

論文 ハーフプレキャスト合成スラブ下端鉄筋の定着方法に関する実験的研究

山田 尚義^{*1}・原 夏生^{*2}・三島 徹也^{*2}・肥沼 年光^{*3}

要旨：鉄道 RC ラーメン高架橋にハーフプレキャスト合成スラブを適用する際の課題の一つには、ハーフプレキャストに内包されているスラブ下端鉄筋の定着方法がある。著者らは、ハーフプレキャスト部材にハンチを設けず、スラブ下端鉄筋の定着を重ね継手によって行う方法を提案し、モデル試験体による正負交番荷重実験を実施した。その結果、重ね継手筋量を、在来工法と同程度の曲げ耐力となる様に配置することで、地震時に発生する正負交番荷重に対して、安全上問題ないことを確認できた。

キーワード：スラブ、ハンチ、ハーフプレキャスト部材、スラブ下端鉄筋、重ね継手

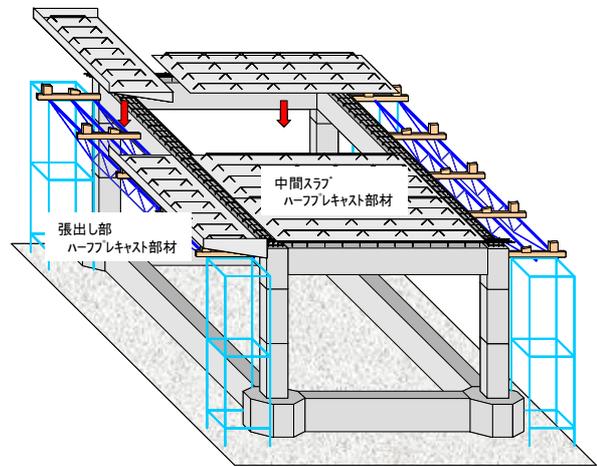
1. はじめに

1.1 研究の背景

都市部では鉄道需要の増加に伴う複々線化、あるいは道路渋滞の緩和などを目的として、鉄道の高架化事業が推進されている。一般的にこのような工事は、都市部営業線の近接状況下で、営業線を切り回しながら進められるの現状であり、郊外での新線建設に比べ、多大な工費、工期を要する。これらのことから、鉄道高架構造物の施工には、工期短縮と安全な工事の実施を目指した合理的な工法の開発が望まれている。

このような背景を考慮し、鉄道高架橋に一般的に用いられている RC ラーメン高架橋に対して、耐震性能および経済性に優れた工法の開発を目的として、プレキャスト型枠を適用した合理化施工法の開発が行われている¹⁾。その一環として、スラブの施工合理化工法の開発を行った。その工法とは、線路方向に分割したハーフプレキャスト部材を用い、中間スラブに関しては、線路直角方向にプレストレスを導入することにより、無支保でスラブの施工を実現するものである。図-1 に鉄道ラーメン高架橋スラブの施工法の概念図を示す。

1.2 スラブにハーフプレキャスト部材を適用する際の課題



工程 1	ハーフプレキャストスラブ設置
工程 2	スラブ上端鉄筋組立
工程 3	スラブ コンクリート打設

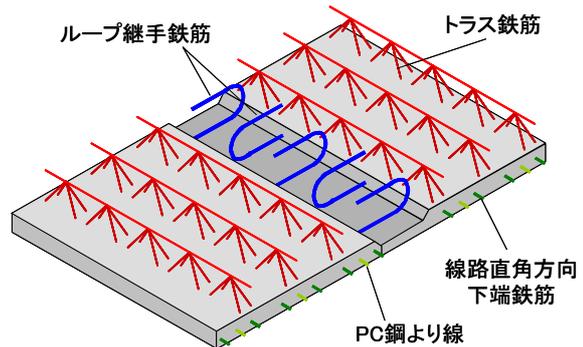


図-1 スラブ施工方法概念図

通常、RC ラーメン高架橋スラブは、四辺が線路方向梁と線路直角方向梁に支持された 2 方向スラブとして設計され、スラブ主鉄筋は梁部

*1 前田建設工業(株) 技術本部 技術研究所 技術開発土木 Gr. 工修(正会員)

