

鋼コンクリート合成床版を有する連続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
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(以下、底鋼板と略記)を使用し、ずれ止めを用いて底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底鋼板が受け持ち、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などの利点を有している¹⁾。しかし、従来のコンクリート床版に比べて鋼材量が多くなるため、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。さらに、連続桁橋では、中間支点付近に発生する負曲げモーメントによる影響についても考慮する必要がある。

そこで、本研究では、PC床版および合成床版を有する鋼2径間連続合成I桁橋の乾燥収縮現象に着目し、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. 解析条件

解析モデルは、支間長 83.6m の鋼2径間連続合成I桁橋である。照査断面は、図-1 に示すように後死荷重載荷時の最大曲げモーメント発生位置とし、支点A側から順に、断面①、断面②ならびに断面③とする。中間支点部である断面②におけるPC床版および合成床版を有する合成桁断面を図-2 および図-3 にそれぞれ示す。各断面の乾燥収縮に伴う応力度を比較・検討することで、鋼材の拘束度合いを検証する。

表-1 および表-2 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²⁾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³⁾、プレーンコンクリートの乾燥収縮ひずみの最終値が 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、その値が 400×10^{-6} 以上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⁴⁾、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した。なお、最終値は断面において一定としている。

各応力度については、連続桁橋であるため静定基本系および不静定系に分けて、乾燥収縮に伴う分担断面力の変化量を求め、算出する。また、双方足し合わせたものを全体系とする。

3. 解析結果・考察

中間支点部である断面②における算出結果を表-3 および表-4 に示す。なお、同表において、正は引張応力、負は圧縮応力を示している。表-3 および表-4 より、中間支点部において、乾燥収縮によって両断面ともにコンクリート上縁、下縁で引張応力が作用し、合成床版を有する合成桁の方が、コンクリート上縁、下縁とも

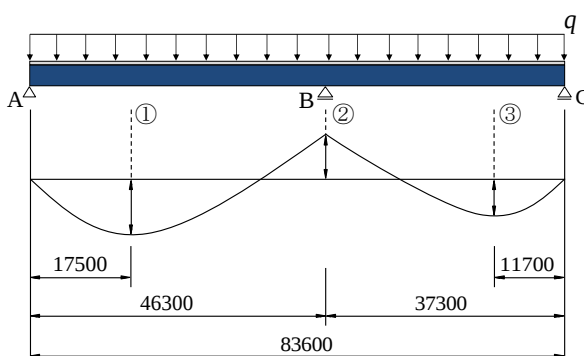


図-1 側面および照査断面(mm)

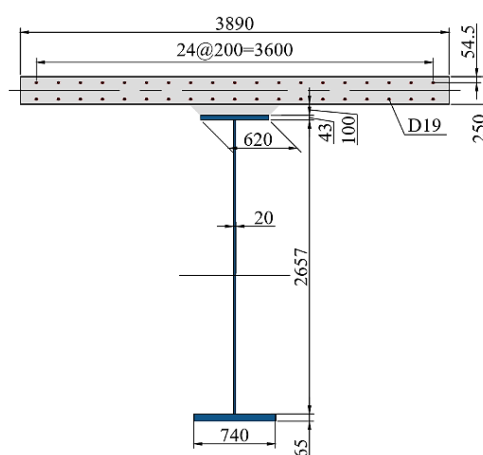


図-2 PC床版を有する合成桁断面(mm)

キーワード：鋼コンクリート合成床版、連続合成桁橋、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

に約 0.7 倍となっている。その内訳は、PC 床版を有する合成桁と比較し、静定基本系では約 0.8 倍、不静定系では約 0.5 倍となっている。ここで、本解析では表-2 に示すように、合成床版を有する合成桁において、乾燥収縮ひずみの最終値は、大気との接触面積等を考慮し、PC 床版を有する合成桁の約 0.7 倍の値となっている。仮に、両者の乾燥収縮ひずみの最終値を等しくした場合、合成床版を有する合成桁の静定基本系における応力の値は、PC 床版を有する合成桁の約 1.2 倍となった。よって、底鋼板の影響で拘束度合いは 1.2 倍と大きくなるが、収縮量は 0.7 倍と小さくなるため、結果的に、両者の値を乗じて、約 0.8 倍になったと考えられる。また、合成床版を有する合成桁では、底鋼板も抵抗断面となるため、不静定力を算出する際に用いる静定基本系における鋼桁に作用する分担曲げモーメントが低減される。よって、不静定系でも、PC 床版を有する合成桁と比較し、応力が小さくなったと考えられる。

