

ハーフプレキャストスラブの合理化に関する性能確認実験

川田建設(株) 正会員 ○高場啓輔
 川田建設(株) 富田清一
 川田建設(株) 正会員 高橋 功
 川田建設(株) 日戸貴之

1. はじめに

ハーフプレキャストスラブ (以下, HPCa スラブ) は, 工場製作の HPCa スラブに型枠支保工機能を兼用させ, 現場打設の場所打ちコンクリートと一体化させることにより構築するスラブであり, 合成断面を有効断面として機能させることができる。これまでに, HPCa スラブと場所打ちコンクリートが一体となって外力に抵抗することが実験で確認されており¹⁾, 鉄道ラーメン高架橋の実物件において採用されている²⁾。

筆者らは, HPCa スラブのさらなる合理化を目指して, 部材形状や配筋仕様を改良した HPCa スラブを考案した。本稿は, 仕様変更した HPCa スラブの性能確認実験結果について報告する。

2. HPCa スラブの合理化

HPCa スラブの合理化に伴い, 考案した改良点を以下に示す。表-1 に, 試設計における従来 HPCa スラブと仕様変更した HPCa スラブの比較表を示す。

- 1) HPCa スラブの軽量化 (HPCa スラブ厚の低減, PC 鋼材の増加)
- 2) 製造工程の簡素化 (突起形状の変更, 突起部内フープ筋の変更)

HPCa スラブの改良に伴い, 以下の3つの技術的課題が抽出された。これらの課題を評価するため, 製造・仮置きから場所打ち部打設までの一連の施工実験, 合成スラブの静的載荷実験を行った。

- 1) 配筋仕様変更による HPCa スラブの収縮ひび割れ
- 2) 場所打ち部打設時のたわみ増加による HPCa スラブ間の止水性
- 3) 部材形状・配筋仕様変更による合成スラブの曲げ・せん断耐力および, 打継ぎ面の一体性

表-1 HPCa スラブの比較表

種 類		HPCaスラブ〔従来〕		HPCaスラブ〔仕様変更〕			
断面形状 L=8.0m		<p>○: 鉄筋 ●: PC鋼材 従来 (突起部: フープ筋)</p>		<p>タイプA (突起部: スパイラル筋) タイプB (突起部: 鉄筋省略)</p>			
架設重量		7.0 t/枚		6.6 t/枚			
応力 N/mm ²	荷重状態		HPCa部	場所打ち部	HPCa部	場所打ち部	
	HPCaスラブ 製作時	上縁	4.53		5.46		
		下縁	5.84		6.79		
			許容値	$-3.10 \leq \sigma_{ca} \leq 20$		$-3.12 \leq \sigma_{ca} \leq 20$	
	場所打ち部 打設時	上縁	11.21		13.73		
		下縁	-0.18		-0.83		
		許容値	$-3.10 \leq \sigma_{ca} \leq 20$		$-3.12 \leq \sigma_{ca} \leq 20$		
クリープ・ 乾燥収縮 終了時	上縁	-1.10	-0.88	-0.98	-0.88		
	下縁	-4.20	-2.49	-4.33	-2.44		
	許容値	$\sigma_{ca} \leq 20$	$\sigma_{ca} \leq 12$	$\sigma_{ca} \leq 20$	$\sigma_{ca} \leq 12$		
キャンバー (たわみ) mm	HPCaスラブ 製作時		-3.7		-4.5		
	仮置き $\phi=1.0$		-5.6 (-1.9)		-6.3 (-1.8)		
	場所打ち部打設時		5.2 (10.8)		8.4 (14.7)		
	最終 $\phi=2.0$		7.3 (1.8)		10.5 (1.7)		

※ タイプ A・Bの違いは突起部内の配筋仕様である。タイプ Aはフープ筋を施工性の良いスパイラル筋へ変更したもので、タイプ Bはさらに施工性を上げるためフープ筋を省略したものである。タイプ A・Bに支間部・支点部の使用区別はない。
 ※ 1) 応力は圧縮を+とする。 2) キャンバー・たわみは下向きを+とする。 3) ()内の数値はたわみの増分である。

