

## 論文 フープクリップ継手に及ぼす周辺コンクリートと接合筋間隔の影響

持田 哲雄<sup>\*1</sup>

要旨：接合部の施工性と床スラブの構造性能という一般に相反する要求性能をともに満足するフル PCa 床工法として、スラブ端部に波形状のシャコッタを形成し、シャコッタ谷部より隣接するスラブ同士を接合するための接合筋を出して、これらをフープクリップ継手により接合するフル PCa 床工法を開発している。本床工法において、施工上課題となる接合筋相互の配置誤差の許容値と、接合部の後打ちコンクリートの仕様について検討した結果、接合部の諸耐力に大きな影響を及ぼす要因は、後打ちコンクリートの種類であり、20mm 以下の接合筋配置誤差に対して、これによる影響はほとんど認められなかった。

キーワード：フープクリップ継手，フルプレキャスト床，接合部，後打ちコンクリート

## 1. はじめに

場所打ちスラブと同等の性能を有するフル PCa 床工法の開発を目的として、スラブ端部に波形状のシャコッタを形成し、隣接するスラブのシャコッタ谷部より出した各々の接合筋を鋼製スリーブとウェッジを使用したフープクリップ継手により接合した後、スラブ間に後打ちコンクリートを打設する接合法を考案した。

本床工法において目標とする性能は、鉛直荷重に対するスラブ端部固定度の確保、及び、スラブ間の十分な面内せん断力の伝達であり、このためには、接合筋の継手部が引張力に対して十分な耐力と剛性を持つことが必要となる。

既報<sup>1)</sup>では、このような接合筋継手部の引張力伝達性状を検討するため、接合部の一部を模擬した試験体による要素実験を実施し、接合筋の偏心による鋼製スリーブの回転に対して、後打ちコンクリートがこれを拘束することにより、継手部が十分な剛性と耐力を有することを報告した。

本報では、継手部の引張力伝達性状に及ぼす接合筋相互の配置誤差の影響と後打ちコンクリートの種類及び強度の影響について、既報と同様な要素実験により検討した結果を述べる。こ

れは、これらの要因が接合筋の偏心による鋼製スリーブの回転と拘束に対して直接的な影響を与えられ考えられるためである。

## 2. 試験体および加力・計測方法

表 1 に試験体一覧を示す。接合筋は D10 と D13 の 2 種類とし、種別は SD295A とした。接合筋の配置誤差は施工の実情を考慮し、0, 5mm, 10mm, 15mm の 4 ケースを設定した。後打ちコンクリート種類は、軽量コンクリート 1 種と普通コンクリートの 2 種類、設計基準強度は  $21\text{N/mm}^2$  と  $30\text{N/mm}^2$  の 2 種類とした。

実験は、次の 3 シリーズを実施した。

L シリーズは、後打ちコンクリートに設計基準強度  $21\text{N/mm}^2$  の軽量コンクリート 1 種、M シリーズは、同  $30\text{N/mm}^2$  の軽量コンクリート 1 種、N シリーズは、同  $30\text{N/mm}^2$  の普通コンクリートを用いたケースである。

図 - 1 に試験体の形状・寸法・配筋の一例と鉄筋ひずみの計測箇所を示す。試験体は接合筋を中心として上下に等しい厚さを持つスラブと接合部から構成される両引き試験体であり、かぶり厚さは 30mm とした。継手部は、スラブ配筋間隔を 200mm と想定し、加力芯に関して対

