

大阪工業大学 工学部 正会員 栗田 章光\*

大阪工業大学 大学院 学生員○山田 真寛\*

川田工業 (株) 正会員 渡辺 晃\*\*

## 1. はじめに

平成6年2月に道路橋示方書での設計活荷重がTL-25へ改正された<sup>1)</sup> ことにより、TL-20等の旧設計活荷重で設計された橋梁に対しては、何らかの補強が必要となってきた。そこで著者らは、プレビーム合成桁を対象にした外ケーブルによる補強工法を考案した。本研究では外ケーブルにより補強されたプレビーム合成桁の経時挙動解析を行い、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮による外ケーブルの張力損失などについての検討を行った。本文では、その解析結果を報告する。

## 2. 経時挙動の解析法

経時挙動解析には、合成桁に作用する断面力を床版コンクリート、下フランジコンクリート、および鋼桁に分けて取り扱う分担断面力法を用いた。解析の手順としては、まず、クリープを生じさせる持続外力となるリリース力、プレビーム自重（時刻 $t=t_1$ ）、後死荷重（時刻 $t=t_2$ ）、および外ケーブルによる導入力（時刻 $t=t_3$ ）を設定し、それぞれの段階において生じる分担断面力を求め、次に、これらを回復クリープを考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係式<sup>2)</sup>に代入し、変化応力度および曲率変化量を求める。そして最後に、曲率変化量と弾性方程式を用いて、外ケーブル緊張力の変化量ならびに桁各部の変化応力度を算出する。

一例として、図-1のようなケーブル配置の場合のクリープによるケーブル張力変化量の算定法を示す。

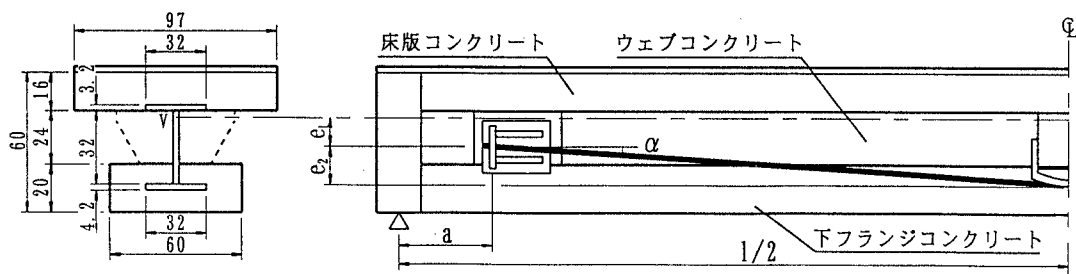


図-1 断面形状と外ケーブル配置モデル

ひずみおよび曲率の適合条件式により、外ケーブル補強後のクリープによる鋼桁図心のひずみおよび曲率の変化量は次式で表される。

$$\Delta \varepsilon_{s,t-t_3}^{0M} = \frac{\Delta N_{s,t-t_3}^{0M}}{E_s A_s} \quad (\text{ひずみ変化量}), \quad \Delta \theta_{s,t-t_3}^{0M} = \frac{\Delta M_{s,t-t_3}^{0M}}{E_s I_s} \quad (\text{曲率変化量}) \quad (1)$$

ケーブル定着部にケーブル方向に単位力を作用させた場合のケーブル方向の作用線方向変位 $\delta_{11}$ は

$$\delta_{11} = (l - 2a) \left\{ \frac{\cos^2 \alpha}{3E_s I_{r2}} (3e_1^2 + 3e_1 e_2 + e_2^2) + \frac{\cos^2 \alpha}{E_s A_{r2}} + \frac{1}{E_p A_p \cos \alpha} \right\} \quad (2)$$

key words : 外ケーブル・クリープ・乾燥収縮・分担断面力

\* 〒531 大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL 06-952-3131 FAX 06-957-2131

\*\* 〒114 東京都北区滝野川 1-3-1 TEL 03-3915-3301 FAX 03-3915-3771

鋼桁に着目した場合のケーブル定着位置でのクリープによる変位成分  $\delta_{kl}$  は

$$\delta_{kl} = -\frac{\Delta \theta_{s,l-1}^{0M}}{4E_s I_s} (l-2a) \{ 4e_1 \cos \alpha + (l-2a) \sin \alpha \} + \frac{\cos \alpha \Delta \epsilon_{s,l-1}^{0M}}{E_s A_s} (l-2a) \quad (3)$$

