

第 I 部門

鋼コンクリート合成床版を有する合成桁橋の経時挙動に関する解析的研究

大阪工業大学大学院

学生員 ○平松 唯

日本ファブテック株式会社

正会員 山本 将士

大阪工業大学

正会員 大山 理

1. はじめに

近年、合理化橋梁の普及に伴い、工期短縮およびコスト削減を目指した複合構造の研究・開発が行われている。その一つとして、鋼コンクリート合成床版(以下、合成床版と略記)は、床版の床材に鋼板を使用し、ずれ止めを用いて鋼板とコンクリートを一体化させることによって、床版に作用する引張力を鋼板が受け持ち、床版厚を薄くすることが可能となる構造で、疲労耐久性が高く、主桁間隔の長支間化が可能となる利点を有している¹⁾。しかし、従来のコンクリート床版に比べて鋼材量が多いため、鋼材の拘束によるコンクリートのクリープや乾燥収縮に起因するひび割れの発生が懸念される。そこで、本研究では、PC床版と合成床版を有する単純合成少数 I 桁橋の乾燥収縮およびクリープによる経時挙動に着目し、その影響評価を解析的に比較・検討した結果について報告する。

2. 乾燥収縮およびクリープ現象

乾燥収縮現象とは、コンクリートが時間の経過とともに硬化するのに伴い、コンクリート中の水分が失われ、収縮が生じる現象である。乾燥収縮の定式化を行い、乾燥収縮解析の基礎となるコンクリートの応力-ひずみ関係式を導くと式(1)が得られる²⁾。

$$\Delta \varepsilon_{sh,t} = \frac{\Delta \sigma_t}{E_c} \left(1 + \frac{\varphi_{sh,t}}{2} \right) + \varepsilon_{sh,\infty} \frac{\varphi_{sh,t}}{\varphi_{sh,\infty}} \quad (1)$$

一方、クリープ現象とは、コンクリートに一定の荷重を持続载荷した場合、時間の経過とともにひずみが進行する現象である。コンクリートのクリープひずみは、回復性のある遅れ弾性クリープひずみと非回復性のフロークリープひずみの2成分から構成されている。より厳密なクリープ解析を行うために、回復クリープの影響についても考慮した応力-ひずみ関係式の誘導をすると、式(2)が得られる。なお、両式とも紙面の都合上、記号の説明は割愛する。

$$\Delta \varepsilon_{c,t-t_1} = \frac{\sigma_{t_1}}{E_c} \varphi_{t-t_1} + \frac{\Delta \sigma_{t-t_1}}{E_c} (1 + \eta) \quad (2)$$

3. 乾燥収縮およびクリープ解析

解析モデルは、支間長 49.0m の単純合成少数 I 桁橋を対象とする。解析に用いた PC 床版および合成床版の合成桁断面を図-1 および図-2 にそれぞれ示す。各断面の乾燥収縮およびクリープに伴う拘束度合いは、変化応力度を比較することで検証する。表-1 に解析条件を示す。ここで、乾燥収縮ひずみの最終値は、既往の研究成果³⁾より、現行の道路橋示方書・同解説II：鋼橋編に示されている数値 200×10^{-6} より⁴⁾、プレーンコンクリートの数値が 400×10^{-6} 程度になることが導かれている。しかし、近年の研究成果では、プレーンコンクリートの数値は、 400×10^{-6} 以上の値を示すことが明らかとなっている。そこで、本解析では、コンクリートと大気との接触面積を考慮し⁵⁾、対象断面ごとにプレーンコンクリートの乾燥収縮ひずみの最終値を算出する。

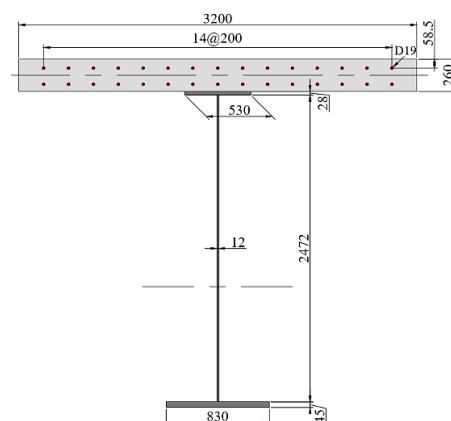


図-1 PC床版を有する合成桁断面(mm)

Yui HIRAMATSU, Masashi YAMAMOTO and Osamu OHYAMA

m1m16108@st.oit.ac.jp

乾燥収縮およびクリープに伴う分担断面力の変化量を求め、各断面の変化応力度の最終値を算出した結果を表-2 および表-3 に示す。なお、同表において、正は圧縮応力、負は引張応力を示している。

乾燥収縮およびクリープによる変化応力度は、両断面ともにコンクリートの上縁および下縁において引張応力が作用することがわかった。合成床版を有する合成桁のクリープに伴う変化応力度は、PC 床版を有する合成桁と比較し、コンクリート上縁で約 1.3 倍、下縁で約 1.7 倍の引張応力が発生している。これより、合成床版が、下段鉄筋の替わりに底鋼板を用いていることにより、拘束度合いが高くなったことが確認できる。また、乾燥収縮に伴う変化応力度について、合成床版を有する合成桁における乾燥収縮ひずみの最終値が PC 床版を有する合成桁の約 0.8 倍であるため、拘束度合いは高くなったが、結果、変化応力度に差異が見られなかったと考えられる。コンクリートに作用する応力は、乾燥収縮およびクリープによって両断面ともに引張応力が作用し、死荷重の影響を考慮した場合についても、引張応力が作用する。しかし、活荷重の影響を考慮すると、コンクリートに圧縮応力が残存することがわかった。

