

I-264

合成桁斜張橋のクリープ・乾燥収縮解析

埼玉大学大学院	学生員	○下田晃伸
(株) 関電工		深沢景介
埼玉大学工学部	正員	奥井義昭
長岡技術科学大学	正員	長井正嗣

1. まえがき

合成桁斜張橋は、圧縮力に強く安価なコンクリートと軽量で引張強度の高い鋼材を合成した主桁を持つ斜張橋で、その経済的かつ合理的な構造から海外で数多く建設されている。特に近年長支間化が著しく、中央支間 600m クラスの合成桁斜張橋も架設されている¹⁾。長支間の合成桁斜張橋を設計・開発する上でコンクリート床版のクリープ・乾燥収縮の検討は、斜張橋全体系の耐荷力、コンクリート床版の耐久性と並び、重要な課題の一つとして挙げられる。そこで本研究では、合成桁斜張橋のコンクリート床版のクリープ・乾燥収縮の影響を考慮した構造解析を行い、クリープ・乾燥収縮が斜張橋全体に与える影響を考察した。

2. 解析方法

合成桁斜張橋のクリープ時の応力・変形状態を追跡するために、基本的には星埜²⁾らの提案する逐次積分法を用いた。この方法では Δt 時間内のクリープ・乾燥収縮によるひずみの変化 $\Delta \varepsilon_{k+s}$ は次式で与えられる。

$$\Delta \varepsilon_{k+s} = \frac{\Delta \sigma_{k+s}}{E_\phi} + \frac{\sigma_{c0}}{E_\phi} \Delta \eta + \Delta \varepsilon_s \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで σ_{c0} は初期応力、 $\Delta \sigma_{k+s}$ は Δt 時間内の応力増分、 $\Delta \varepsilon_s$ は乾燥収縮によるひずみ増分を表す。 E_ϕ はコンクリートの仮想ヤング係数、 $\Delta \eta$ は仮想クリープ増分を表し、クリープ係数の増分 $\Delta \phi$ とコンクリートのヤング係数 E_c を用いて表すと次式となる。

$$E_\phi = \frac{E_c}{1 + \frac{\Delta \phi}{2}} \quad , \quad \Delta \eta = \frac{\Delta \phi}{1 + \frac{\Delta \phi}{2}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

また E_ϕ 、 $\Delta \eta$ を変化させることにより、クリープの遅れ弾性を考慮した解析も可能である。

次に合成断面全体に作用する断面力を、コンクリート床版と鋼桁に作用する断面力に分けて評価する。式(1)の応力増分をこれらの分担断面力を用いて表し、微小時間経過後の分担断面力の増分を求める。この断面力の増分に対応して生じる固定端断面力を求め³⁾、変形法を用いて微小時間経過後の断面力の増分を求める。この断面力の増分と初期断面力を足しあわせた断面力を次のステップの初期断面力として用い、以上の手順を繰り返すことにより任意の時刻での斜張橋の挙動が解析可能となる。

3. 解析モデル

図1に示す中央支間 400m の3径間の合成桁斜張橋について解析を行った。なお図1ではモデルの対称性より半橋分を描いている。主桁の断面は図2に示すような2主桁のエッジガータタイプを想定している。ケーブル、塔は通常のトラス要素及び梁要素でモデル化し、ケーブル断面積は表1に示す値を用いた。解析に用いた材料定数及び塔の諸元を表2に示す。また荷重としては、死荷重とケーブルプレストレスを考慮し主桁の死荷重強度は20tf/mとした。以上の解析モデルの諸元は概略設計を行い決定しており、十分現実的なモデルであることを付記する。

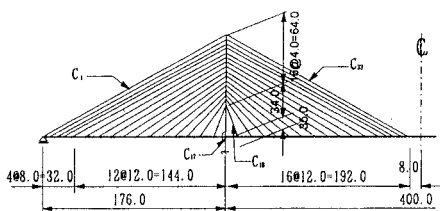


図1 解析モデル側面図

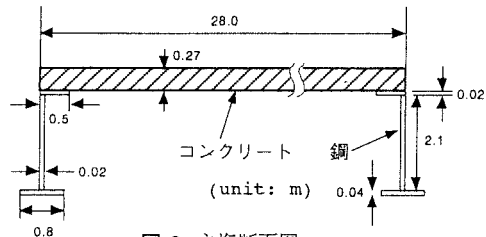


図2 主桁断面図

表1 ケーブル断面積

ケーブルの番号	面積(m ²)	ケーブルの番号	面積(m ²)
C1~3	0.0142	C12, C22	0.0080
C4, C30	0.0120	C13, C21	0.0073
C5, C29	0.0117	C14, C20	0.0066
C6, C28	0.0113	C15, C19	0.0059
C7, C27	0.0109	C16, C17, C18	0.0070
C8, C26	0.0104	C31	0.0124
C9, C25	0.0099	C32	0.0127
C10, C24	0.0093	C33	0.0130
C11, C23	0.0086		