つぎに、後死荷重による応力度を算出し、乾燥収縮に伴う応力度と足し合わせた結果、両断面ともにコンクリート上縁、下縁においてコンクリートの引張強度(PC 床版：2.7 N/mm²、合成床版：2.2 N/mm²)を超える応力が作用している。そのため、ひび割れ幅の照査を行う必要がある。照査の結果、PC 床版を有する合成桁断面では 0.047mm、合成床版を有する合成桁断面では 0.053mm となり、両断面ともひび割れ幅の限界値($w_e = 0.180\text{mm}$)よりも小さくなり、後死荷重および乾燥収縮作用時に於いて、使用限界状態を満足する結果となった。

最後に、各断面における乾燥収縮に伴うたわみを算出し、その結果を図-4 に示す。同図より、着目断面①において、合成床版を有する合成桁断面の乾燥収縮に伴うたわみは 4.6mm であり、PC 床版を有する合成桁断面におけるたわみ 8.7mm の約 0.5 倍となることがわかった。その要因として、前述のとおり、合成床版を有する合成桁断面では、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。

4. まとめ

本研究では、PC 床版および合成床版を有する鋼 2 径間連続合成I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、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、乾燥収縮による応力およびたわみが低減される可能性を示すことができた。今後の課題として、長期計測を行い、本解析手法の妥当性を検証する必要がある。

【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) 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、大阪市立大学学位論文、p.41、1992 年 9 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) (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。

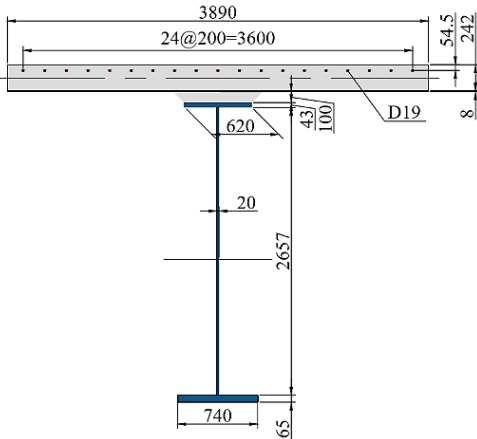


図-3 合成床版を有する合成桁断面(mm)

表-1 解析条件

項 目	数 値	
最終クリープ係数 ³⁾ $\varphi_{sh,\infty}$	4.0	
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_d (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'_c (N/mm ²)	PC 床版	40.0
	合成床版	30.0

表-2 乾燥収縮ひずみの最終値

	PC 床版	合成床版
断面①	515×10^{-6}	359×10^{-6}
断面②	517×10^{-6}	373×10^{-6}
断面③	515×10^{-6}	361×10^{-6}

表-3 PC 床版を有する合成桁における応力度 (N/mm²)

部 材		乾燥収縮			後死荷重	合計
		静定系	不静定系	全体系		
コンクリート	上縁	2.6	1.6	4.2	2.1	6.3
	下縁	2.8	1.3	4.1	1.5	5.6
鉄筋	中央	-52.3	30.7	-21.5	12.6	-8.9
	上縁	-47.6	25.4	-22.2	12.8	-9.4
	下縁	9.7	-40.6	-30.9	-30.4	-61.3

表-4 合成床版を有する合成桁における応力度 (N/mm²)

部 材		乾燥収縮			後死荷重	合計
		静定系	不静定系	全体系		
コンクリート	上縁	2.2	0.8	3.0	2.1	5.1
	下縁	2.4	0.6	3.0	1.6	4.6
鉄筋	中央	-30.9	16.0	-14.9	12.7	-2.2
	上縁	-28.7	13.5	-15.1	11.0	-4.1
底鋼板	下縁	-28.6	13.4	-15.2	10.9	-4.3
	上縁	-27.4	12.1	-15.3	9.5	-5.8
鋼桁	下縁	6.1	-24.4	-18.3	-29.1	-47.4

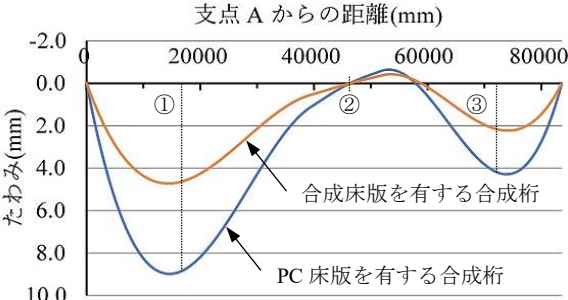


図-4 乾燥収縮に伴うたわみ