

鉄道ラーメン高架橋におけるトラス鉄筋付ハーフプレキャスト版の一括架設工法の開発

無支保工張出しスラブによる鉄道ラーメン高架橋の合理化施工

笹倉 伸晃^{*1}・米田 大樹^{*2}・津川 優司^{*3}・平岩 昌久^{*4}・西澤 謙二^{*4}

A Study on Erection Method due to Half Pre-Cast Slab with Truss Type Reinforcement for Railway Rigid Frame Viaduct

Nobuaki SASAKURA, Daiki YONEDA, Yuji TSUGAWA, Masahiro HIRAIWA, Kenji NISHIZAWA

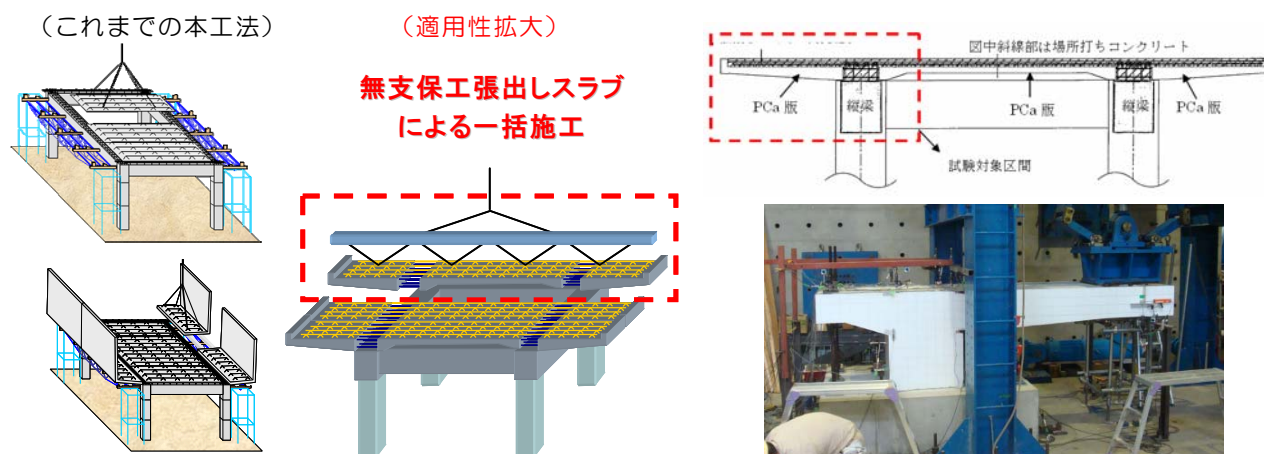


図-1 適用性拡大の概要

写真-1 載荷試験状況

研究の目的

鉄道ラーメン高架橋の床版は、通常は支保・型枠を設け、場所打ちコンクリートにより構築するため、工期や作業ヤードの確保などが課題となることが多く、これまで、これらの課題を解決するため、トラス鉄筋付ハーフプレキャスト（HPCa）版を用いた鉄道ラーメン高架橋の合理化施工方法を開発してきた。

本研究は、これまでの HPCa 床版工法に関して、さらなる適用性の拡大および安全性の向上を目的として、HPCa 版の張出しスラブと中間スラブを一体化して架設する方法を提案し、柱・梁・中間および張出しスラブの接合部をモデル化した試験体の載荷実験により、従来の場所打ち RC 造試験体と比較し、HPCa 試験体の構造性能を確認した。

技術の説明

これまで開発してきた HPCa 床版工法の架設方法は、中間スラブと張出しスラブが分割された HPCa 床版であり、それらを別々に架設する工程となっていた。本提案により、中間スラブと張出しスラブが一体となった無支保工張出し HPCa 床版を一括で架設することができ、工程の短縮、型枠・支保工の簡略化などの施工の合理化を図ることが可能となると考えられる。また、事故防止を配慮した安全性も向上し、新設およびリニューアル事業で想定される狭隘な場所における直上施工や営業線との近接施工への適用性も拡大するものと考えられる。

主な結論

モデル試験体載荷実験の結果、降伏点、最大荷重、剛性に関しては HPCa 試験体が RC 試験体を上回る。また、最大想定設計荷重程度において、HPCa 試験体のひび割れ深さおよび幅は、RC 試験体より小さかった。その後、さらに荷重を増加させると HPCa 試験体の圧縮縁にある高強度の PCa 版がひび割れ進展を抑制する傾向にあり、ひび割れが分散した。

以上より、片持ちスラブにトラス鉄筋付プレキャスト版を適用した場合、従来の一体打ち RC 造の接合部と同等以上の構造性能を有していることを確認した。したがって、片持ちスラブの設計に際しては、一体打ち RC 造として設計でき、適用に際しては、在来工法からの置換え設計による施工も可能である。

*1 本店 土木事業本部 土木設計・技術部

*2 東京大学

*3 飛鳥建設株式会社 土木事業本部 土木技術部

*4 日本カイザー株式会社 PCa 事業部

鉄道ラーメン高架橋のトラス鉄筋付ハーフプレキャスト床版の一括架設工法の開発

笹 倉 伸 晃^{*1} 米 田 大 樹^{*2}津 川 優 司^{*3} 北 倫 彦^{*3}平 岩 昌 久^{*4} 西 澤 謙 二^{*4}

要 旨

著者らは、これまで、トラス鉄筋付ハーフプレキャスト版（以下、トラス鉄筋付HPCa版）を用いた鉄道ラーメン高架橋の合理化施工方法を開発してきたが、張出しスラブと中間スラブを分割して架設するため、張出し部に支保工が必要となるなど、さらなる施工合理化に向けた課題があった。

そこで、中間スラブと張出しスラブが鉄筋を介して一体となった無支保工張出しHPCa床版の一括架設方法を提案し、その構造性能を把握するため、柱および梁、スラブの接合部に着目した実大モデル試験体を製作し、一方向単調載荷実験を実施した。その結果、一括架設工法の構造性能は、従来の一体打ちRC造の接合部と同等以上であることを確認した。以上より、片持ちスラブの設計に際しては、一体打ちRC造として設計でき、本工法の適用に際しては、在来工法からの置換え設計による施工も可能であると考えられる。

キーワード 鉄道ラーメン高架橋／プレキャスト／ハーフプレキャスト／一括架設／置換え設計

目 次

- | | |
|------------------------|---------|
| 1. はじめに | 4. 実験結果 |
| 2. HPCaスラブ一括架設による施工合理化 | 5. まとめ |
| 3. 実験概要 | |

A STUDY ON ERECTION METHOD DUE TO HALF PRE-CAST SLAB WITH TRUSS TYPE REINFORCEMENT FOR RAILWAY RIGID FRAME VIADUCT

Nobuaki SASAKURA
Yuji TSUGAWA
Masahisa HIRAIWA

Taiju YONEDA
Tomohiko KITA
Kenji NISHIZAWA

Synopsis:

We have been developing the construction method of rigid frame elevated bridge using half pre-cast (HPCa) slab which introduced pre-stressed to rationalize construction for several years. However, it has some issues to establish more rational construction method, such as simplifying erection method for overhanging slab.

