

遅延合成構造を適用した複合ラーメン橋に関する検討

川田工業 ○正会員 北川 幸二^{※1} 川田工業 フェロー 渡辺 滉^{※1}
 川田工業 正会員 橋 吉宏^{※1} 川田工業 正会員 清水 良平^{※1}

1. まえがき 近年、建設コストの削減と高耐久性が求められるなか、PC床版や鋼コンクリート合成床版といった高い耐荷力と耐久性を兼ね備えた床版が普及してきている。非合成桁橋と比べて使用鋼材量が少なく経済性に優るものの、従来のRC床版では床版の劣化にともなう補修や取り替え作業が難

しく敬遠されがちであった合成桁橋が、これらの高耐久性床版と組み合わせる事例も増加している。さらに、経済性、走行性、耐震性、維持管理などの観点からは、連続桁形式の合成桁とする傾向がある。

ここで連続合成桁橋では、施工時荷重や床版コンクリートのクリープ・乾燥収縮等により、中間支点付近の床版コンクリートには引張応力が作用する。設計においては、この引張応力が構造上の弱点とならないように検討が行われる。すなわち、支点の上昇下降やPC鋼材の緊張などによりプレストレスを導入して引張応力やひび割れが生じないように制限する方法と、プレストレスを導入しないものの構造上有害なひび割れ幅を生じないように制限する方法の2通りが用いられている。

一方、鋼とコンクリートの合成時期を施工から数ヶ月後に設定できる遅延合成構造¹⁾は、供用時には合成構造となるもの、コンクリートの収縮や施工時荷重などが発生する施工後初期に非合成構造とできる特徴を活かして施工事例が増えている。

本報告では、中間橋脚上の床版コンクリートの効率的なプレストレスのために遅延合成構造を利用して、プレストレスを導入する設計方法に準じた複合ラーメン橋（以下、遅延合成構造を用いた連続合成桁橋をPRSラーメン橋と称す）の検討の結果を述べる。

2. 検討条件 検討対象は、山岳地において地形条件から橋脚位置に制約を受け、中央径間が100m、側径間が65mと比較的長支間のPC床版合成2主鋼I桁のラーメン橋とした。図-1および図-2に側面図と断面図を示す。地震や風による横力に配慮して剛結構造とした中間橋脚上からの張り出し架設とし、中間橋脚付近（供用時の負曲げモーメント領域）には下床版を設けた2重合成桁構造にするとともに、遅延合成構造を適用して橋面施工前までは上床版と鋼桁が非合成になるものとした。表-1および表-2に設計の諸条件と施工ステップを示す。施工ステップは①中間橋脚上から鋼桁と下床版を逐次施工しながら張り出した後、②中間橋脚上の上床版を施工し、③支間部の鋼桁を架設・閉合する。その後、④中間橋脚上のコンクリート床版にPC鋼材を用いて橋軸方向に圧縮応力を導入し、⑤支間部の上床版の施工を行う。さらに、⑦橋面施工を行った後、⑩供用するものとした。なお、コンクリートのクリープ・乾燥収縮は、⑥橋面施工前までに中間橋脚

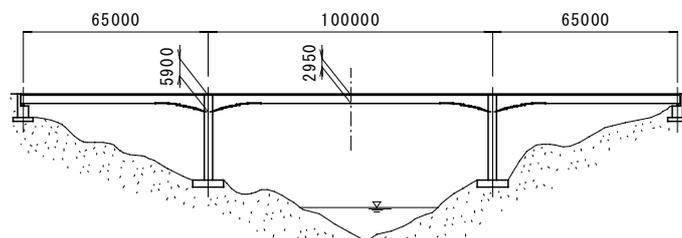


図-1 側面図

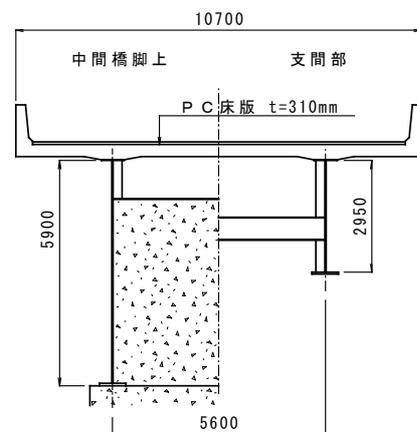


図-2 断面図

表-1 設計の諸条件

使用材料	鋼桁	SM490Y 材主体
	コンクリート	上床版
下床版		設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30\text{N/mm}^2$
PC鋼材	1S28.6 (中間支点近傍の床版内に配置)	
	コンクリートの諸係数	乾燥収縮係数
下床版		100×10^{-6} (橋面施工前までの乾燥収縮)
		100×10^{-6} (橋面施工後からの乾燥収縮)
クリープ係数	上床版	1.0
	下床版	1.0 (橋面施工前までのクリープ) 1.0 (橋面施工後からのクリープ)
遅延合成構造の適用範囲		中間橋脚付近 (供用時の負曲げモーメント領域)

