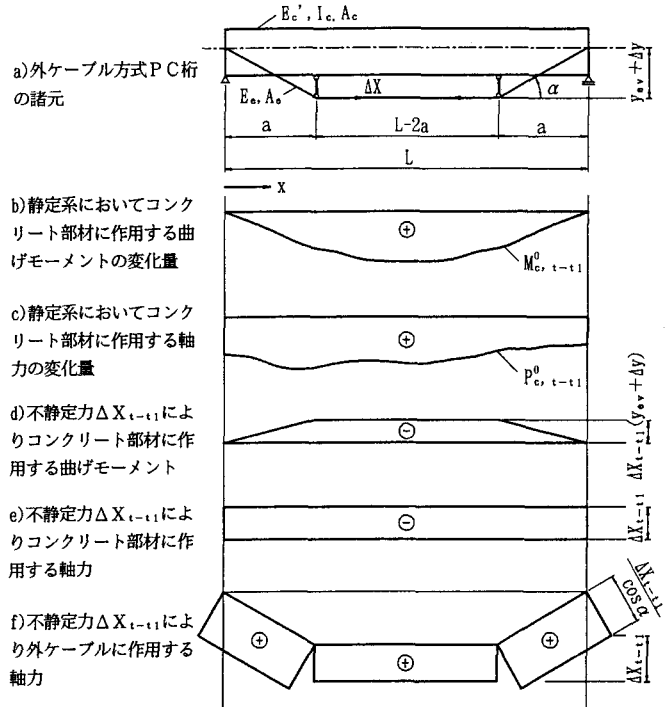


図-2 外ケーブルの軸力変化量 ΔX_{t-t_1} の算定用断面力図

$$D = \frac{2}{a}(y_{ev} + \Delta y) \int_0^a \Delta M_{c, t-t_1}^0 dx + 2(y_{ev} + \Delta y) \int_0^{L/2} \Delta M_{c, t-t_1}^0 dx + \frac{I_c}{A_c} \int_0^L \Delta P_{c, t-t_1}^0 dx \quad \text{----- (5)}$$

$$d = \frac{(y_{ev} + \Delta y)^2 (3L - 4a)}{3} + \frac{I_c L}{A_c} + \frac{E_c' I_c}{E_e A_e} \left\{ L - 2a \left(1 - \frac{1}{\cos^3 \alpha} \right) \right\} \quad \text{----- (6)}$$

最終的な断面力は式(4)～(6)より求められた外ケーブルの軸力変化量 ΔX_{t-t_1} に伴う内ケーブル及び鉄筋の分担断面力を、それぞれ当初の断面力と静定系での断面力変化量とに加算して得ることができる。

3. 数値計算結果とその考察

以上に示した解式を用いて、図-3に示すような外ケーブル方式PC桁の回復クリープと鉄筋のひずみ拘束の影響について検討を行った。表-1に計算条件を示し、表-2に数値計算結果を示す。

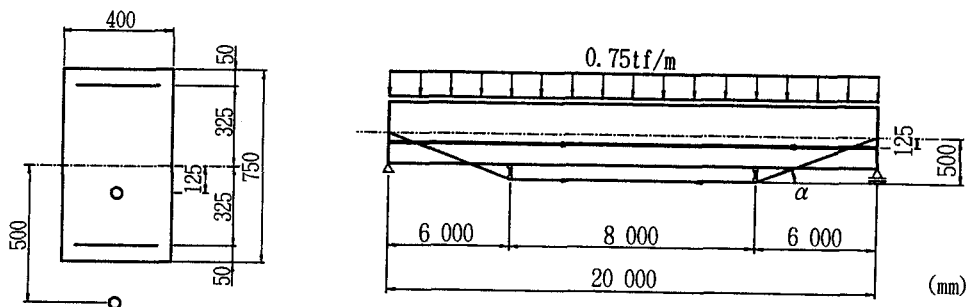


図-3 計算に用いた外ケーブル方式PC桁

表-1 計算条件

断面値	外ケーブル	11.096cm ²
	内ケーブル	5.548cm ²
	上側鉄筋	3.801cm ²
	下側鉄筋	25.355cm ²
弾性係数	コンクリート	3.5×10^5 kgf/cm ²
	外ケーブル	2.0×10^6 kgf/cm ²
	内ケーブル	3.5×10^6 kgf/cm ²
	鉄筋	2.1×10^6 kgf/cm ²
荷重	外ケーブル緊張力	144tf
	内ケーブル緊張力	72tf
	主桁自重	0.75tf/m

表-2 クリープによる軸力の変化量（中央断面）

		外ケーブル	内ケーブル	下側鉄筋	上側鉄筋
		ΔX_{t-t_1} (tf)	$\Delta P_{e, t-t_1}$ (tf)	$\Delta P_{e, t-t_1}$ (tf)	$\Delta P_{r, t-t_1}$ (tf)
鉄筋考慮	①回復クリープ考慮	-11.68 (8.11%)	-5.06 (7.03%)	35.83	-0.26
	②回復クリープ無視	-12.31 (8.55%)	-5.21 (7.24%)	37.08	-0.33
	②/①	1.054	1.030	1.035	1.269
鉄筋無視	③回復クリープ考慮	-20.01 (13.90%)	-7.65 (10.63%)	—	—
	④回復クリープ無視	-20.48 (14.22%)	-7.67 (10.65%)	—	—
	④/③	1.023	1.003	—	—
③/①		1.713	1.512	—	—
④/②		1.664	1.472	—	—

() 内は時刻 t_1 の軸力に対する変化の割合を示す。

表-2の計算結果から明らかとなったことを以下にまとめる。

- 1) 外ケーブル緊張力のクリープによる損失量は内ケーブルに比べて大きく、また回復クリープと鉄筋拘束の影響を受けやすい。これは、桁の曲げ変形に伴う損失が大きく影響しているものと考えられる。
- 2) 回復クリープの影響は極めて小さいが、鉄筋比が大きくなると無視できなくなると思われる。
- 3) 鉄筋拘束の影響により、外ケーブルの損失量はかなり低下するが、その反面コンクリート下縁の圧縮応力度は低下し、設計上鉄筋の影響は無視できない。

今後、さらに外ケーブル構造について詳細に検討すると共に、ひずみ拘束鋼材比の大きい部材についても検討していきたいと考えている。

- 1) 中谷、新平、安田、栗田：回復クリープと鉄筋のひずみ拘束を考慮したプレストレスコンクリート部材のクリープ解析、構造工学論文集Vol.39A、土木学会、1993年3月。