Therefore, we proposed one-time erection method for HPCa slab which be joined intermediate slabs to overhanging slab with reinforcing bars, and we carried out loading test. As a result, we made sure that the basic quality have sufficient performance by the experimental results of the full scale specimen simulating the junction of the slab and the columns and beams.

* 1 本店土木事業本部土木設計・技術部 技術開発グループ

* 2 東京大学

* 3 飛鳥建設株式会社 土木事業本部 土木技術部

* 4 日本カイザー株式会社 PCa 事業部

1. はじめに

現在、鉄道の複々線化事業、あるいは道路渋滞の緩和や開かずの踏み切りの解消を目的とした鉄道連続立体交差事業（以下、鉄道連立事業）が都市再開発の中核事業として展開されている。このような事業では、鉄道の高架化が推進され、構造形式としてラーメン形式の鉄道高架橋（以下、鉄道ラーメン高架橋）が採用される場合が多い。上述した都市部の高架化工事は、営業線の近接状況下という狭隘な条件で、営業線を切り回しながらの施工、あるいは営業線直上での施工が求められる。そのため、工期短縮や作業ヤードの確保などの課題が生じることが多く、その対策として、高架橋の合理的な施工方法の開発が強く望まれている。

上述した背景を考慮し、著者らは、標準的な鉄道ラーメン高架橋構築の合理化、省力化、急速施工を目的として、トラス鉄筋付ハーフプレキャスト床版（以下、ハーフプレキャストを HPCa と呼ぶ）を用いた鉄道ラーメン高架橋の合理化施工法を開発してきた¹⁾。開発した工法は、鉄道ラーメン高架橋の柱および梁を構築後、プレストレスを導入した床版設計厚の半分以下のトラス鉄筋付 HPCa 版を架設し、これを支保・型枠兼用として、場所打ちコンクリートを打設することで一体の床版を構築する大幅な施工の合理化を目指した HPCa 床版工法である。また、トラス鉄筋付 HPCa 版を用いることで、曲げ剛性を高め、部材厚を薄くし、軽量化が図れることで、揚重機を大型化せず、施工時の安全性と品質の向上を確保し、狭隘地における急速施工を可能にするという特徴を有しており、これまで、西日本旅客鉄道株式会社大阪外環状線久宝寺工区高架橋他（平成 14 年 4 月～平成 19 年 2 月）²⁾や京急蒲田駅付近連続立体交差事業第 4,6,7 工区本線土木工事（平成 18 年 10 月～平成 21 年 7 月）などで適用されてきた。

一方、これまで開発してきた本工法は、従来の場所打ちコンクリートによる施工と比較して、型枠・支保工の大幅な軽減がなされているものの、スラブの架設に際しては、中間スラブと張出しスラブを別々に架設する必要があった。加えて、張出しスラブの架設時は、支保工が必要であるなど、課題も残っていた。

そこで、本研究では、本工法のさらなる施工合理化を目的として、張出しスラブと中間スラブの一括架設工法を提案し、実大モデル試験体による構造性能および架設時の挙動について検討した。

2. HPCa スラブ一括架設による施工合理化

2.1 HPCa スラブ一括架設方法

図-1 に今回提案した張出しスラブと中間スラブの一体化による一括架設工法の概念図を示す。本研究で提案した合理化施工法は、これまで分割して HPCa 床版を架設していた張出部の片持ちスラブと中間スラブのトラス鉄筋

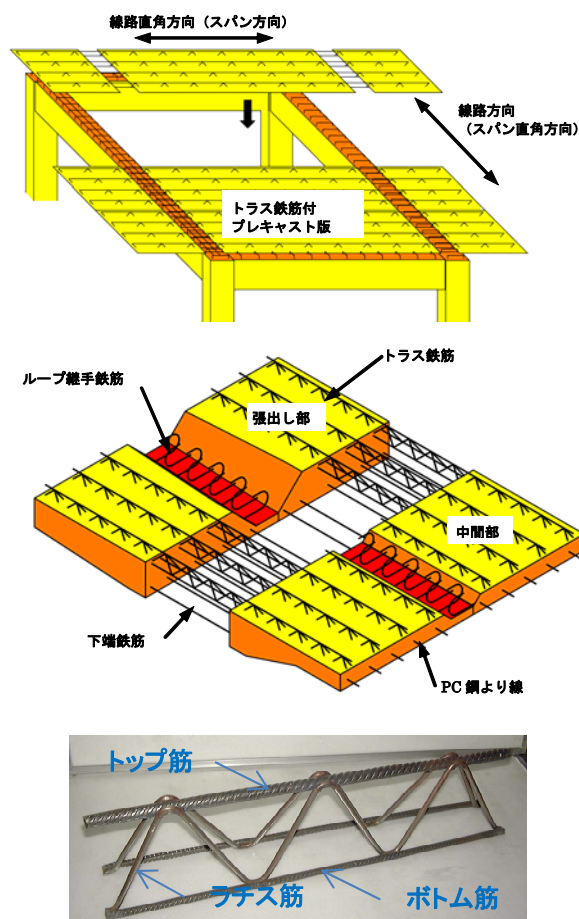


図-1 一括架設による施工方法の概念図

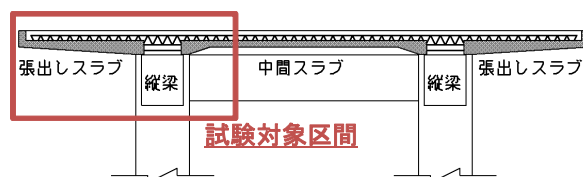


図-2 試験対象区間

付 HPCa 床版を下縁側鉄筋およびトラス鉄筋を介して一体化することで、一括架設を可能にするものである。したがって、本工法により、これまで以上に施工の省力化、無支保化を図ることができ、また、狭隘な施工条件に対する適用性の拡大も期待できるものである。

2.2 提案した合理化施工法の確認方法

本研究では、今回提案した合理化施工法の構造性能を確認することを目的として、RC 鉄道ラーメン高架橋の配筋等を模擬した張出しスラブと柱、梁に着目した実大モデル試験体を製作し、以下の実験により、提案した合理化施工方法について RC 梁とスラブ接合部の構造性能を確認した。なお、本実験では、特に張出しスラブに着目した実験とした（図-2 参照）。