*2 前田建設工業(株) 技術本部 技術研究所 技術開発土木 Gr. 工博(正会員)

*3 日本カイザー(株) 土木製品グループ (正会員)

へ十分定着される。また、スラブ端部にはハンチが設けられるのが一般的である。

現在までに、ハーフプレキャスト合成スラブの継手部に着目した静的耐力および疲労性状の検討を行い、2方向スラブとしての設計を可能としている²⁾。しかしながら、RCラーメン高架橋スラブにハーフプレキャスト部材を適用するには、次に示すような課題が残されている。

ハーフプレキャスト部材に内包されているスラブ下端鉄筋の梁への定着方法。
スラブのハンチの取り扱い。

に関しては、ハーフプレキャスト部材端部から、予めスラブ下端鉄筋を延ばしておくことで、梁部へ定着させることが可能であるが、梁上部の主鉄筋を、ハーフプレキャスト部材架設後に設置しなければならない等、配筋が煩雑である。また、に関しては、ハンチを設けることは可能ではあるが、ハーフプレキャスト部材

製作時に底版を加工する必要があるため、製作コストが割高となる。

そこで、本工法においては、ハーフプレキャスト部材にハンチを設けず、スラブ下端鉄筋の定着を重ね継手によって行うものとした。一般的には、耐震設計時において、スラブの変形性能は要求されていない^{3),4)}。しかしながら、地震時に発生する正負交番荷重に対して、在来工法と同程度の耐力および変形性能を有する必要があると考える。そこで本研究では、モデル試験体による正負交番荷重実験を実施し、在来工法と比較検討を行うことを目的とする。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体は、鉄道RCラーメン高架橋の中間スラブと線路方向梁の接合部をモデル化したものであり、全2体である。図-2に試験体配筋図を、

