

鉄道橋の直列混合桁における接合位置の違いに対する試設計による検討

(独) 鉄道・運輸機構	正会員	○筒井康平	横山秀喜	曾我大介
(公財) 鉄道総合技術研究所	正会員		笹田航平	小林裕介

1. はじめに

直列混合桁（以下、混合桁）とは、図-1 に示すような鋼桁とコンクリート桁がひとつの桁の中で直列に接続された桁のことである。例えば側径間の短い 3 径間連続桁において、側径間の一部を PC 桁、それ以外を合成桁とした混合桁を採用すれば、PC 部の重量により端支点部の浮き上がりを防止する効果が期待される。また、道路や線路と交差する中央径間部を合成桁とすることで、架設時の道路交通や列車運行に与える影響を低減することができる。さらには、合成桁よりも安価な PC 桁を部分的に採用することで、橋梁全体を合成桁とする構造よりもコストを抑えることができるものと考えられる。

道路橋では数多くの混合桁の建設実績がある一方、鉄道橋では混合桁を適用条件が不明であること等から、実構造物への適用に至っていない。八幡ら¹⁾は、鉄道橋における混合桁の設計方法の確立に資する情報を得ることを目的に、実在の連続合成桁の側径間の一部を PC 桁に置き換えた混合桁を試設計することにより、端支点部の浮き上がりを防止できる支間比の範囲や、必要となる PC ケーブルの量が配置可能な接合部の位置を確認している。

本稿では、接合部の位置や接合部の延長の違いにより、接合部の断面や橋梁全体のコスト、施工性にどのような差異があるかを確認することを目的に行った試設計の結果について報告する。

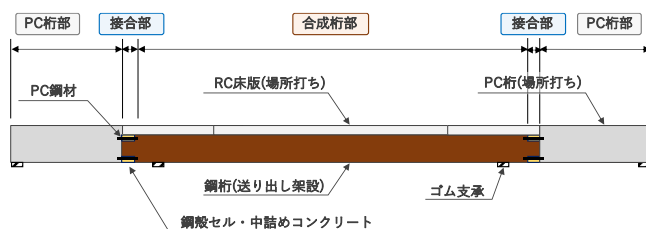


図-1 混合桁のイメージ

2. 試設計の概要

試設計は、整備新幹線で実在する側径間 48.3m、中央径間 110m の 3 径間連続桁を対象とした。試設計のケースは表-1 に示す 5 種類とした。接合部の位置は、道路橋の設計を参考にして全て負曲げ区間に設定し、接合方法は後面支圧板方式とした。ずれ止めは、頭付きスタッドよりも剛性が高く耐疲労性に優れる PBL を採用した。接合部は側径間に設けることを基本としながら、中央径間に設けることによる違いも併せて確認するために、Case5 では接合部を中央径間に設ける構造とした。また、Case1,2 では側径間に発生する最大曲げモーメントの 50%にあたる箇所 に接合部を設け、それ以外のケースでは、活荷重などにより応力が正負交番をしない範囲の中で最小となる位置に接合部を設けた。さらに、接合部を側径間に設ける中で、接合部自体の延長が断面に与える影響を確認するために、Case2,4 では接合部を Case1,3 の概ね半分となる 2.0m とした。表-2 に設計条件を示す。要求性能は、断面の決定要因となることが多い安全性および使用性とした。設計断面は表に示す 5 箇所とした。

表-1 試設計の実施ケース

Case	径間比 (中央径間：側径間)	接合部の位置			接合部の 長さ
		径間	曲げ		
1	1.00：0.44 (110m：48.3m)	側	負	50%	4.6m
2				50%	2.0m
3				Min	4.6m
4				Min	2.0m
5		中央	負	Min	4.6m

表-2 試設計の条件

要求性能	安全性、使用性	
照査対象	PC 桁部	安全性（破壊）
		使用性（乗り心地）
		照査の前提
	合成桁部	安全性（耐荷性）
		使用性（乗り心地）
	接合部	PC 桁：安全性（破壊）
		合成桁：安全性（耐荷性）
		ずれ止め、支圧板、鋼殻セル
設計作用	D ₁ , D ₂ , L, I, L _R , T, S _H , C _R , S, PS	
設計断面	(1)側径間中央（曲げモーメント最大点）	
	(2)中間支点部	
	(3)中央径間中央（曲げモーメント最大点）	
	(4)接合部前面（PC 桁側）	
	(5)接合部後面（合成桁側）	