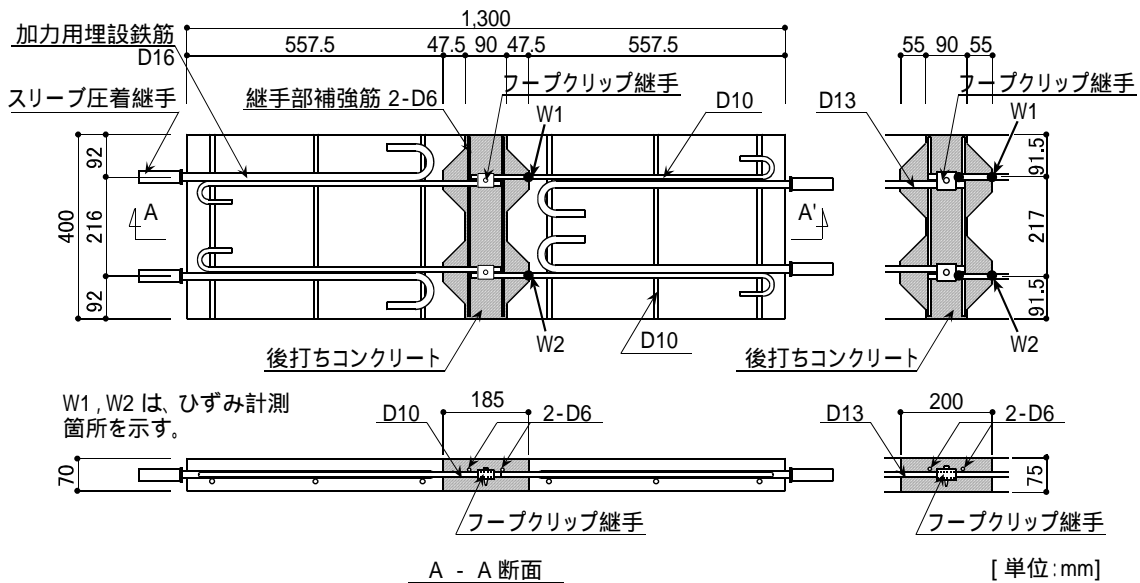
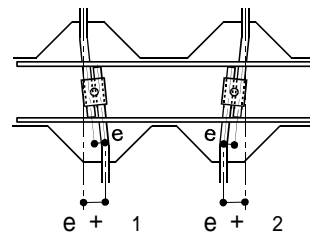
\*1 (株) 竹中工務店技術研究所 課長 (正会員)

表 - 1 試験体一覧

実験シリーズ	接合部の後打ち コンクリート		試験体	接合筋	接合筋配置誤差(mm)		
	種類	設計基準強度			設定値	実測値	
						1	2
Lシリーズ	軽量1種	21N/mm <sup>2</sup> (22.7N/mm <sup>2</sup> )	D10L0	D10	0	3.1	5.1
			D10L5		5	7.6	9.6
			D10L10		10	15.6	13.1
			D13L0	D13	0	1.1	3.1
			D13L5		5	9.1	8.1
			D13L10		10	11.1	13.1
Mシリーズ	軽量1種	30N/mm <sup>2</sup> (29.3N/mm <sup>2</sup> )	D10M0	D10	0	2.1	5.1
			D10M10		10	12.6	15.1
			D10M15		15	17.6	20.1
			D13M0	D13	0	0.1	1.6
			D13M5		5	9.6	8.6
			D13M10		10	12.6	11.1
			D13M15		15	18.6	16.6
Nシリーズ	普通	30N/mm <sup>2</sup> (27.7N/mm <sup>2</sup> )	D10N0	D10	0	0.4	1.4
			D10N10		10	11.4	9.9
			D10N15		15	15.9	16.4
		30N/mm <sup>2</sup> (30.6N/mm <sup>2</sup> )	D13N0	D13	0	0.4	0.4
			D13N10		10	9.9	10.4
			D13N15		15	16.4	14.4

設計基準強度欄の括弧内は、実験時の圧縮強度を示す

1, 2 : 接合筋の配置誤差  
e : 継手筋芯距離



[ 接合筋 D10 試験体全体 ]

[ 接合筋 D13 接合部 ]

図 - 1 試験体形状・寸法 ( 接合筋配筋誤差 0mm の場合 )