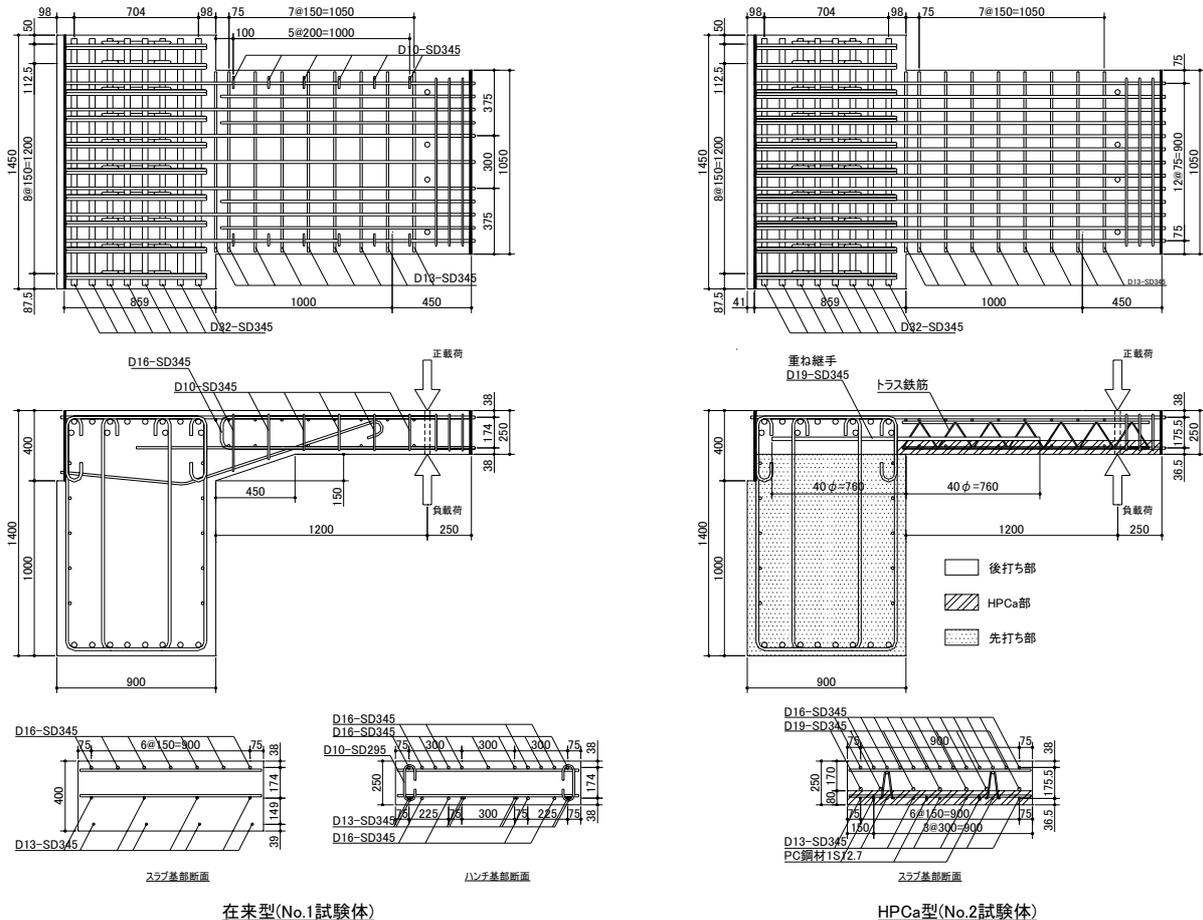


図-2 試験体配筋図

表-1 スラブ基部の断面諸元

		せん断スパン a mm	スラブ基部諸元					
			断面幅B mm	断面高H mm	コンクリート強度 N/mm ²	主鉄筋		鉄筋比 As/(BH)
						材質	径	
No.1	在来型	1200	1050	400	32.6	SD345	D16(7本) D13(8本)	0.57%
No.2	HPCa型	1200	1050	250	59.4(HPCa部) 31.5(後打ち部)	SD345	D16(13本) D19(7本)	1.75%

表-2 使用材料一覧

●コンクリートの力学的特性

試験体	部位	圧縮強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²
No.1(在来型)	-	32.6	25.1
No.2 (HPCa型)	先打ち部(梁部)	31.0	23.0
	HPCaスラブ	59.4	33.5
	後打ち部	31.5	24.5

●鋼材の機械的性質

径	材質	降伏強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²	引張強度 N/mm ²
φ7	SWRM8	583	216	598
D10	SD345	357	190	499
D13	SD345	394	184	552
D16	SD345	375	183	571
D19	SD345	368	186	568

※φ7の降伏強度は、0.2%耐力

表-1 に試験体スラブ基部断面の諸元を、表-2 に使用材料の一覧を示す。

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、スラブ端部にハンチを設けてある。現場一体打ちを模擬しており、試験体も一体打ちで製作した。なお、スラブ基部の破壊が先行するように、一般部に補強鉄筋を配置している。

No.2 試験体(HPCa型)

本工法で提案する試験体であり、ハーフプレキャスト部材に内包されているスラブ下端鉄筋の梁への定着は、重ね継手構造(重ね継手長：40=760mm)とし、在来型試験体とスラブ基部断面の曲げ耐力が同程度となる様に配筋を決定した。なお、ハーフプレキャスト部材の厚さは80mm であり、設置する梁部へ架かる長さは50mm である。実施工においては、ハーフプレキャスト部材にプレストレスを導入するが、本実験においては、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。