キーワード 鉄道橋, 混合構造, 合成桁, PC 桁, ずれ止め, 試設計

連絡先 〒231-8315 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 設計部 設計第一課 T E L : 045-222-9082

3. 試設計の結果

試設計の結果を表-3 に示す。断面図における赤枠は鋼殻セル示している。断面力が多い Case1,2 と比較し、断面力が少ない Case3～5 は接合部の断面が簡素となった。Case1 と Case2 は接合部延長のみが異なる構造であるが、PC ケーブルの本数やずれ止めの材質に違いは見られなかったものの、必要なずれ止めの数量は接合部延長が短い方が多くなった。ずれ止めを多く配置するために、鋼殻セルの段数が増えている。次に接合部位置の断面力が Case1,2 よりも小さい Case3,4 では、断面力が少ない分必要な PC ケーブルの本数は少なくなり、ずれ止めの必要強度も小さくなった。接合部を中央径間に設けた Case5 では、断面力が同程度である Case3に近い断面となった。また、Case1～Case4 では接合部に引張力が発生することを許容しないために、表-3 に青枠および青文字で示す PC ケーブルの追加が必要となった。中央径間に接合部を設けた Case5 においては、同目的の PC ケーブルは不要となった。

コストについては、断面の違いによる差はあるものの、合成桁部の延長の違いによる差が支配的であることが分かった。上部工については、合成桁の延長が長くなるほどコストが高くなった。下部工については、PC 桁の延長が長くなるほど上部工の重量が増え、生じる反力が大きくなることから、PC 桁部の延長が長くなる方がコストは高くなった。施工性については、接合部の延長が短い方が製作はしやすいものの、鋼殻セルの形状が小さくなることにより、溶接作業性は低下すると考えられる。また、ずれ止めが多くなると溶接および貫通鉄筋の配置などが増えるために、施工性は低下するものと考えられる。

4. おわりに

本稿では、混合桁の接合位置の違いによる断面、コスト、施工性の差を試設計により確認した。実際の鉄道橋の設計に適用するために、今後も必要な条件の解明を進めていく。

参考文献

1) 八幡太一, 斉藤雅充, 筒井康平, 石川太郎, 直列混合桁の鉄道橋への適用可否の試設計による検討, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 第 30 巻, pp371-376, 2021 年 10 月

表-3 試設計の結果

Case	接合部の断面	主な構造詳細
1		【PC ケーブル】12S15.2 79 本 (接合部にて 22 本追加) 【ずれ止め】PBL 鋼板(SM490Y) 孔径 d=55mm@150mm 貫通鉄筋 D19(SD345) 上側 16 枚(照査値: 0.70) 下側 16 枚(照査値: 0.65)
2		【PC ケーブル】12S15.2 79 本 (接合部にて 22 本追加) 【ずれ止め】PBL 鋼板(SM490Y) 孔径 d=55mm@150mm 貫通鉄筋 D19(SD345) 上側 32 枚(照査値: 0.53) 下側 16 枚(照査値: 0.97)
3		【PC ケーブル】12S15.2 40 本 (接合部にて 20 本追加) 【ずれ止め】PBL 鋼板(SM400) 孔径 d=55mm@150mm 貫通鉄筋 D19(SD345) 上側 16 枚(照査値: 0.26) 下側 08 枚(照査値: 0.56)
4		【PC ケーブル】12S15.2 40 本 (接合部にて 20 本追加) 【ずれ止め】PBL 鋼板(SM400) 孔径 d=55mm@150mm 貫通鉄筋 D19(SD345) 上側 16 枚(照査値: 0.59) 下側 16 枚(照査値: 0.64)
5		【PC ケーブル】12S15.2 42 本 【ずれ止め】PBL 鋼板(SM490Y) 孔径 d=55mm@150mm 貫通鉄筋 D19(SD345) 上側 16 枚(照査値: 0.13) 下側 8 枚(照査値: 0.41)