称となるよう配置した。鉄筋ひずみの計測は、打継ぎ部の接合筋について行った。

スラブ部分のコンクリートは、設計基準強度  $30\text{N/mm}^2$  の軽量コンクリート 1 種とした。接合部のコンクリートは、スラブ打設後 5 ~ 6 日後に打設した。

接合部には、継手部の補強筋として、鋼製スリーブ両側の接合筋の上部に D6 鉄筋を配置した。鋼製スリーブ寸法は接合筋径により異なり、詳細寸法は既報に記述している。

図 2 に引張力載荷方法と、標点伸びの計測方法を示す。接合部に対する引張力は、スラブ内に埋設した 2 本の加力用異形鉄筋 D16 に均等に引張力を与えることにより作用させた。標点伸びは、スラブ両面について接合部を含む区間 250mm の伸びを計測した。

加力スケジュールは、接合筋の長期許容荷重まで載荷した後除荷し、続いて、短期許容荷重まで載荷した後、再び除荷し、原則として 3 サイクル目に、接合部にひび割れが進展し剛性が急変するまで引張力を増大させた。

### 3. 実験結果

#### 3.1 材料試験結果

表 2, 表 3 にスラブと後打ちコンクリートの強度試験結果, 表 4 に鉄筋の引張試験結果を示す。設定したコンクリート強度に対して、ほぼ満足できる圧縮強度が得られた。

#### 3.2 接合筋 D10 の場合の破壊経過

図 - 3 に実験シリーズ毎に、荷重と標点伸び関係のスケルトンカーブを示す。標点伸びは 2 カ所の継手部両面の平均伸びである。

L シリーズの 3 体は、打継ぎ部のはだ別れとともに標点伸びが発生し、続いて、シヤコッタ部に、両側の継手部を結ぶ直線上のひび割れ(コッタ部水平ひび割れ)が発生した。その後の荷

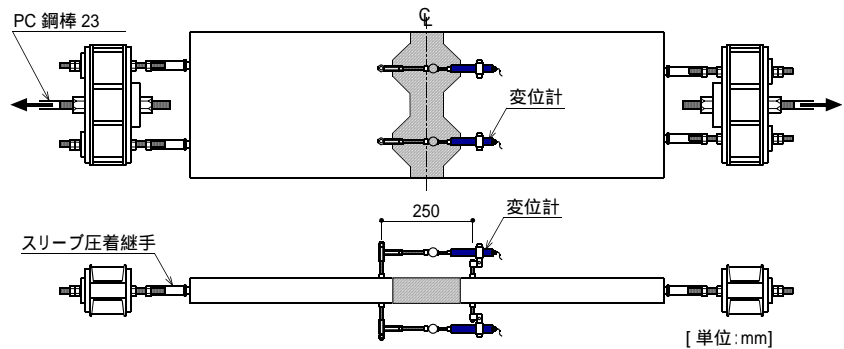


図 - 2 加力・計測方法

表 - 2 スラブコンクリートの力学性状

実験シリーズ	圧縮強度 $\text{N/mm}^2$	ヤング係数 $\text{N/mm}^2$	引張強度 $\text{N/mm}^2$
L	30.9	$2.13 \times 10^4$	-
M	30.5	$2.17 \times 10^4$	1.94
N(接合筋D10)	26.7	$1.92 \times 10^4$	2.09
N(接合筋D13)	31.7	$2.03 \times 10^4$	2.58

表 - 3 接合部コンクリートの力学性状

実験シリーズ	圧縮強度 $\text{N/mm}^2$	ヤング係数 $\text{N/mm}^2$	引張強度 $\text{N/mm}^2$
L	22.7	$1.87 \times 10^4$	1.88
M	29.3	$2.07 \times 10^4$	1.80
N(接合筋D10)	27.7	$2.85 \times 10^4$	2.06
N(接合筋D13)	30.6	$3.10 \times 10^4$	2.32