(1) 構造性能の確認

構造性能の確認実験では、在来工法を模擬した場合打ち RC 試験体と比較して、提案した工法の HPCa 試験体などの程度の構造性能を有しているかを確認するものとし、一方向単調載荷実験における降伏耐力、剛性、ひび割れおよび破壊状況等について検討し、特に最大想定設計荷重レベルにおける損傷状況について着目した。

(2) 架設時の挙動確認

架設時の挙動確認実験は、HPCa 試験体の製作時に、架設時のトラス鉄筋付 HPCa 版の挙動を把握する目的で、場所打ちコンクリート打込み時荷重に対する載荷実験を

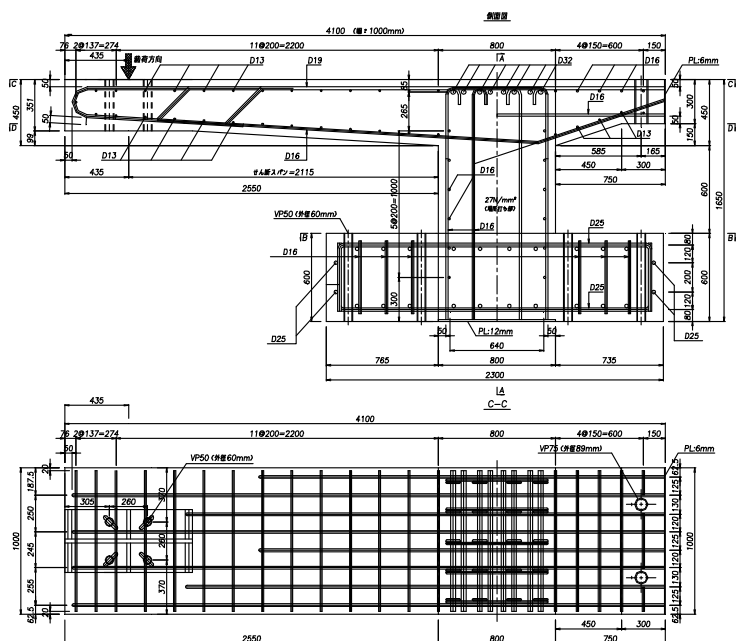
行い、張出しスラブ部の挙動について確認した。

3. 実験概要

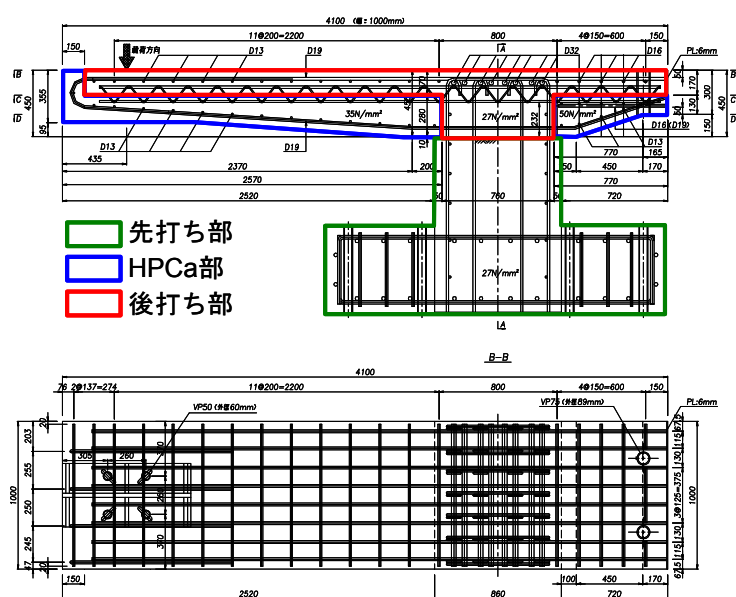
3.1 試験体

図-3 に各試験体の配筋図を示す。

試験体は、RC ラーメン高架橋の張出しスラブと上層縦梁、中間スラブの一部をモデル化したものとし、在来工法による施工を模擬した試験体（以下、在来型）と今回提案した合理化施工方法による張出スラブと中間スラブに HPCa 床版を用いた施工を模擬した HPCa 試験体（以下、HPCa 型）の計 2 体を製作した。いずれも実物大規模のものであり、試験体の線路方向の幅は 1000mm とし、載荷



在来型試験体



HPCa 型試験体

図-3 試験体配筋図

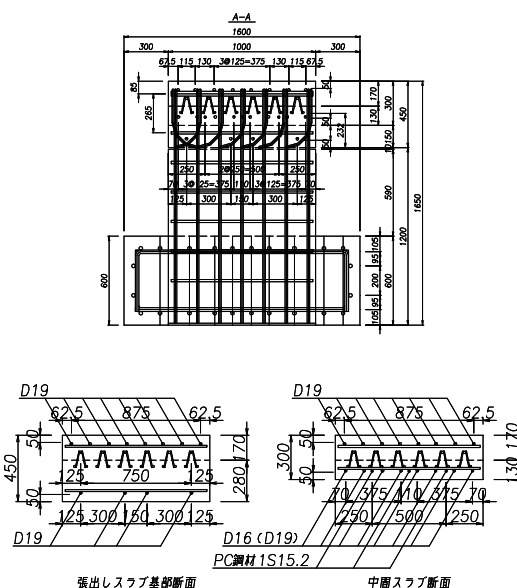
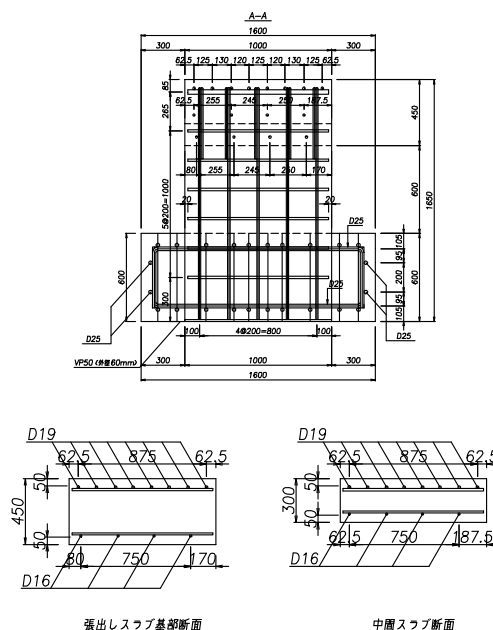


表-1 コンクリートの力学的性質

試験体	部位	呼び強度	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
No.1(在来型)	全範囲	27	47.4	33.8
No.2 (HPCa 型)	先打ち部(梁部)	27	34.1	31.2
	HPCa 張出スラブ	35	44.0	30.5
	中間スラブ	50	50.4	31.5
	場所打ち部	27	43.6	31.8