3. HPCa スラブ〔仕様変更〕の性能確認実験

3.1 仮置き実験

(1) 目的

従来 HPCa スラブの突起部内フープ筋は、構造鉄筋ではなく突起部の用心鉄筋として配置している。また、HPCa スラブには、剥落防止対策として合成短繊維材を混入しており、ひび割れ抑制効果も期待できる。そこで、フープ筋を省略した2タイプのHPCa スラブ(表-1)で、仮置き時に収縮ひび割れが発生しないかを確認することを目的とした。

(2) 実験方法

実際の HPCa スラブ製作後の仮置きと同様に、仕様変更した HPCa スラブを屋外にて3ヶ月間放置し観測を行った。仮置き支点は、支点上縁の引張応力がプレストレス導入時コンクリート強度の引張強度(2.4 N/mm²)となる位置とした。写真-1に、HPCa スラブの仮置き状況を示す。

(3) 実験結果

図-1に、仮置き実験結果を示す。仮置き3ヶ月が経過しても、タイプA・Bともに突起部にひび割れの発生は確認されなかった。従って、HPCa スラブ突起部の収縮ひび割れ防止対策としては、コンクリート中の剥落防止用繊維材で可能と考えられる。また、仮置き時のHPCa スラブのキャンパー変化は、鉄筋を考慮した解析値と概ね一致しており、HPCa スラブの全断面有効としての仮定が成り立つと考えられる。

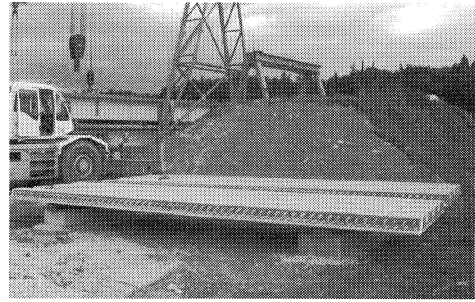


写真-1 仮置き状況

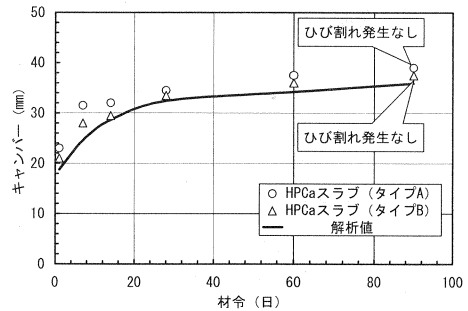


図-1 仮置き実験結果

3.2 止水実験

(1) 目的

HPCa スラブはスラブ直下の安全を確保するため、打設時の止水対策が重要となる。仕様変更した HPCa スラブは、場所打ち部打設時のたわみ量が大きくなるため、HPCa スラブ同士の継ぎ目部の目違いが生じ易くなる。そこで、従来の HPCa スラブ同様の止水対策²⁾で、水漏れが生じないかを確認することを目的とした。

(2) 実験方法

図-2に、実験要領図を示す。止水ゴムを挟んだ2体の仕様変更した HPCa スラブの継ぎ目部に水を張り、片側の HPCa スラブのみに場所打ち部打設時(場所打ち部荷重+作業荷重)相当の H 鋼を載荷し沈下させ、水漏れ状況を観察した。止水ゴムは、現場同様にゴム厚 10mm が 5mm になるまで HPCa スラブ同士をレバーブロックで引き寄せ、左右の HPCa スラブの突出鉄筋を U 字クリップで緊結し圧縮状態(5mm)を保持した。

(3) 実験結果

場所打ち部打設時状態においても、継ぎ目部に漏水は確認されず、従来の止水ゴムで打設時のノロ漏れを防げると考えられる。

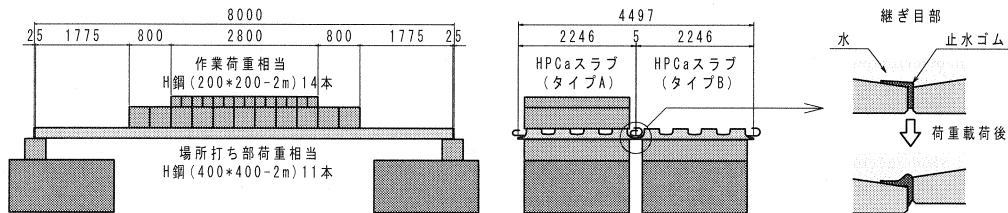


図-2 止水実験要領図

3.3 静的載荷実験

(1) 目的

仕様変更した HPCa スラブを用いた合成スラブが、「ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針」³⁾ (以下、設計施工指針) に基づいて計算した曲げ・せん断耐力を確保できるか、また、合成スラブの打継ぎ面の一体性の確認を目的とした。