表 - 4 鉄筋の引張試験結果

実験シリーズ	種別	降伏点 $\text{N/mm}^2$	引張強度 $\text{N/mm}^2$	ヤング係数 $\text{N/mm}^2$
共通	D6	364	472	$18.4 \times 10^4$
L,M	D10	352	504	$19.1 \times 10^4$
N		367	542	$19.1 \times 10^4$
L,M	D13	343	494	$18.8 \times 10^4$
N		371	543	$19.2 \times 10^4$

重の増加に対して、3 体の荷重 標点伸び関係は同様な経過をたどり、打継ぎ部接合筋の降伏による標点伸びの増加とともに徐々に耐力が上昇し、接合部に発生した放射状ひび割れにより剛性が急変した。打継部接合筋の降伏はひずみゲージによる測定値により判定した。

一方、M シリーズの場合、D10M15 の破壊経

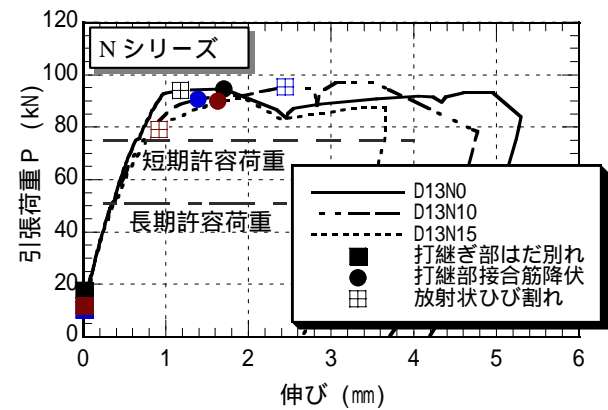
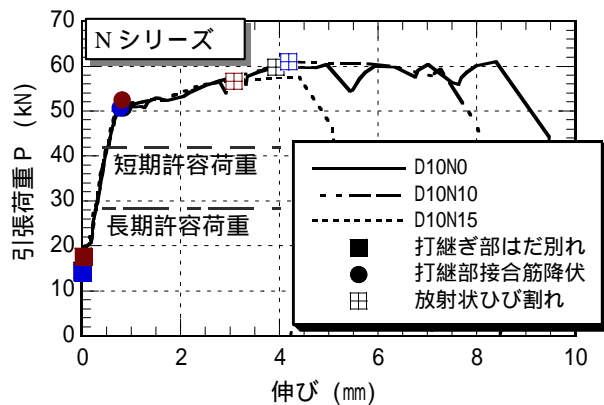
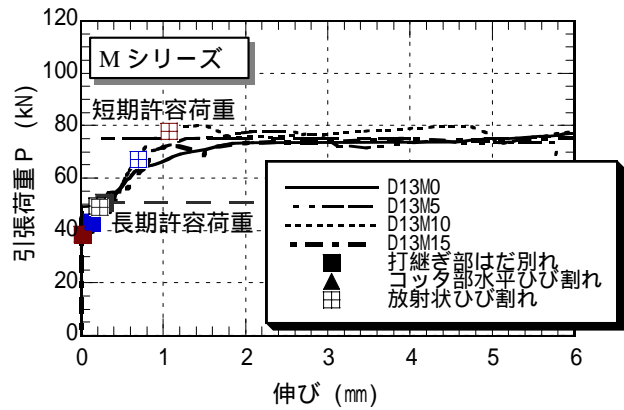
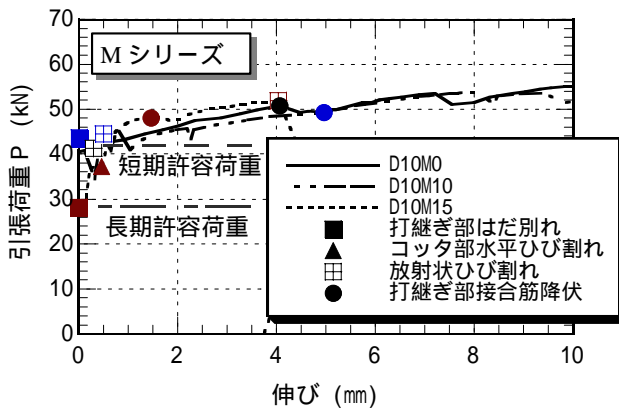
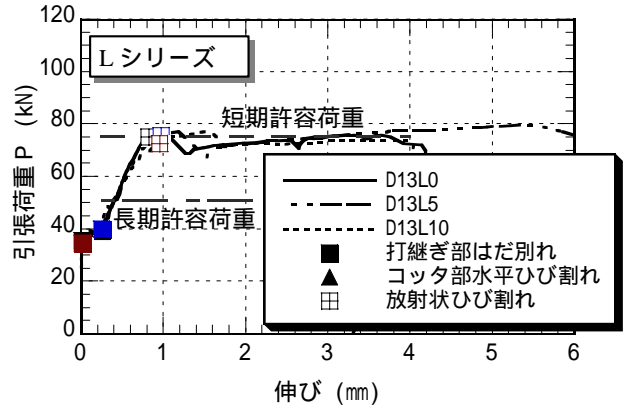
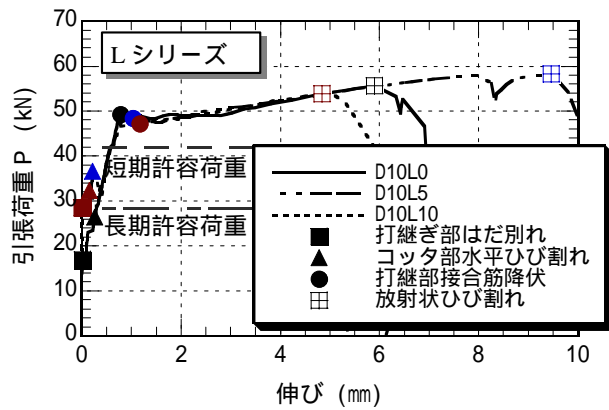