表-2 鋼材の力学的性質

適用部位	径	材質	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
配力筋	D13	SD345	382	194	585
下鉄筋	D16	SD345	375	196	547
上鉄筋	D19	SD345	389	194	576
トップ筋	D16	SD345	391	203	583
ボトム筋	D13	SD345	392	204	559
ラチス筋	f7	SWRM8	529	204	550

治具の固定のため、張出しスラブ先端の下面部は水平な形状とした。

表-1 および表-2 に使用したコンクリートおよび鋼材の力学的性質を示す。また、表-3 に本試験体の想定設計断面力を示す。

(1) No. 1 試験体(在来型)

在来工法をモデル化した試験体であり、一体打ちで製作した。

(2) No. 2 試験体(HPCa 型)

張出しスラブと中間スラブのトラス鉄筋付 HPCa 床版が、スラブ下側鉄筋とトラス鉄筋を介して接続されている試験体であり、HPCa 版を型枠として、スラブ上層は、場所打ちコンクリートで構成されている。また、中間スラブには、実施工時と同様に PC 鋼線 (1S15.2) が配置されている。

HPCa 型試験体の製作は、実施工を想定した製作方法とし、トラス鉄筋付 HPCa 版設置面までのラーメン高架橋梁部に相当するコンクリートを打込み、止水・不陸調整用のクロロプレン（以下 CR）ゴムを設置後、トラス鉄筋付 HPCa 版を設置した。その後、スラブ上側鉄筋を配置し、後打ち部分のコンクリートを打込む手順とした。

本実験における HPCa 型と在来型の主な相違点は以下の通りである。

- ①HPCa 型は、在来型よりも高い呼び強度のコンクリート（張出スラブ：呼び強度 35、中間スラブ：呼び強度 50）を採用している。
- ②HPCa 型の下側鉄筋は、在来型が D16 に対し、架設時の照査結果から下側鉄筋が許容座屈応力度を超えたため（座屈長は中間スラブと張出スラブ間＝760mm）、D19 とした。
- ③HPCa 版の設置に際しての施工性を考慮し、縦梁の線路直角方向の幅が在来型より 60mm 大きい。
- ④一括架設工法では、中間スラブの打設時に無支保施工とするため、中間スラブの PC 鋼線にプレストレスを導入するが、本実験では、張出しスラブ部に着目した実験として、プレストレスを導入せず PC 鋼より線を鉄筋と同様に配筋した。なお、張出しスラブは、PC 鋼より

表-3 試験体の設計断面力

性能	性能項目	項目	断面力	
			M(kNm)	S(kN)
			A-A 断面	B-B 断面
安全性	破壊	列車最大	136.52	92.18
		高欄推力最大	136.73	90.75
		風荷重最大	132.12	60.66
	疲労破壊	最小荷重	89.92	52.74
		最大荷重	106.22	70.76
	公衆安全性 (耐久性)	縁応力度	106.22	70.76
		永久荷重	89.92	52.74
		変動荷重	16.30	18.02
復旧性	損傷常時	列車最大	120.04	81.88
		風荷重最大	112.95	52.74

線を配置しない構造（RC 構造）である。

3.2 載荷方法

(1) 構造性能確認試験

図-4 および写真-1 に構造性能確認試験載荷概要および載荷状況を示す。

試験体の載荷方法は、張出しスラブの先端を鉛直ジャッキにより載荷する方法とした。なお、載荷方向は、張出部に着目した試験であるため、一方向単調載荷とし、風荷重のアップリフトは考慮しないものとした。また、載荷は、載荷点の鉛直変位が 90mm まで実施し、張出しスラブ先端で行うため、実際の設計上の載荷位置（載荷分布）とは異なるが、張出しスラブの基部断面に着目して、基部断面力が想定設計荷重と同等になるときの鉛直荷重として、以下のように設定した。設計施工指針では¹⁾、トラス鉄筋およびプレストレスは、HPCa スラブの施工時の検討のみに考慮し、スラブの終局限界状態、使用限界状態、疲労限界状態の計算では、考慮しないで行うものとされている。

①曲げモーメント

曲げモーメントは、表-3 より A-A 断面に作用する最大断面力が 137kN・m であることから、試験体載荷位置で

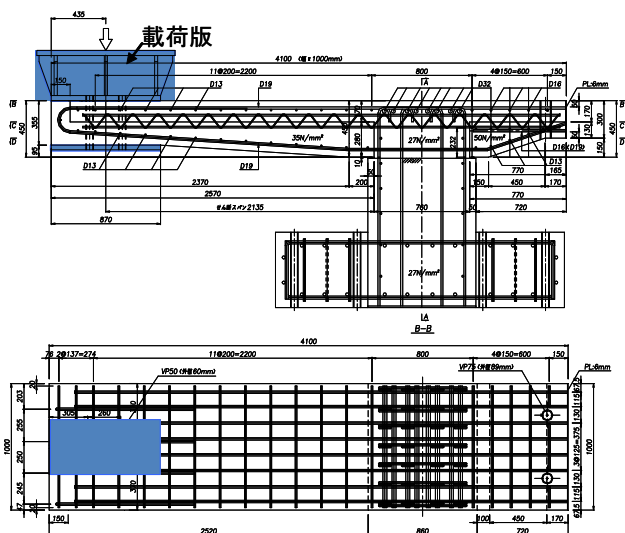


図-4 構造的な性能確認試験荷重概要

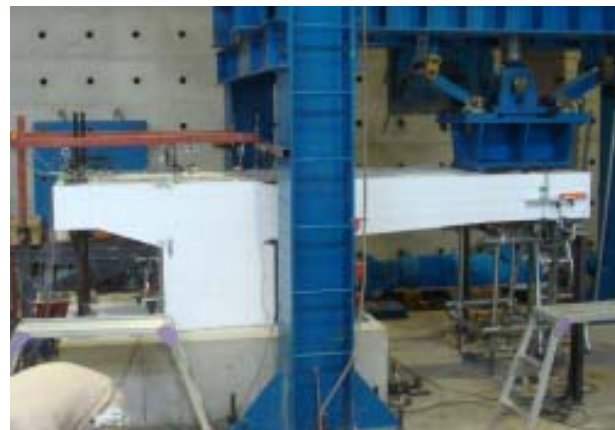


写真-1 構造的な性能確認試験荷重状況

の鉛直力は、せん断スパン $L=2.115\text{m}$ （荷重点から在来型試験体における縦梁側面までの距離）で除して、約 65kN とした。

②せん断力

表-3 より B-B 断面に作用する最大せん断力である 93kN とした。

(2) 架設時の挙動確認試験

図-5 に架設時の挙動確認のための荷重試験概要を示す。

架設時の挙動確認の荷重方法は、中間スラブの浮上り防止のため、H 形鋼で門型フレームを組み、ジャッキで固定した。また、トラス鉄筋に直接荷重させないため、H 形鋼を介してトラス鉄筋付プレキャスト版の上面に荷重するものとした。