式(2)、(3)により弾性方程式  $\Delta P_e^{0M} \delta_{11} + \delta_{kl} = 0$  を解けば、クリープによる外ケーブル緊張力の変化量  $\Delta P_e^{0M}$

$$\Delta P_e^{0M} = -\frac{\delta_{kl}}{\delta_{11}} \quad (4)$$

が得られる。

### 3.解析条件

断面形状および外ケーブル配置には図-1 のものを用い、表-1 の計算条件で解析を行った。外ケーブルの導入プレストレスは 40tf（片側 20tf の 2 本）とし、解析結果図中の case1、2、3 とはプレビーム合成桁としての供用期間をそれぞれ 3 年、5 年、10 年とし、その後外ケーブル補強を行ったことを意味している。

### 4.解析結果

表-2 はスパン中央部下フランジコンクリート下縁の応力計算結果である。プレビーム合成桁完成時における残存応力は 59.7kgf/cm<sup>2</sup> であるが、応力度の損失は道路橋供用期間中に大きく表れ、ケーブル補強後の損失は微小なものであることがわかった。図-2 はクリープおよび乾燥収縮による外ケーブル緊張力の損失量を示したものである。クリープおよび乾燥収縮による張力の損失は、補強時期が早いほど大きくなるという結果が得られたが、その量は case1（供用期間 3 年）においてもプレストレス導入張力 40tf に対して 224kgf(0.56%)と微小であることがわかった。

表-2 下フランジコンクリート下縁の応力

|       | 完成時  | 補強前 | 補強後  | 最終値  |
|-------|------|-----|------|------|
| case1 | 59.7 | 6.7 | 33.2 | 24.4 |
| case2 | 59.7 | 3.9 | 30.4 | 25.1 |
| case3 | 59.7 | 1.4 | 27.9 | 25.6 |

単位(kgf/cm<sup>2</sup>)

### 4.まとめ

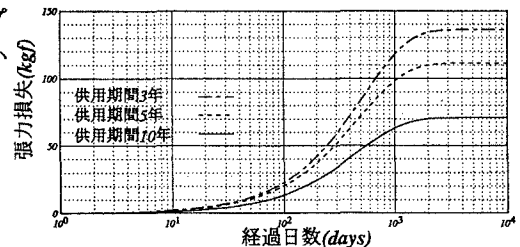
外ケーブル補強後の下フランジコンクリートのクリープおよび乾燥収縮による応力度の損失は非常に小さく、補強により導入された応力(26.5kgf/cm<sup>2</sup>)は有効に作用していると思われる。したがって、最も重要な問題といえるケーブル張力の損失量は僅かな量である。したがって、プレビーム合成桁の補強工法として、外ケーブルによる方法は、非常に有効なものであると言える。

（参考文献）

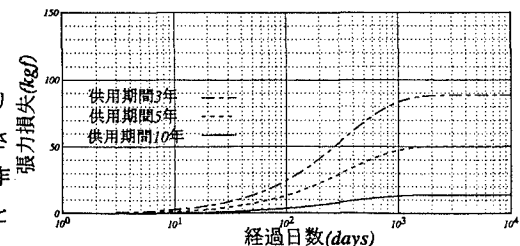
- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編、平成6年2月
- 2) 栗田章光：回復クリープの影響を考慮した鋼・コンクリート合成桁橋の経時挙動に関する研究、1994年9月

表-1 数値計算条件

| 材料特性   |                                                  |
|--------|--------------------------------------------------|
| 鋼桁     | $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$         |
| 下フランジ  | $E_c = 3.75 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$        |
| 床版     | $E_b = 2.33 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$        |
| 外ケーブル  |                                                  |
| 偏向角度   | $\alpha = 1.45^\circ$                            |
| 偏心距離   | $e_1 = 1.06 \text{ cm}$ $e_2 = 17.75 \text{ cm}$ |
| 弾性係数   | $E_p = 1.91 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$        |
| 断面積    | $A_p = 2.771 \text{ cm}^2 / \text{本}$            |
| クリープ係数 |                                                  |
| 下フランジ  | $\phi_c = 2.61$                                  |
| 床版     | $\phi_b = 2.38$                                  |
| 乾燥収縮   |                                                  |
| 下フランジ  | $\epsilon_{cc} = 195 \times 10^{-6}$             |
| 床版     | $\epsilon_{bc} = 220 \times 10^{-6}$             |



(a) クリープ



(b) 乾燥収縮

図-2 ケーブル張力の損失量