

第 I 部門

合成床版の乾燥収縮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
 片山ストラテック株式会社 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、工期短縮およびコスト削減を目指した合成構造の研究・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、従来の鉄筋コンクリート床版(以下、RC 床版と略記)に比べて鋼材量が多いため、コンクリートの乾燥収縮に伴う拘束度合いも増し、コンクリートにひび割れが生じる要因となると考えられる。そこで、本床版形式における乾燥収縮による経時挙動の影響評価を解析的に行い、その結果について報告する。

2. 乾燥収縮現象

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⁾。なお、紙面の都合上、記号の説明は割愛する。

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

3. 乾燥収縮に伴う分担断面力変化量算定式の誘導

乾燥収縮に伴う合成床版断面のひずみ分布と分担断面力変化量を図-1 に示す。図-1 より、力のつり合い条件およびひずみ、曲率の適合条件から、各部材に作用する分担断面力の変化量を求め、その値より、変化応力度を算出する。

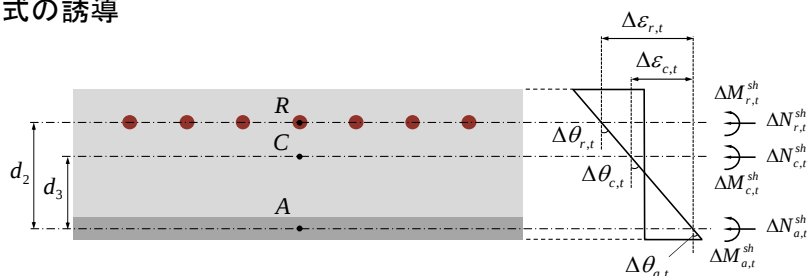


図-1 合成床版断面のひずみ分布と分担断面力変化量

4. 乾燥収縮解析

RC 床版と合成床版の断面形状を図-2 および図-3 にそれぞれ示す。合成床版は RC 床版と異なりコンクリート下面に底鋼板があるため、各断面の乾燥収縮に伴う変化応力度を比較検討することで、拘束度合いを確認する。表-1 に解析条件を示すが、ここで、現行の道路橋示方書・同解説Ⅱ：鋼橋編において、最終乾燥収縮量は 200×10^{-6} と規定されている³⁾。そこで、乾燥収縮に伴うクリープ係数 $\varphi_{sh,\infty} = 4.0$ 、鉄筋比 $p = 2\%$ とすると、プレーンコンクリートの最終乾燥収縮量は、 400×10^{-6} 程度になると推定される⁴⁾。しかし、コンクリート標準示方書では、最終乾燥収縮量として、 1200×10^{-6} 程度と大きな値が想定されている。そこで、本解析では、プレーンコンクリートにおける最終乾燥収縮量として、 800×10^{-6} を用いることとする⁵⁾。

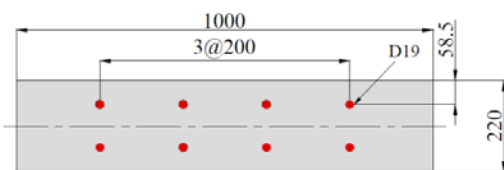


図-2 RC 床版断面(寸法単位：mm)

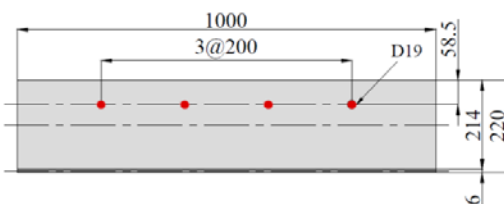


図-3 合成床版断面(寸法単位：mm)

以上より、分担断面力の変化量を求め、各断面の乾燥収縮に伴う変化応力度の最終値を算出した結果を表-2に示す。なお、同表において、コンクリート断面に着目し、正は圧縮応力、負は引張応力を示している。