荷重荷重は、場所打ちコンクリート打込み時の最大曲げモーメントと同等の曲げモーメントを生じさせる集中荷重を先端に荷重するものとし、場所打ちコンクリート部の厚さを 0.17m 、作業荷重を 2.5kN/m^2 として張出スラ

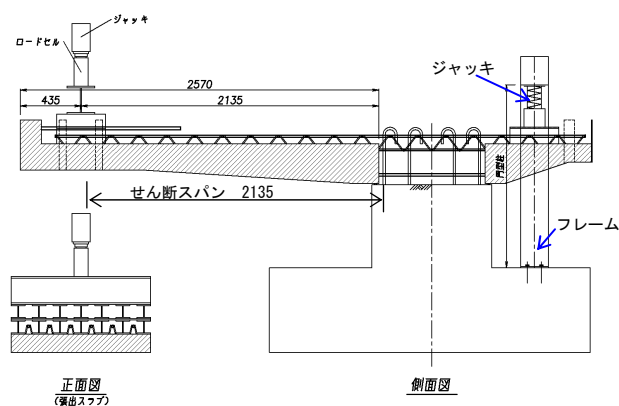


図-5 架設時の挙動確認のための荷重試験概要

ブ基部に発生する最大曲げモーメントを算出した後、荷重点位置における鉛直荷重を求め、 9.14kN とした。

表-4 試験体損傷経過一覧

代表的な荷重 ステップ	損傷経過	
	在来型試験体	HPCa 型試験体
在来型：78kN HPCa 型：72kN	張出しスラブ基部の上側で曲げひび割れ発生 ひび割れ深さ：250mm 程度	張出しスラブ基部の上側で曲げひび割れ発生 ひび割れ深さ：100mm 程度
98kN	(最大想定設計荷重程度) ひび割れ深さ：280mm	(最大想定設計荷重程度) ひび割れ深さ：150mm
128kN	ひび割れ深さ：330mm	ひび割れ深さ：180mm
50mm	ひび割れ深さが 40cm 程度まで進展 張出しスラブ基部の圧縮縁で、基部の圧壊の 発生を確認	張出しスラブの PCa 版に多くのひび割れが進展 縦梁のひび割れや中間スラブの PCa 版と 縦梁との境界のあきを確認
90mm	試験終了	試験終了

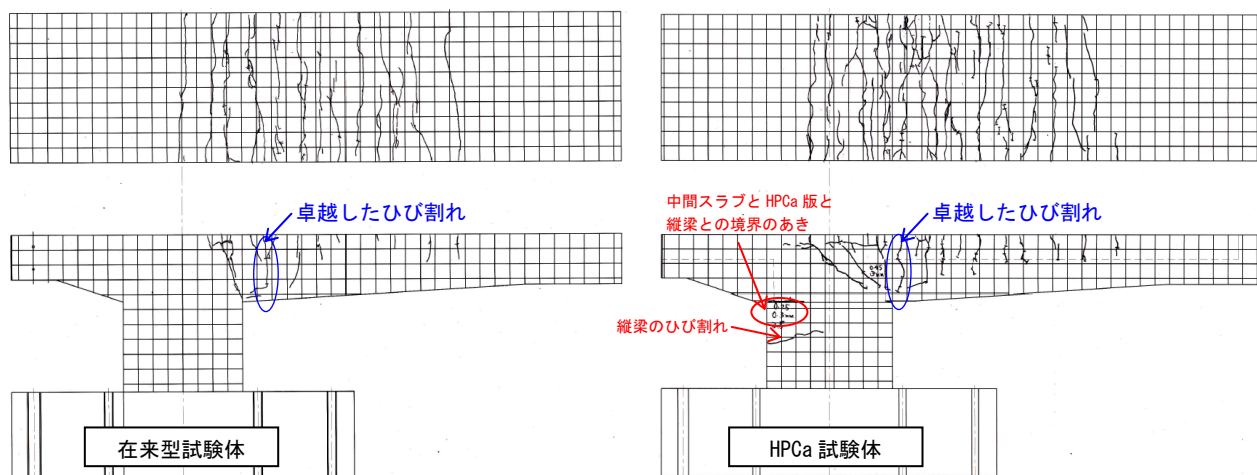


図-6 構造性能確認試験終了時(載荷点変位 90mm)のひび割れ状況図

表-5 実験値と計算値の比較一覧

試験体	実験値					計算値			実験値/計算値		
	Pcr (kN)	Py (kN)	Pmax (kN)	Ke (kN/mm)	Ky (kN/mm)	Pcr (kN)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pcr	Py	Pmax
(1)在来型	78	161	182	35.2	7.2	76.4	152	166	1.02	1.06	1.10
(2)HPCa 型	72	223	332	36.9	12.6	74.5	220	277	0.97	1.01	1.20
(2)/(1)	0.92	1.39	1.82	1.05	1.75	—			—		

Pcr:曲げひび割れ発生荷重, Py:降伏荷重, Pmax:最大荷重, Ke:初期(弾性)剛性, Ky:原点と降伏点を結ぶ割線剛性(降伏剛性)

4. 実験結果

4.1 構造性能確認

表-4 に構造性能確認試験における試験体損傷経過一覧を示す。また、図-6 に試験終了時のひび割れ状況を示す。

(1) 試験体の損傷状況

①在来型試験体

在来型試験体では、鉛直荷重 78kN で曲げひび割れが張出しスラブ基部の上側で発生した。ひび割れの深さは 250mm 程度であった。その後は、鉛直荷重が増加するに伴い、張出しスラブ基部より 500mm 程度先端側上面と、100mm 程度接合部側上面(梁直上部分)で、新たなひび割れが発生した。最大想定設計荷重程度である 98kN 時には、最大ひび割れ深さは 290mm 程度まで進展し、さらに鉛直荷重を増加させると、張出しスラブ基部周辺の曲げひび割れが増加、進展した。128kN 以降に上側軸方向鉄筋が 2000 μ 相当となった張出しスラブ降伏後は、張出しスラブのたわみが大きくなり、ひび割れの増加・進展が確認された。載荷点のたわみが 50mm に達した時には、ひび割れ深さは 400mm 程度に達し、張出しスラブ基部の圧縮縁のコンクリートの圧壊が確認された。

②HPCa 型試験体

鉛直荷重 72kN で曲げひび割れが張出しスラブ基部の上側で発生し、ひび割れの深さは 100mm 程度であった。その後、鉛直荷重が増加するに伴い、最大想定設計荷重時には、張出しスラブ基部より 50mm 程度の接合部側上