つぎに、乾燥収縮およびクリープに伴うたわみを算出する。その結果、各断面におけるたわみの変形を図-3 に示す。PC 床版を有する合成桁断面の最大たわみは 44.0mm であり、その内訳は、乾燥収縮、クリープによるたわみが、それぞれ、35.2mm、8.8mm であった。一方、合成床版を有する合成桁断面における最大たわみは 29.1mm であり、同じくその内訳は、乾燥収縮、クリープによるたわみが、それぞれ、21.7mm、7.4mm であった。最大たわみを比較すると、PC 床版を有する合成桁断面は、合成床版を有する合成桁断面の約 1.5 倍のたわみ量となることがわかる。これは、合成床版を有する合成桁では、底鋼板が抵抗断面として働き、PC 床版を有する合成桁断面よりたわみが小さくなったことが確認できる。

4. まとめ

本研究では、PC 床版および合成床版を有する合成桁橋を対象に、乾燥収縮およびクリープの経時挙動に着目し、比較・検討を行った。その結果、PC 床版を有する合成桁と比較し、合成床版を有する合成桁は、コンクリートの乾燥収縮およびクリープに伴う拘束の影響が大きくなり、コンクリートに引張応力が作用するが、活荷重等の作用応力を考慮すると、コンクリートに圧縮応力が残存することがわかった。

今後の課題として、実験供試体による長期計測を行い、本解析手法の妥当性を検証する予定である。

【参考文献】

- (公社)土木学会：複合構造シリーズ 07 鋼・コンクリート合成床版設計施工指針(案)，丸善(株)，2016 年 1 月。
- (公社)土木学会：構造シリーズ 9-A 鋼・コンクリート複合構造の理論と設計(1)基礎編：理論編，pp.58-60，丸善(株)，1999 年 4 月。
- 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，p.41，1992 年 9 月。
- (公社)日本道路協会：道路橋示方書(I共通編・II鋼橋編)・同解説，pp.35-36，p.324，丸善(株)，2012 年 3 月。
- (公社)土木学会：コンクリート標準示方書 改定資料 基本原則編・設計編・施工編，p.46，丸善(株)，2007 年。

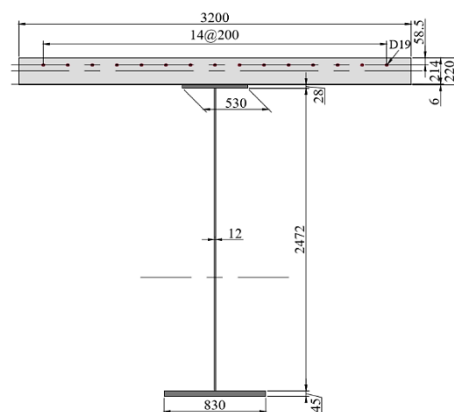


図-2 合成床版を有する合成桁断面(mm)

表-1 解析条件

項 目		数 値
乾燥収縮	最終クリープ係数 ⁴⁾ $\phi_{sh,\infty}$	4.0
	乾燥収縮ひずみの最終値 ⁵⁾ $\epsilon_{sh,\infty}$	PC 床版 507×10 ⁻⁶ 合成床版 405×10 ⁻⁶
クリープ	遅れ弾性クリープ係数 $\phi_{d,\infty}$	0.4
	フロークリープ係数 $\phi_{f,\infty}$	1.6
コンクリートのヤング係数 E_c (N/mm ²)		3.0×10 ⁴
鉄筋のヤング係数 E_s (N/mm ²)		2.0×10 ⁵
底鋼板のヤング係数 E_a (N/mm ²)		2.0×10 ⁵
鋼桁のヤング係数 E_t (N/mm ²)		2.0×10 ⁵
コンクリートの設計基準強度 f_{ck} (N/mm ²)	PC 床版	40
	合成床版	30

表-2 PC 床版を有する合成桁

部 材		変化応力度(N/mm ²)			
		乾燥収縮	クリープ	死荷重	活荷重
コンクリート	上縁	-2.1	-0.8	2.0	3.5
	下縁	-2.4	-0.3	1.4	2.5
鉄筋	中央	56.8	14.1	11.8	21.1
鋼桁	上縁	53.9	14.0	177.3	14.6
	下縁	-8.8	-1.6	-134.7	-57.4

表-3 合成床版を有する合成桁

部 材		変化応力度(N/mm ²)			
		乾燥収縮	クリープ	死荷重	活荷重
コンクリート	上縁	-2.2	-1.0	2.0	3.6
	下縁	-2.4	-0.6	1.5	2.7
鉄筋	中央	35.2	11.9	13.2	23.5
底鋼板	上縁	33.0	11.2	10.6	19.0
	下縁	32.9	11.1	10.5	18.8
鋼桁	上縁	33.0	11.7	178.0	15.9
	下縁	-5.8	-1.5	-135.2	-58.4

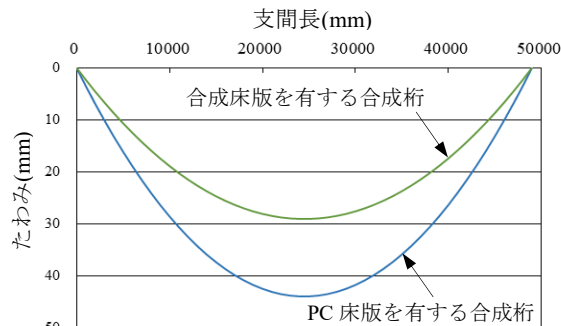


図-3 たわみの変形図