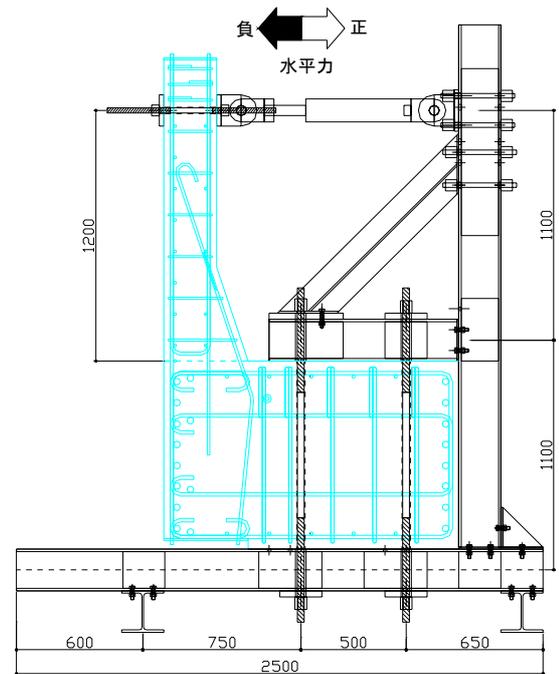


図-3 載荷装置

製作は、実施工を考慮して、ハーフプレキャスト部材設置面まで梁部を先行して打設し、ハーフプレキャスト部材を設置する。その後、スラブ上端鉄筋を配置し、残りの部分を打設する手順で行った。なお、実施工においては、止水の目的で、ハーフプレキャスト部材接地面にエポキシ樹脂系接着剤等を塗布するが、本実験においては使用していない。

2.2 載荷方法

図-3 に載荷装置を示す。地震時の荷重を想定して、梁部の端を固定し、両端ピン接合の油圧ジャッキによりスラブ端部に正負交番荷重を載荷した。なお、載荷は、図のようにスラブに自重がかからないように設置して行い、スラブへの軸力は導入していない。

載荷は、スラブに対して、ひび割れ発生時、

表-3 実験結果一覧

	在来型(No.1試験体)				HPCa型(No.2試験体)				
	実験値		計算値*1		実験値		計算値(文献4)準拠		
	変位 mm	荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	変位 mm	荷重 kN	
主鉄筋降伏時	正	7.4	166.4	7.9	155.5	9.2	142.1	10.3	152.5
	負	-3.5	-67.4	-6.7	-73.3	-10.6	-87.2	-11.9	-85.2
最大荷重時	正	41.0	204.0	23.6	181.9	18.4	191.2	21.1	176.6
	負	-17.6	-97.1	-22.7	-98.2	-63.7	-87.5	-21.7	-91.4
終局時	正	69.9	166.4	32.3	155.5	96.6	142.1	35.2	152.5
	負	-32.4	-67.4	-34.4	-73.3	-74.3	-87.2	-28.5	-85.2

*1: No.1試験体の計算値…変位算出時はハンチ部分を考慮せず、耐力算出時はハンチ部分を考慮している。

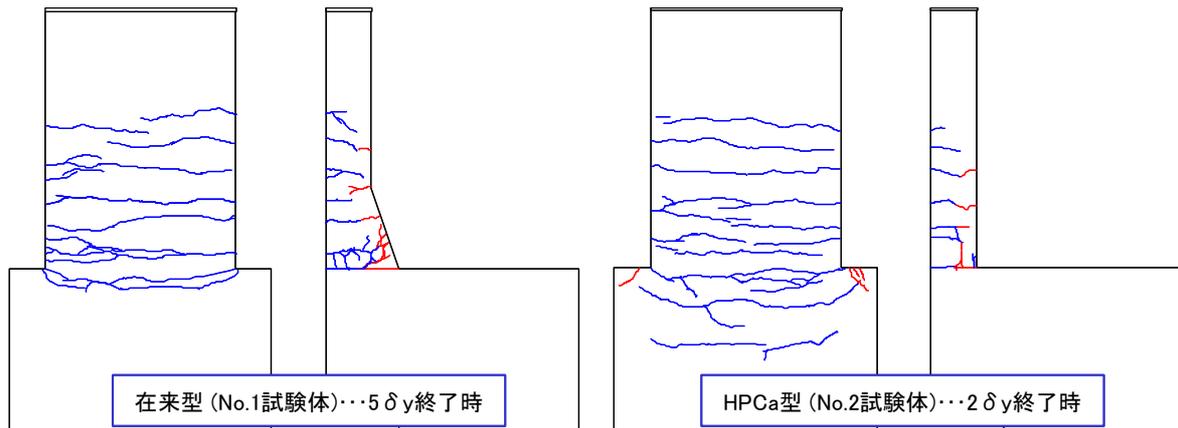


図-4 最大荷重時のひび割れ状況

主鉄筋 1000 μ 相当で正負各 1 回ずつ行った。その後、正側、負側、ともにスラブ基部の引張側最外縁鉄筋降伏時の変位をそれぞれ $\pm 1 y$ とし、以降その整数倍の変位で、 $\pm 2 y$ 、 $\pm 3 y$ …と各ステップ 3 回載荷した。また、実験は、スラブ基部における曲げモーメントが、降伏時のスラブ基部曲げモーメントを下回るまで行った。