表2 材料定数と塔の諸元

鋼材弾性係数	2.1×10^6 (kgf/cm ²)
コンクリートの弾性係数	3.0×10^5 (kgf/cm ²)
ケーブルの弾性係数	2.0×10^6 (kgf/cm ²)
クリープ係数	2.0
クリープ進行係数	0.0064
最終乾燥収縮度	20×10^{-6}
塔柱 断面積	0.638(m ²)
塔柱 断面 2 次モーメント	2.051(m ⁴)

4. 結果・考察

図3にクリープ・乾燥収縮による主桁の鉛直変位とケーブル張力の経時的な変化を示す。この図からクリープ・乾燥収縮による主桁鉛直変位の変化は、スパン中央部において12 cm となり中央径間の400 m を考慮するとかなり小さな値となっている。またケーブル張力もほとんど変化しないのが分かる。図4に主桁上の $L_c/4$ 点 (L_c : 中央支間長) でのコンクリート床版と鋼桁の応力の経時の変化を示す。この図からはコンクリート床版の上・下縁応力は共に減少し、鋼桁に圧縮力に移り、上・下フランジの圧縮応力が増加するのが分かる。また主桁断面に対するクリープ・乾燥収縮変形の影響は、無視できるほど小さくないことが分かる。

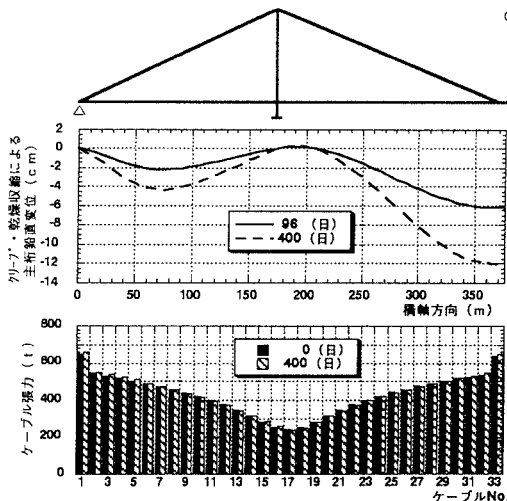
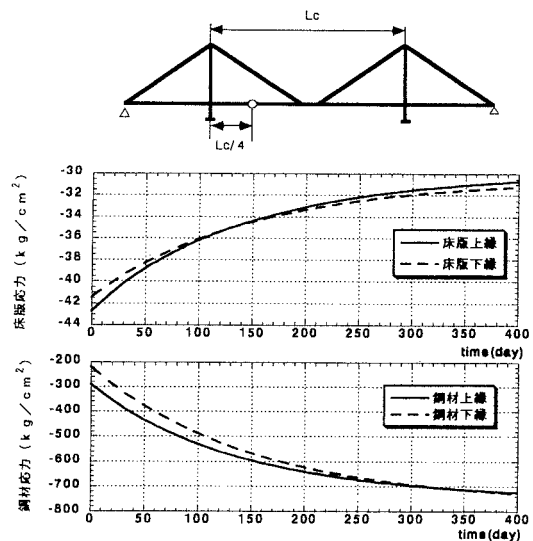


図3 主桁の鉛直変位の変化とケーブル張力

図4 主桁 $L_c/4$ 点における応力の経時的変化

5. まとめ

合成桁斜張橋ではクリープ・乾燥収縮の影響により、主桁の鉛直変位、ケーブル張力はあまり変わらないが、断面力は大きく変化することが分かった。架設ステップを考慮したより詳細なクリープ・乾燥収縮解析を今後の課題としたい。

参考文献

- Yuanpei Lin: The World Record Cable-Stayed Bridge - The Yangpu Bridge, International Conference on Computational Methods in Structural and Geotechnical Engineering, 12-14, 1994
- 星 正明・佐伯 彰一: コンクリート斜張橋のクリープ解析, 土木学会論文報告集, 第295号, PP.103-113, 1980.
- 北島 彰夫: 鋼・コンクリート合成構造の汎用クリープ乾燥収縮解析, 川田技報, Vol.3/JAN, pp.10-25, 1983.