面で、新たなひび割れが発生した。さらに鉛直荷重を増加させると、張出しスラブ基部付近の曲げひび割れが増加、進展した。いずれのひび割れも張出しスラブの HPCa 版に達すると、進展が抑制される傾向にあった。上側軸方向鉄筋降伏後は、張出しスラブのたわみが大きくなり、載荷点のたわみが 50mm に達した時には、張出しスラブの PCa 版にも多くのひび割れが進展した。また、縦梁のひび割れや中間スラブの HPCa 版と縦梁との境界のあきが確認されたものの、ひび割れは基部に集中することではなく、異種材料の合成構造である HPCa 試験体であっても、脆性的な破壊をしないことが確認された。

③損傷状況の比較

在来型と HPCa 型の損傷状況を比較すると、HPCa 試験体の初期の微細な拘束ひび割れと場所打ち部のコンクリート強度の相違により、曲げひび割れ発生荷重は、HPCa 型の方が小さい値となった。一方、最大想定設計荷重程度(98kN)および最大荷重時(128kN)のひび割れ深さの最大値は、HPCa 型の方が小さい。これは、トラス鉄筋と高強度コンクリートで構成される HPCa 版がひび割れ進展を抑制したものと考えられる。

(2) 鉛直荷重－たわみ関係

表-5 に曲げひび割れ発生荷重および降伏点、最大荷重、剛性の実験値と計算値の比較一覧を示す。なお、剛性は、初期(弾性)剛性および原点と降伏点を結ぶ割線剛性(以下、降伏剛性)について示した。なお、降伏点は上

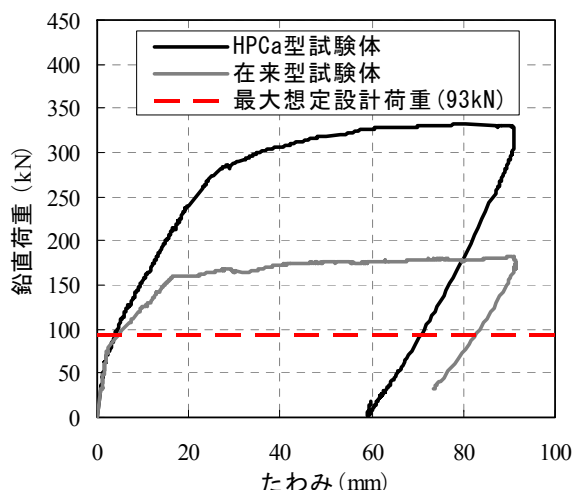


図-7 鉛直荷重－たわみ関係

側鉄筋が初めて降伏した時の鉛直荷重であり、張出しスラブ基部より接合部側へ 100mm の箇所が最も早く降伏した。また、計算値は、張出しスラブ基部の断面に着目して、材料試験結果を用いて算定し、HPCa 試験体はトラス鉄筋を軸方向鉄筋として考慮するものとした。

両試験体の実験値と計算値は、良く一致しており、トラス鉄筋付 HPCa 版においても、平面保持の仮定に基づいた設計が可能であることが確認できる。また、降伏点、最大荷重、剛性を比較すると、いずれも HPCa 試験体が在来型試験体を上回っており、HPCa 試験体はトラス鉄筋および高強度のプレキャスト版が部材の耐力に寄与すると考えられる。

図-7 に鉛直荷重－たわみ関係を示す。

曲げひび割れの発生、上側軸方向鉄筋降伏後も鉛直荷重の大きな低下はみられず、試験終了時（たわみ 90mm）まで安定した履歴を示している。また、両試験体とも最大想定設計荷重時には降伏点に達していないため、想定した設計荷重に対して張出しスラブは破壊しないものと考えられる。

(3) 曲げひび割れ幅

図-8 および図-9 に π ゲージから測定したひびわれ幅分布を示す。横軸は張出しスラブ基部からの距離を表し、正が張出しスラブ側、負が中間スラブ側である。

在来型は、張出しスラブ基部から 300mm の箇所で、また、HPCa 型は、張出しスラブ基板上でひび割れが卓越する結果となった。ひびわれ幅は、最大想定設計荷重時には、在来型は 0.39mm、HPCa 型 0.16mm であり、HPCa 型の方が小さなひび割れ幅となった。これは、トラス鉄筋が応力を負担したため、曲げひびわれ幅が小さくなったと考えられる。

図-10 に卓越した曲げ部のひび割れ幅の履歴を示す。なお、卓越したひび割れとは、図-6 に示す各試験体のひび割れであり、クラックゲージにより測定した。

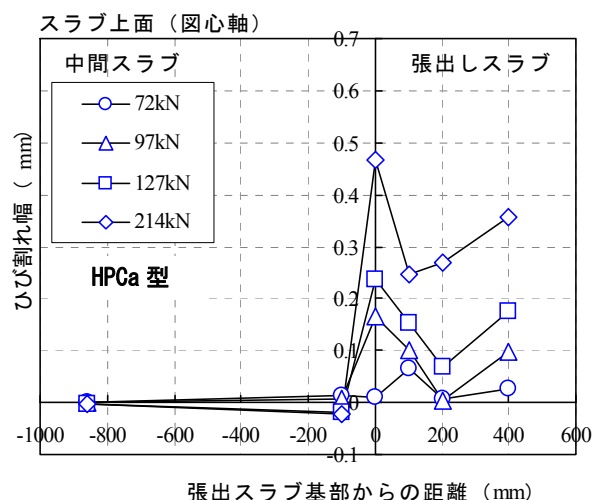


図-8 π ゲージより測定したひび割れ幅分布 (HPCa 試験体)

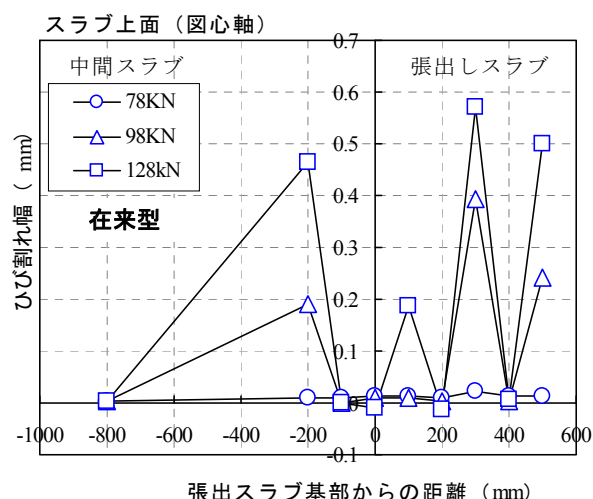


図-9 π ゲージより測定したひび割れ幅分布 (在来型試験体)