(2) 解析方法

HPCa スラブを用いた合成スラブの曲げ耐力は、ファイバーモデルを用いて算出しており、HPCa 部と場所打ち部の異なるコンクリート強度や、HPCa 部のプレストレスを考慮している。せん断耐力は、計算の簡便性かつ安全側の値が得られるように、全断面が場所打ち部であると仮定して算出しており、HPCa 部のコンクリート強度およびプレストレスは無視している。

(3) 実験方法

図-3に、載荷実験要領図を示す。本実験では、鉄道ラーメン高架橋のスラブ中央部と支点部とをそれぞれモデル化し静的載荷を行った。支点部モデルは負曲げ域を再現するため、合成スラブを反転させて場所打ち部を下面にして載荷した。載荷装置には、アクチュエータ (5000kN) を使用した。載荷ステップは、弾性域、使用時・終局時の設計載荷荷重を、それぞれ3回繰り返した後、破壊まで載荷した。載荷スパンは、ほぼ同時に解析値の曲げおよびせん断耐力となる位置とした。コンクリートの設計基準強度は、HPCa スラブ 50 N/mm²、場所打ち部 30 N/mm²とした。なお、合成スラブに使用した HPCa スラブは、中央部モデルにタイプ A、支点部モデルにタイプ B を使用した。

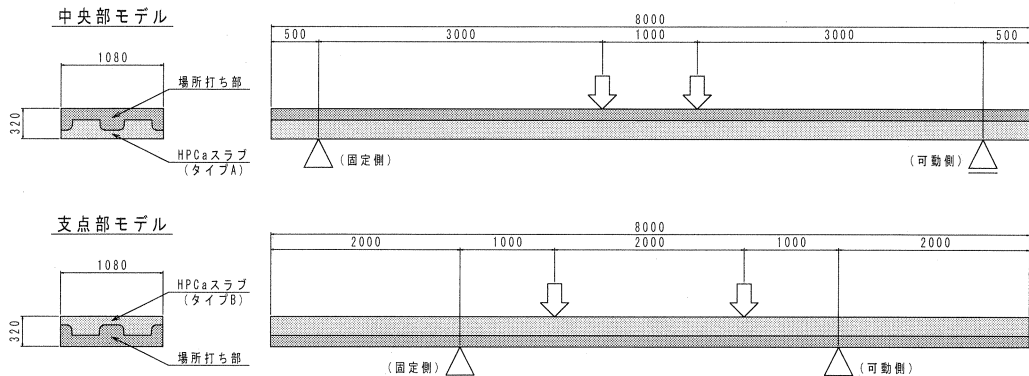


図-3 載荷実験要領図

(4) 実験結果

表-2, 3 に載荷実験結果を示す。最終破壊形態は、両モデルとも載荷支点間の上縁コンクリートの曲げ圧縮破壊となった。曲げ耐力は、中央部モデルで9%、支点部モデルで35%程度、解析値を上回る結果となった。また、発生せん断力は、両モデルとも解析値のせん断耐力を上回っているが、せん断破壊を生じなかった。従って、両モデルとも解析値以上の曲げ・せん断耐力を確保していることが確認された。

表-2 載荷実験結果 [中央部モデル]

	ひび割れ荷重 (kN)	鉄筋降伏荷重 (kN)	曲げ耐力 (kN・m)	せん断耐力 (kN)
実験値	95	461	807	282以上
解析値	76	402	738	272
実験/解析	1.25	1.15	1.09	—

表-3 載荷実験結果 [支点部モデル]

	ひび割れ荷重 (kN)	鉄筋降伏荷重 (kN)	曲げ耐力 (kN・m)	せん断耐力 (kN)
実験値	55	405	297	314以上
解析値	56	351	220	252
実験/解析	0.98	1.15	1.35	—