3. 実験結果

3.1 破壊状況

表-3 に実験結果の一覧を、図-4 に最大荷重時のひび割れ状況を示す。

No.1 試験体(在来型)

主鉄筋降伏時、スラブ基部から 800mm 程度の範囲で、ほぼ等間隔に曲げひび割れが発生した。変形が進むにつれ、正側はスラブ基部から 100mm 程度下側の、負側はスラブ基部から 100mm 程度上側のひび割れが顕著となった。両側ともに 5 y 時に最大荷重に達した後、正加力側に関しては基部から上下 100mm 程度、負加

力側に関しては基部から 200mm 程度のかぶりコンクリートが剥離し、ハンチ筋の破断により急激に耐力が低下、終局を迎えた。なお、正加力側の引張鉄筋は破断していない。

No.2 試験体(HPCa 型)

主鉄筋降伏時のひび割れ状況に、No.1 試験体と明確な違いは見られなかった。2 y の最大荷重時において、ハーフプレキャスト部材と後打ち部の打ち継ぎ目に沿ったひび割れが、スラブ基部付近に発生した。変形が進むにつれ徐々にひび割れが進展したが、顕著な耐力低下は見られなかった。その後、6 y~7 y において、正加力時引張側のかぶりコンクリートが剥離、落下し始めると、負加力側は急激に耐力が低下し、終局を迎えた。それにともない、正加力側も緩やかに耐力が低下し、鉄筋が破断することなく終局を迎えた。

3.2 耐力及び変形性状

図-5 に各試験体の荷重-変位関係を、図-6 に包絡線の比較を示す。変位は、水平力載荷位置

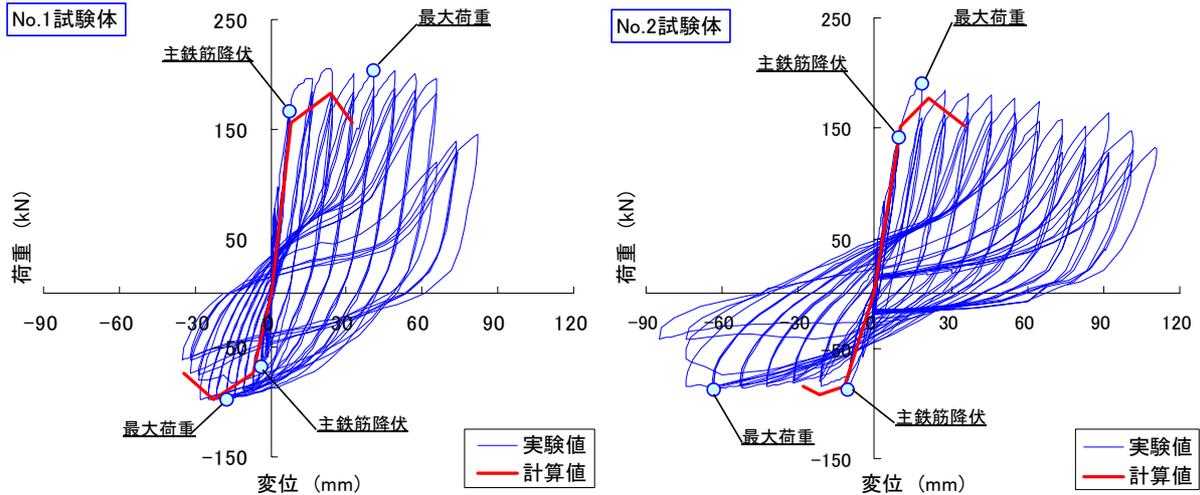


図-5 荷重-変位関係

の、梁部に対するスラブの相対水平変位である。図中の実線は、文献 4)に準拠して算出した計算値である。なお、No.1 試験体は、耐力算定時はハンチ部分を考慮しているが、変位算出時はハンチ部分を考慮していない。また、包絡線の比較は、各試験体の正負それぞれの降伏変位によって無次元化したものである。