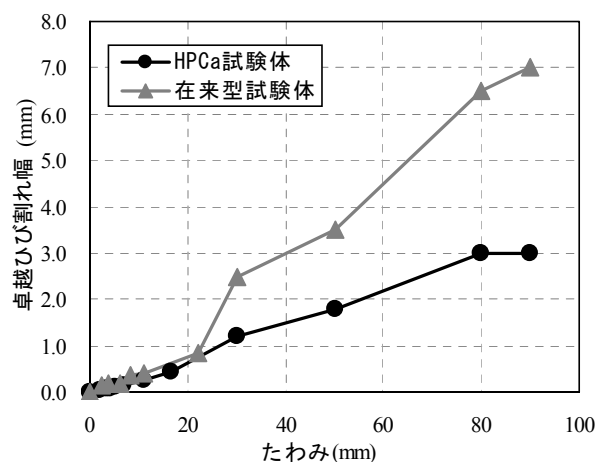


図-10 卓越した曲げ部のひび割れ分布

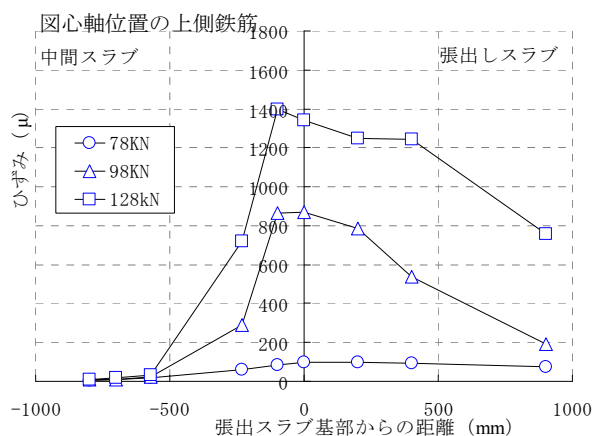
いずれのたわみ時においても HPCa 型は、在来型よりも小さなひび割れであり、この結果からも、トラス鉄筋付 HPCa 庄版の影響により、ひび割れが分散し、ひびわれ幅が小さくなったと考えられる。また、HPCa 試験体において、PCa 版と場所打ちコンクリートはコンクリート打設が不連続となるため、その境界でひび割れおよび目開き等が懸念される。本実験で、ゲージにより、その境界部の開口変位を計測した結果、張出しスラブと場所打ち部の鉛直境界で、試験終了後、最大 2mm 程度の変位

が生じたが、最大想定設計荷重時には 0.046mm と微小であった。

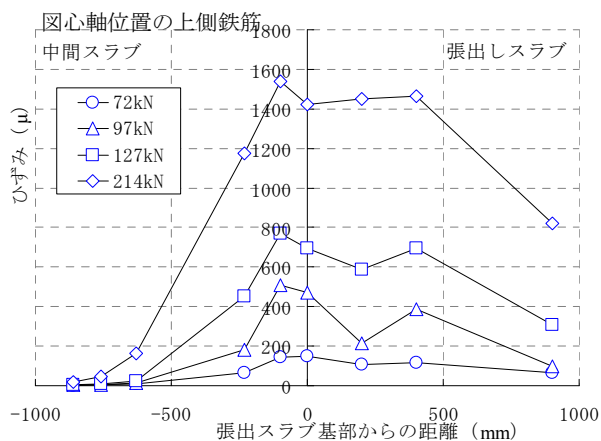
(4) ひずみ性状

図-11 に上側鉄筋のひずみ分布を示す。また、図-12 に下側鉄筋のひずみ分布を示す。

両試験体ともに、張出しスラブ基部で最も大きくなっている。また、同等の荷重時での HPCa 型のひずみは、従来型より小さい結果であり、これは、トラス鉄筋が応

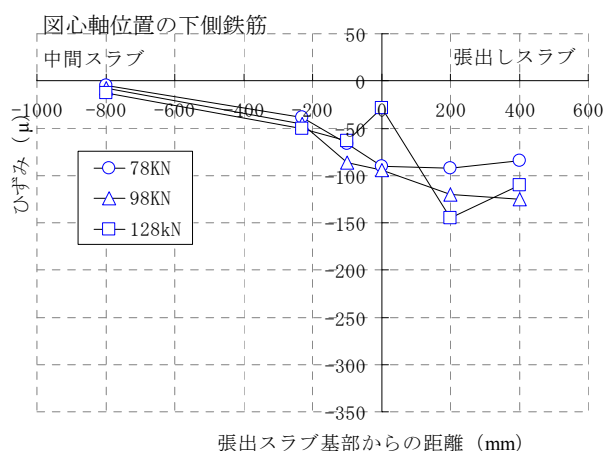


在来型

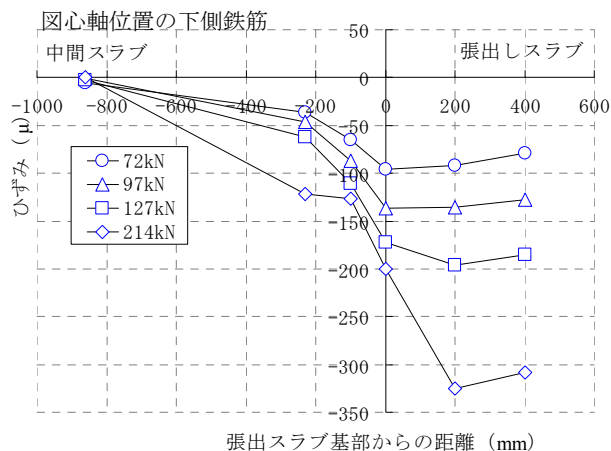


HPCa 型

図-11 上側鉄筋のひずみ分布



在来型



HPCa 型

図-12 下側鉄筋のひずみ分布

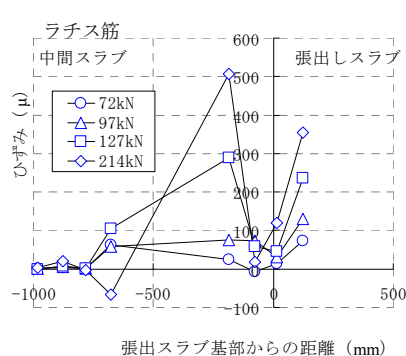
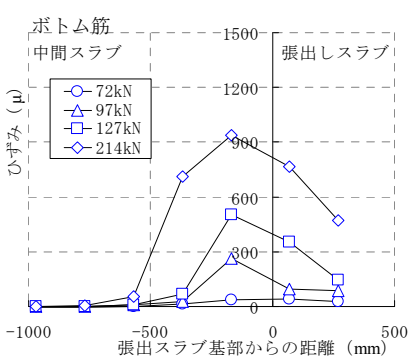
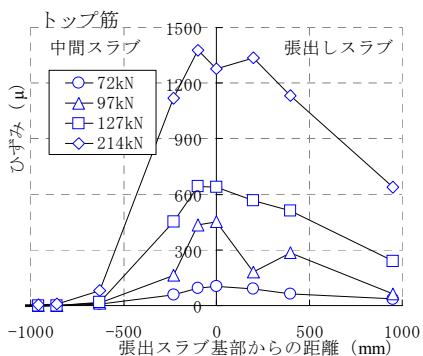


