

大阪工業大学 学生員 〇牛島 祥貴 大阪市立大学 正会員 中井 博
大阪工業大学 正会員 栗田 章光 修成建設専門学校 正会員 瀬野 靖久

1. まえがき

新設橋梁に外ケーブルを採用した施工実績は、ヨーロッパを中心として多く、既に 100 橋以上にも達している。また、供用中に橋梁を補強する目的で外ケーブル方式を適用した例を上げると、その数は、数倍にのぼるものと思われる¹⁾。外ケーブル方式は、従来から多く用いられている内ケーブル方式よりも施工性のみならず経済性が向上し、ケーブルの取替えおよび再緊張も可能である。しかし、我が国では諸外国に比べて量的にも質的にも遅れをとっているのが現状である。その理由の一つとして、本形式橋梁の経時挙動が未解明であることが挙げられる。そこで、著者らは、外ケーブルを有する合成桁(図-1, 2)の経時挙動に及ぼすクリープおよび乾燥収縮の影響に着目し、回復クリープをも考慮した解析を誘導することにした。

2. 解析法

クリープおよび乾燥収縮解析におけるコンクリートの応力-ひずみ関係式として、式(1)および式(2)を用いることにする。

ケーブル張力の影響を考慮した持続モーメントに対応する分担断面力がそれぞれの部材に作用する。そこで、コンクリート床版の分担断面力によりクリープ現象が生じる。任意時刻 t における断面のひずみ分布を図-3 に示す。

それと同様に、持続軸方向力によるクリープおよびコンクリート床版の乾燥収縮により、合成断面のひずみが増加する。ケーブル張力の変化は、そのひずみ変化により生ずるものであり、そこで、全体系に着目してケーブル定着部の仮想変位および実変位の変化量は、それぞれ、式(3)および式(4)で求められる。^{2), 3)}

$$\delta_{11} = \int_0^l \frac{\overline{M}_1^2}{E_s I_V} dx + \int_0^l \frac{\overline{N}_{1g}^2}{E_s A_V} dx + \int_0^l \frac{\overline{N}_{1e}^2}{E_e A_e} ds \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta \delta_{1d, t-t_1} = \int_0^l \overline{M}_1 \Delta \theta_{V, t-t_1}^0 dx - \int_0^l \overline{N}_{1g} \Delta \epsilon_{V, t-t_1}^0 dx - \int_0^l \overline{N}_{1e} \Delta \epsilon_{V, t-t_1}^0 ds \dots\dots\dots (4)$$

従って、ケーブル張力の変化量は、式(5)で算定される。

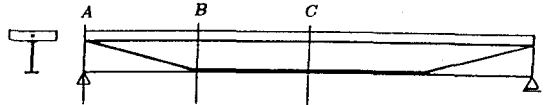


図-1 合成桁の側面図

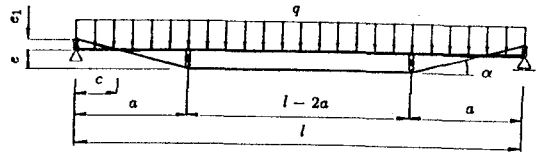


図-2 解析モデル

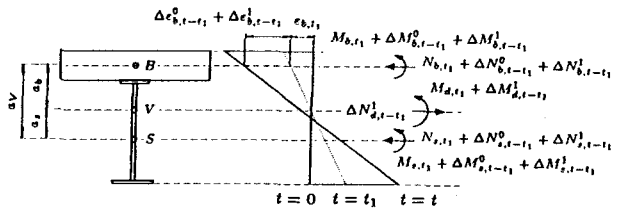


図-3 持続モーメントが作用する場合のひずみ分布図

$$\Delta \epsilon_{t-t_1} = \frac{\sigma_{t_1}}{E_b} \phi(t-t_1) + \frac{\Delta \sigma_{t-t_1}}{E_b} (1 + \eta) \dots\dots (1)$$

$$\Delta \epsilon_t = \epsilon_{sh}(t) + \frac{\Delta \sigma_t}{E_b} (1 + \eta_D) \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta P_{e,t-t_1} = -\frac{\Delta \delta_{1d,t-t_1}}{\delta_{11}} \dots\dots\dots (5)$$