正加力側の最大耐力に関しては、両試験体とも計算値を上回り、ほぼ同程度であった。一方、負加力側の最大耐力は、両試験体ともわずかではあるが計算値を下回った。No.1 試験体の負加力側のみ、 $2y$ 以降も耐力が増加したが、それ以外は、耐力の増加は見られなかった。これは、No.1 試験体の負加力側以外の断面においては、最外縁鉄筋が降伏した後は、断面内でそれ以上の引張力を負担できなくなるためであり、No.1 試験体の負加力側のみ、ハンチ筋降伏後もスラブ下端鉄筋が引張降伏するまでは耐力が増加したものと考える。

No.1 試験体の降伏時の変位は、No.2 試験体と比較して、正加力側は 2 割程度小さく、負側は 1/3 程度であった。文献 4)に準拠して、ハンチを考慮せず算出した計算値と比較しても、同様であるため、ハンチの有無により、降伏時の変位が異なるといえる。また、No.2 試験体は、計算値と比較して、降伏時において同程度、終局時はそれ以上の変形性能を有している。これ

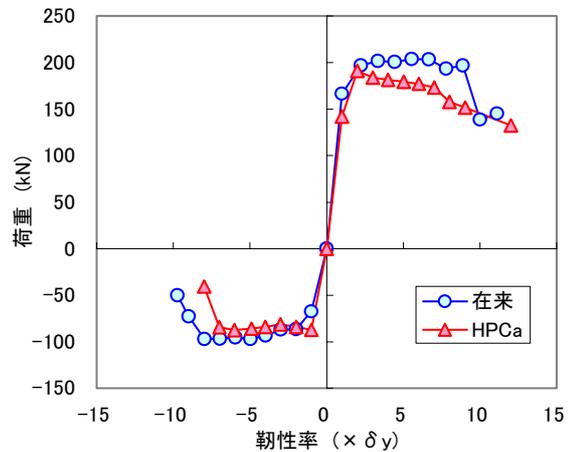


図-6 包絡線の比較

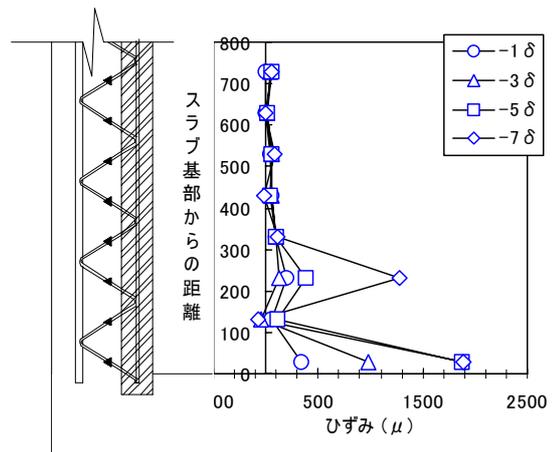


図-7 トラス鉄筋ひずみ(負荷荷時)