図-13 トラス鉄筋のひずみ分布 (HPCa 試験体)

力を負担しているためと考えられる。

下側鉄筋のひずみ分布は、両試験体ともに、張出スラブ基部から荷点側にかけて圧縮ひずみが大きく、接合部内ではひずみが小さくなる結果となった。

図-13 にトラス鉄筋（トップ筋およびボトム筋、ラチス筋）のひずみ分布を示す。

トップ筋およびボトム筋は、上側鉄筋同様に張出スラブ基部付近で引張応力を負担しており、引張鉄筋として働いていると考えられる。ラチス筋（トラス鉄筋の斜材鉄筋）に関しては、張出しスラブ基部から-200mm と +100mm 位置で大きなひずみを生じている。これは、張出しスラブ基部周辺の曲げひび割れは、張出スラブ基部圧縮縁に向かうような斜めひび割れとなっており、ラチス筋と直交するようなひび割れ方向となっているため、ひずみが大きく増加したと考えられる。

4.2 架設時の挙動確認

図-14 に架設時の挙動確認試験における鉛直荷重－たわみ関係を示す。また、図中には、トラス鉄筋をモデル化した骨組み解析の結果も併記する。

架設時の荷重前後で、試験体に大きな損傷は認められず、鉛直荷重－たわみ関係は、ほぼ線形に推移しており、架設時の場所打ちコンクリートの打設および作業荷重に対して弾性的な履歴を示していることが確認された。また、除荷後に残留たわみが発生しているが、これは、支点部の CR ゴムの変形の影響が大きいと考えられる。

図-15 に架設時の最大設計荷重時のトラス鉄筋と下側鉄筋のひずみおよびトラス鉄筋をモデル化した骨組み解析の結果を示す。

トップ筋、ボトム筋および下側鉄筋とも、計算値と試験結果はよく一致しており、トラス鉄筋をモデル化した骨組み解析による架設時の挙動が予測可能である。

5. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

(1)最大想定設計荷重程度において、側面から観測される

ひび割れ深さは、在来型試験体よりも HPCa 試験体の方が小さい。

- (2)両試験体ともに実験値と計算値はよく一致しており、トラス鉄筋付き HPCa スラブであっても、平面保持をに基づく設計が適用できる。また、降伏点、最大荷重、剛性は、HPCa 試験体のトラス鉄筋およびコンクリート強度の影響により、在来型試験体を上回った。
- (3)最大想定設計荷重以降は、荷重を増加させると、HPCa 試験体の圧縮縁にある高強度の PCa 版がひび割れの進展を抑制する傾向にあり、ひび割れが分散し、異種材料の合成構造である HPCa 試験体であっても脆性的な破壊をしないことが確認できた。
- (4)上側鉄筋において、HPCa 試験体のひずみは在来型試験体より小さく、トラス鉄筋はトップ筋およびボトム筋とも引張応力を負担していることから、トラス鉄筋が引張鉄筋として働いていることがわかった。
- (5)架設時の荷重において、張出スラブは梁・スラブ接合部の鋼材（トラス鉄筋・下側鉄筋）の影響を受けて、弾性挙動をすることがわかった。

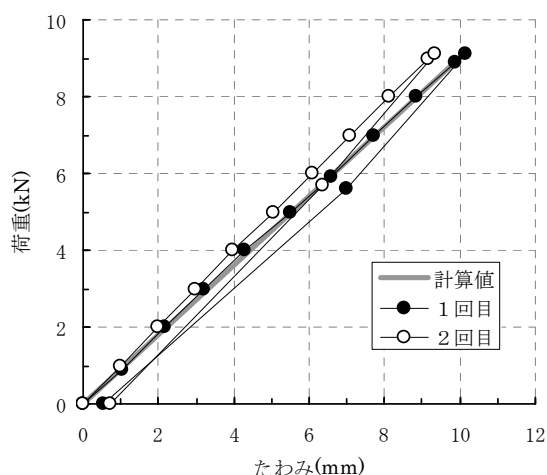


図-14 架設時挙動確認試験の荷重－たわみ関係

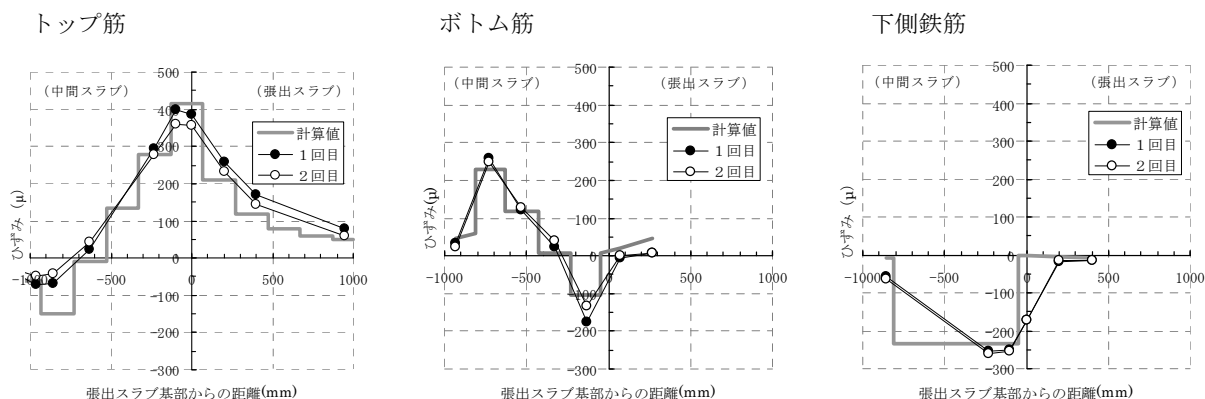


図-15 トラス鉄筋のひずみ分布（HPCa 試験体）

以上より、今回提案した一括架設による合理化施工方法は、在来の一体打ちコンクリート施工による部材と同等以上の構造性能を有しており、本提案工法に対して、一体打ち RC 造コンクリートとして設計することが可能である。

謝辞：本実験は、日本カイザー株式会社によって(財)鉄道総合技術研究所へ委託したものであり、実験実施に際しては、関係各位に数々のご助言・ご助力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：トラス鉄筋付プレキャスト版を用いた鉄道ラーメン高架橋スラブの設計・施工指針，H15 年 12 月
- 2) 雨水千秋：大阪外環状線鉄道建設工事の概要，鉄道界，第 47 巻，pp.60-71，2006 年 4 月