図-4, 5に支間中央における荷重-たわみ関係を示す。ひび割れ発生までの初期剛性は、実験値と解析値で良い整合性を示した。ひび割れ発生後も、鉄筋降伏荷重は異なるものの、载荷支点間のひび割れ間隔がほぼ一定になった後の荷重-たわみ勾配は同程度となった。また、支点部モデルでは、上縁鉄筋も引張域に入るため、再び、荷重-たわみ勾配が立ち上がる傾向が見られた。

図-6, 7にせん断スパンにおける断面内のひずみ分布を示す。ひび割れが生じていない同一断面内のひずみ分布は、ほぼ直線関係にあり、平面保持が成り立っていると考えられる。また、発生ひび割れは合成スラブの打継ぎ面を貫通しており、打継ぎ面でせん断ずれを起こすことなく、一体となり挙動していたと考えられる。

本実験では、破壊までせん断ひび割れは発生しておらず、実験結果に対して突起部の配筋仕様による影響はなく、仕様変更した HPCa スラブ (タイプ A・B) を中央部・支点部のどちらのモデルに用いた場合でも、同様の実験結果が得られるものと判断できる。

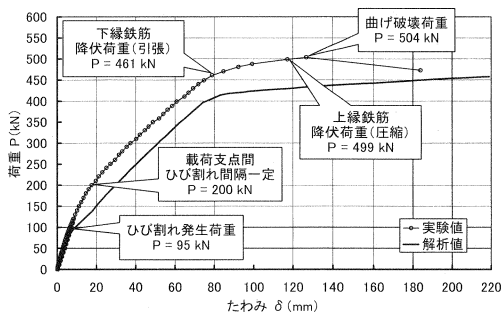


図-4 荷重-たわみ関係 [中央部モデル]

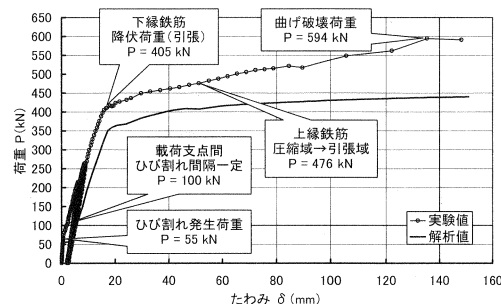


図-5 荷重-たわみ関係 [支点部モデル]

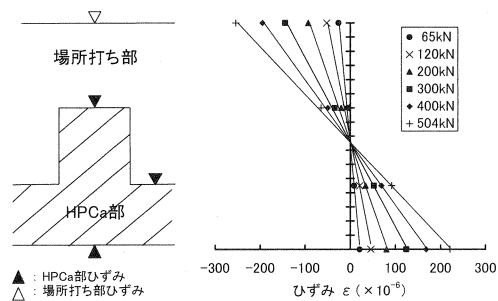


図-6 断面内ひずみ分布 [中央部モデル]

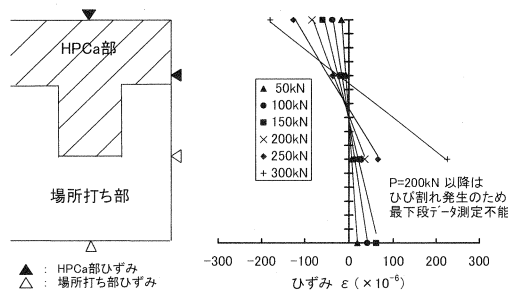


図-7 断面内ひずみ分布 [支点部モデル]

4. まとめ

本実験結果より、仕様変更した HPCa スラブは、収縮ひび割れや破壊耐力、一体性に大きな影響を及ぼさず、所要の性能を確保していることが確認された。

最後に、今回の HPCa スラブの合理化にあたり、多大なるご指導をいただきました(財)鉄道総合技術研究所の関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 渡邊, 小西, 服部, 佐藤, 北後: ハーフプレキャスト単純合成スラブ桁の実用化に対する研究, プレストレストコンクリート技術協会 第11回シンポジウム論文集, pp. 655-660, 2001. 11
- 2) 山本, 十束, 須藤, 白仁田: 営業線直上に構築する鉄道ラーメン高架橋における HPCa 梁・スラブの適用, コンクリート工学, Vol. 43, No. 7, pp. 52-57, 2005. 7
- 3) 鉄道総合技術研究所: ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針, 1999. 3