らより、ハンチの有無により降伏までの剛性に違いがあるものの、終局変位は同等以上であるため、安全上問題はないものとする。

3.3 ひずみ性状

図-7に No.2 試験体の $7y$ 終了時までのトラ

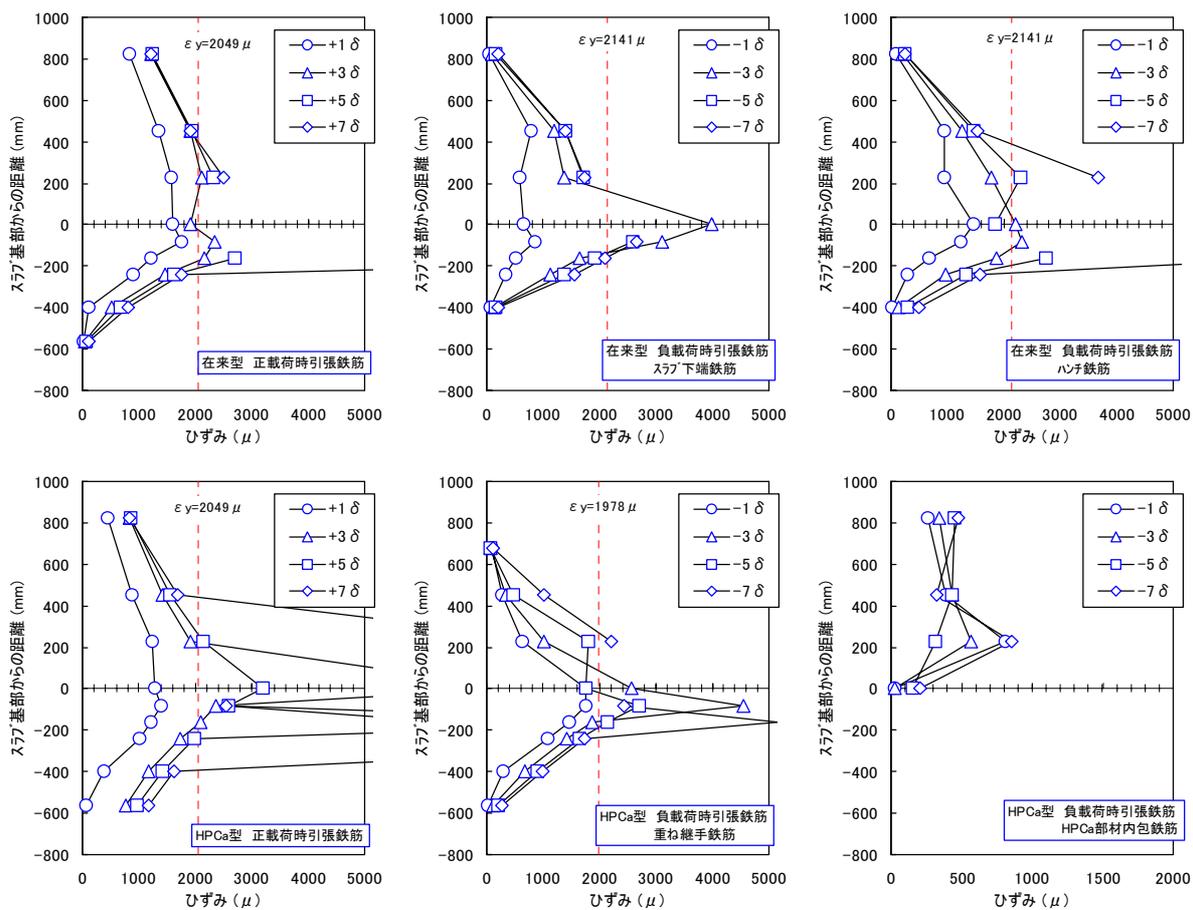


図-8 スラブ軸方向鉄筋ひずみ性状

ス鉄筋のひずみ性状を示す。ハーフプレキャスト部材と後打ち部の打ち継ぎ面にひび割れが発生した後、トラス鉄筋によってせん断力が伝達されているのがわかる。

図-8 に各試験体の主鉄筋ひずみ性状の一例を示す。なお、ひずみは終局時近辺の7 y 終了時までであり、測定値の信頼性が低いと判断したものは省いてある。正加力時、負加力時ともに、終局時までの主鉄筋のひずみ性状に明確な違いは認められなかった。No.2 試験体の重ね継手鉄筋は、終局時まで鉄筋付着により引張力を伝達できていることが確認できる。

4. まとめ

鉄道 RC ラーメン高架橋において、スラブにハンチを設けず、ハーフプレキャストスラブ下端鉄筋を重ね継手により梁部へ定着する方法を提案し、確認実験を行った。その結果、重ね継

手筋量を、在来工法と同程度の曲げ耐力となるように配置することで、地震時に発生する正負交番荷重を伝達でき、安全上問題ないことを確認した。

参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：「プレキャスト型枠工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計施工指針」1998.3
- 2) 山田尚義, 原夏生, 三島徹也, 大屋戸理明：継手を有するハーフプレキャスト合成スラブの疲労耐性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, 2002
- 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 丸善, 1999.12
- 4) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 1999.10