キーワード：遅延合成構造，連続桁，ラーメン橋，張り出し架設

※1 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11

TEL 03-3915-3301 FAX 03-3915-4327

上の下床版に発生する分，⑧上床版に発生する分，⑨橋面施工後から中間橋脚上の下床版に発生する分の精査を行ったが，想定した工期からそれぞれステップの乾燥収縮度とクリープ係数は表-1 に示す値とした。

3. 検討結果

検討の結果，中間橋脚上の上床版に作用する橋軸方向応力は，

ステップ④のプレストレス導入時に 5.6N/mm^2 (圧縮)，ステップ⑨の活荷重載荷前に 1.0N/mm^2 (圧縮)，ステップ⑩の活荷重作用時に -2.1N/mm^2 (引張) であり，床版コンクリートがひび割れを発生しない条件を満たした。ここで，活荷重は道路橋示方書に示された荷重を全載 (100% 載荷) とした結果である。

表-3 に P R S ラーメン橋の検討結果と，比較のため同条件で検討した非合成桁のラーメン橋の結果を示す。概略総鋼重は，非合成桁のラーメン橋でおおよそ 640t に対して，上床版と中間支点部の下床版が桁作用に寄与する P R S ラーメン橋は 460t となり，おおよそ 30% 減少できる結果が得られた。なお，本報告で対象とした支間割り (おおよそ 1 : 1.5 : 1) を変えた場合についても追加検討した結果，鋼重の減少は上述とほぼ同じであることを確認した。

4. まとめ 本検討では，遅延合成構造を併用したプレストレス導入によりひび割れを制限する P R S ラーメン橋が可能であることを確認した。また，非合成桁のラーメン橋と比較して使用鋼材量を大幅に削減することができ，中間橋脚上の遅延合成構造，プレストレス導入，下床版の施工を考慮しても経済的な優位性がうかがわれる結果が得られた。なお，遅延合成構造を適用した合成桁の初期収縮や負曲げモーメントに対する特性については別途確認試験^{2,3)}を実施しており，整合性をはかり更に詳細な検討を進めていく予定である。また，本検討ではラーメン橋を対象としたが，遅延合成構造の特性を活かして実現できるその他の構造形式についても，今後検討を進めていく。

【参考文献】 1) 渡辺, 橋, 北川, 牛島, 平城, 栗田: 遅延合成構造の開発と実用化に関する研究, 構造工学論文集 Vol. 47A, 2001. 3
 2) 清水, 池田, 皆川, 橋, 北川: 遅延合成構造を適用した合成げたの長期計測, 土木学会第 59 回年次学術講演会 2004. 9
 3) 松井, 池田, 皆川, 橋, 北川, 清水: 遅延合成構造を適用した合成げたの負曲げ試験, 土木学会第 59 回年次学術講演会 2004. 9

表-2 施工ステップ

施工ステップ	概略施工図	遅延合成の状態	抵抗断面	
			中間橋脚上	支間部
① 中間橋脚上の鋼桁と下床版の逐次施工		⑧ 施工 ↓ 中間橋脚上の鋼桁と上床版は、 非合成 ↓ 合成に移行 ↓ 中間橋脚上の鋼桁と上床版は、 合成		
② 中間橋脚上の上床版の施工 (上床版と鋼桁は遅延合成構造とする)				
③ 支間部の鋼桁架設・閉合				
④ 中間橋脚上の上床版の橋軸方向プレストレス導入 (上床版の材齢3ヶ月とする)				
⑤ 支間部の上床版の施工				
⑥ 中間橋脚上の下床版のクリープ・乾燥収縮 (橋面施工前までの発生分)				
⑦ 橋面施工				
⑧ 上床版のクリープ・乾燥収縮				
⑨ 中間橋脚上の下床版のクリープ・乾燥収縮 (橋面施工後からの発生分)				
⑩ 活荷重				

表-3 検討結果

		張り出し架設による		
		PRS ラーメン橋	非合成桁のラーメン橋 ²⁾	
鋼材	寸法	中間支点上	上フランジ: 600×22 ウェブ: 5900×32 下フランジ: 800×55	上フランジ: 900×85 ウェブ: 5900×32 下フランジ: 900×85
		側径間部	上フランジ: 500×19 ウェブ: 2950×16 下フランジ: 700×28	上フランジ: 700×32 ウェブ: 2950×16 下フランジ: 700×32
		中央径間部	上フランジ: 500×16 ウェブ: 2950×16 下フランジ: 700×38	上フランジ: 700×45 ウェブ: 2950×16 下フランジ: 700×45
	概略総鋼重		460 (t)	640 (t)
	コンクリート	上床版	2,461 (m ²)	2,461 (m ²)
		下床版	448 (m ²)	-

注) 断面算定上，非合成桁橋は中間支点部床版のひび割れ幅の照査を省略した。