結局、クリープおよび乾燥収縮による張力の変化量の合計値は、

$$\Delta P_{e,t-t_1}^1 = \Delta P_{e,t-t_1}^M + \Delta P_{e,t-t_1}^N + \Delta P_{e,t-t_1}^{sh} \dots\dots\dots (6)$$

で表され、上式の第1項目と2項目は、持続モーメントと持続軸方向力によるクリープの影響を、そして第3項目は乾燥収縮による影響を、それぞれ表している。

3. 数値計算結果および考察

数値計算例として図-4に示す合成桁を用い、後死荷重 $q = 1.0 \text{ tf/m}$ の作用と共にケーブルに張力 $P = 66.5 \text{ tf}$ を導入して、クリープおよび乾燥収縮の終了時のケーブル張力の変化量を算定した。その結果と考察を述べることにする。

計算条件およびクリープ係数はそれぞれ表-1および表-2に示し、自由乾燥収縮の最終値は 200μ とした。

計算結果を表-3に示す。この結果から次のことがいえる。

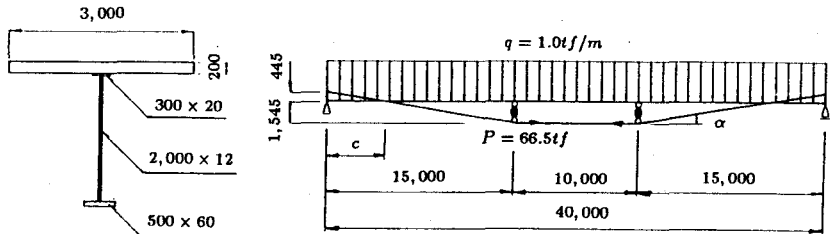


図-4 計算に用いた合成桁

- 1) 外ケーブル方式合成桁のクリープおよび乾燥収縮によるケーブル張力の変化量は僅かしか生じない。
- 2) ケーブル張力の変化量は、持続軸方向力によるものよりも持続モーメントの作用によるものの方が大きく生じる。
- 3) 解析結果に与える回復クリープの影響は少なく、従って、標準的な断面構成を有する合成桁においてはその影響を無視してもよい。

表-1 計算条件

	断面積(m^2)	弾性係数(tf/m^2)	断面2次モーメント(m^4)
コンクリート床版	6.0×10^{-1}	3.5×10^4	2.0×10^{-2}
鋼桁	6.0×10^{-2}	2.1×10^7	3.37×10^{-2}
合成断面	1.6×10^{-1}	2.1×10^7	1.24×10^{-1}
ケーブル	7.2×10^{-4}	2.0×10^7	—

表-2 クリープ係数

遅れ弾性クリープ係数の最終値	$\phi_{\infty} = 0.4$
フロークリープ係数の最終値	$\phi_{f,\infty} = 1.6$
乾燥収縮に伴うクリープ係数の最終値	$\phi_{sh(\infty)} = 4.0$

【参考文献】

- 1) 飯野 忠雄・風間 徹・荒川 敏雄：外ケーブル方式の有効性と適用性について、社団法人プレストレストコンクリート技術協会、平成5年2月
- 2) Bróka / Jerka-Kulawinska / Kwasniewski : Vorgespannte Stahlträger, Statische Berechnung, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1968.
- 3) 牛島 祥貴：外ケーブルを有する鋼コンクリート合成桁の経時挙動に関する研究、大阪工業大学大学院、修士論文、1994年3月

表-3 クリープおよび乾燥収縮による張力の変化量

		張力の変化量 $\Delta P_{e,t-t_1}$ (tf)		②
		①回復クリープ考慮	②回復クリープ無視	①
クリープの影響	持続モーメント作用 M_{d,t_1}	-1.94 (2.92%)	-1.99 (2.99%)	1.025
	持続軸方向力作用 N_{d,t_1}	0.01 (0.02%)	0.01 (0.02%)	1.000
	乾燥収縮の影響	0.05 (0.08%)	—	—
合計値		-1.88 (2.83%)	-1.93 (2.90%)	1.027