

合成床版を有する合成桁橋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
大成建設株式会社	正会員	柳尾	隆志
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、合成床版を有する合成桁橋の乾燥収縮による経時挙動の影響評価を解析的に検討し、その結果を報告する。

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

合成床版を有する合成桁断面の乾燥収縮に伴うひずみ分布と分担断面力の変化量を図-1に示す。図-1より、力のつり合い条件、ひずみおよび曲率の適合条件から、各部材に発生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。

4. 乾燥収縮解析

対象橋梁は、支間長 49.0m の鋼単純合成 I 桁橋である。RC床版および合成床版を有する合成桁の断面を図-2および図-3に示す。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、拘束度合いを検証する。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：鋼橋編に示されている最終乾燥収縮量 200×10^{-6} より³⁾、プレーンコンクリートの最終乾燥収縮量を推定すると、 400×10^{-6} 程度になる結果が得られた⁴⁾。しかし、近年の研究成果より、プレーンコンクリートの同値は、大きな値を示すと考えられている。そこで、本解析において、プレーンコンクリートの最終乾燥収縮量は、文献 5) に基づいて、 800×10^{-6} を用いることとする。

各部材の分担断面力の変化量より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、

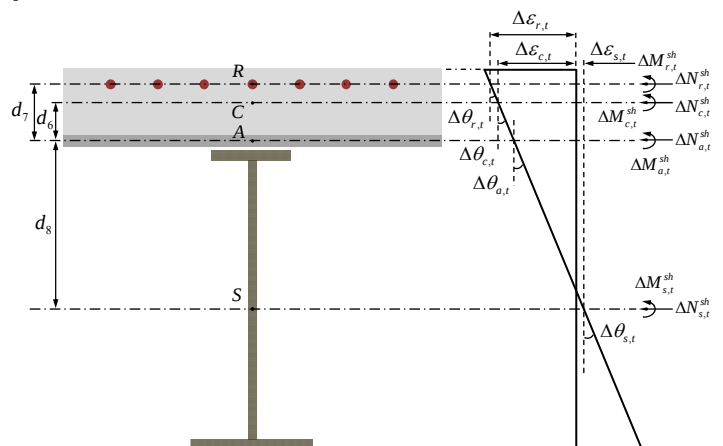


図-1 合成床版を有する合成桁断面の乾燥収縮に伴うひずみ分布および分担断面力変化量

キーワード：鋼・コンクリート合成床版、合成桁橋、乾燥収縮、底鋼板

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号 Tel : (06)6954-3315, Fax : (06)6957-2131

同表において、正は圧縮応力、負は引張応力を示している。

表-2 より、両断面ともにコンクリート上縁、下縁において引張応力が作用することがわかる。合成床版を有する合成桁断面はコンクリート下面に底鋼板がある影響で、RC 床版を有する合成桁断面に比べてコンクリート下縁で約 1.2 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、底鋼板も抵抗断面となることより、鉄筋および鋼桁に作用する変化応力度が RC 床版を有する合成桁と比較し、抑えられたと考えられる。さらに、本解析条件において、両断面ともに引張応力がコンクリートの引張強度(2.2 N/mm^2)を超えるため、ひび割れが生じる要因となることが判明した。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⁾、最終乾燥収縮量と変化応力度が比例関係にあることから、その使用効果の確認を行っている⁴⁾。

つぎに、乾燥収縮に伴うたわみを算出する。その結果、各断面における乾燥収縮に伴うたわみの変形を図-4 に示す。RC 床版を有する合成桁断面の乾燥収縮に伴う最大たわみは 55.0mm であり、合成床版を有する合成桁断面における最大たわみ 45.6mm の約 1.2 倍であることがわかった。その要因として、合成床版を有する合成桁断面では、前述の通り、底鋼板も抵抗断面に含まれるため、たわみを算出する際に用いる乾燥収縮に伴う鋼桁の分担曲げモーメントの変化量が低減したことが考えられる。したがって、乾燥収縮に伴うたわみが RC 床版を有する合成桁断面より小さくなったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、RC 床版および合成床版を有する合成桁橋を対象に、乾燥収縮現象に着目し検討を行った。その結果、RC 床版を有する合成桁断面と比較し、合成床版を有する合成桁断面は、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が、乾燥収縮によるたわみへの影響は小さくなることがわかった。

今後の課題として、クリープおよび温度変化に関する検討を実施し、本橋梁形式の経時挙動を総合的に評価する必要がある。また、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：複合構造シリーズ 05 基礎からわかる複合構造ー理論と設計ー，p.51，丸善(株)，2012 年 3 月．
- 3) (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．
- 4) 平松 唯，山本将士，大山 理：平成 28 年度土木学会関西支部年次学術講演会，2016 年 (印刷中)．
- 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．

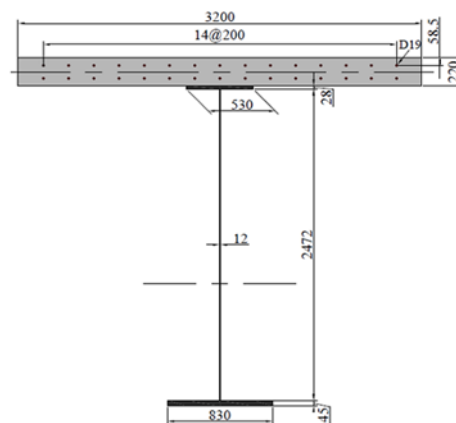


図-2 RC 床版を有する断面(単位: mm)

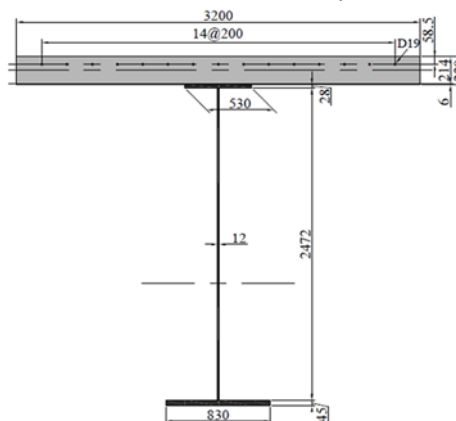


図-3 合成床版を有する断面(単位: mm)

表-1 解析条件

項 目	数 値
最終クリープ係数 ³⁾	$\varphi_{sh,\infty}$ 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_r (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_s (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_t (N/mm ²) 2.2

表-2 乾燥収縮に伴う変化応力度(N/mm²)

		RC 床版	合成床版
コンクリート	上縁	-3.5	-4.3
	下縁	-3.9	-4.6
鉄筋	上縁	86.4	72.2
	下縁	85.7	71.6
鋼桁	上縁	82.0	67.0
	下縁	-11.4	-10.4
底鋼板	上縁	—	67.2
	下縁	—	67.0

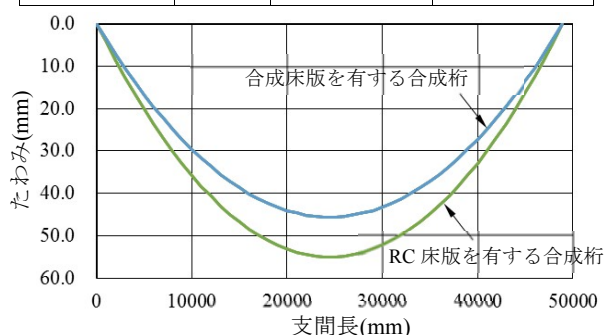


図-4 乾燥収縮に伴うたわみの変形図