RC床版断面はコンクリートの上縁および下縁ともに引張応力が作用するのに対し、合成床版断面は、コンクリート上縁で圧縮応力、下縁で引張応力が生じていることが明らかとなった。合成床版断面はコンクリート下面に底鋼板がある影響で、RC床版断面に比べてコンクリート下縁に約4倍の引張応力が発生しており、コンクリートの乾燥収縮に伴う拘束度が大きいことがわかった。また、本解析はコンクリートの乾燥収縮による影響のみであるが、引張応力(5.4 N/mm^2)が引張強度(2.2 N/mm^2)を超えるため、コンクリートにひび割れが生じる要因となることも判明した。なお、合成床版の適用にあたっては、膨張材の使用を原則としており¹⁾、その使用効果は、最終乾燥収縮量に関するパラメータ解析により検討している。

5. パラメータ解析

対象床版の乾燥収縮に伴う挙動を把握するために、鉄筋径、底鋼板厚、最終乾燥収縮量ならびに最終クリープ係数をパラメータとして抽出し、解析を行う。ここで、一例として、底鋼板厚および最終乾燥収縮量をパラメータとした場合の変化応力度の結果を図-4と図-5に示す。

図-4より、底鋼板を厚くした場合、コンクリート上縁、下縁ともに変化応力度の値が増加することがわかった。その要因として、当然のことながら、底鋼板厚の増加に伴い拘束度合いが増したからであると考えられる。また、図-5より、変化応力度は最終乾燥収縮量との比例関係が成立し、合成床版断面におけるコンクリート下縁の応力変化の割合が最も大きくなることがわかった。

6. まとめ

本研究では、RC床版および合成床版を対象に、乾燥収縮現象に着目し各種検討を行った。その結果、RC床版断面と比較し、合成床版断面は、コンクリートの乾燥収縮に伴う拘束の影響が大きくなり、ひび割れ発生の要因となる可能性があることがわかった。

今後の課題として、本解析では、床版を対象に解析を行ったが、桁の作用も考慮したモデルで解析を行うとともに、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】

- 1) (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。
- 2) (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)，1991年4月。
- 3) 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，平成4年9月。
- 4) (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。
- 5) (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.65，丸善(株)，2012年。

表-1 解析条件

項 目	数 値
最終クリープ係数 ⁴⁾ $\phi_{sh,\infty}$	4.0
最終乾燥収縮量 ⁵⁾ $\varepsilon_{sh,\infty}$	800×10^{-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
コンクリートの設計基準強度 f_{ck} (N/mm^2)	30
コンクリートの引張強度 f_{ct} (N/mm^2)	2.2

表-2 乾燥収縮に伴う変化応力度

RC床版断面		
部 材		変化応力度(N/mm^2)
コンクリート	上縁	-1.4
	下縁	-1.4
合成床版断面		
部 材		変化応力度(N/mm^2)
コンクリート	上縁	1.1
	下縁	-5.4

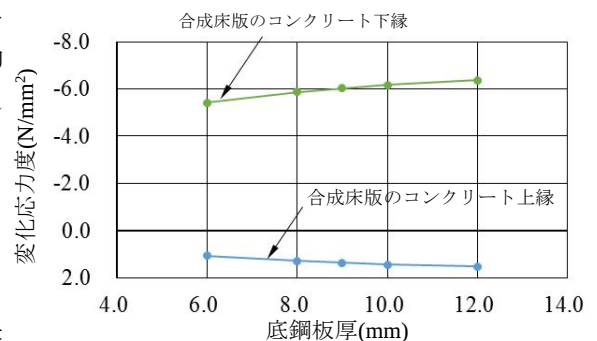


図-4 変化応力度(パラメータ：底鋼板厚)

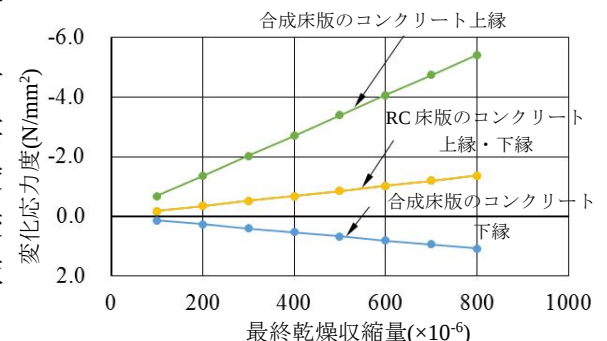


図-5 変化応力度(パラメータ：最終乾燥収縮量)