図 - 3 荷重 - 標点伸び関係 (接合筋 D10)

図 - 5 荷重 - 標点伸び関係 (接合筋 D13)

過はLシリーズとほぼ同様であったが、他の2体は接合筋の短期許容荷重 (41.9kN) 近傍において、打継ぎ部のはだ別れとシャコッタ部の水平ひび割れ、さらに、接合部の放射状ひび割れがほぼ同時に発生し、標点伸びが急増した。

放射状ひび割れ発生後、標点伸びが急増する原因は、鋼製スリーブの回転に対する後打ちコンクリートの拘束効果が低下し、鋼製スリーブの回転により継手部に付加伸びが生じるためである。

また、Nシリーズ3体の破壊経過は、Lシリーズとほぼ同様であり、打継ぎ部のはだ別れか

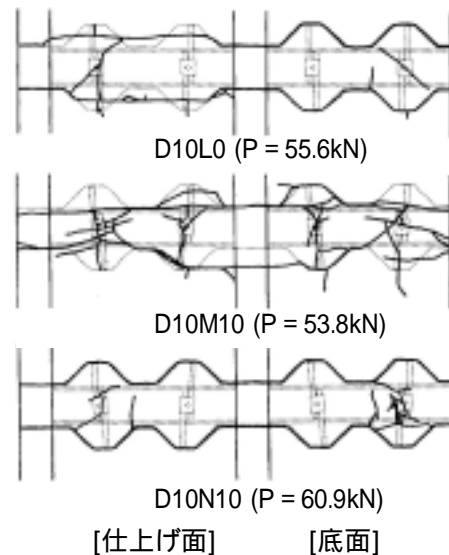


図 - 4 接合部の破壊状況 (接合筋 D10)

ら接合筋の降伏を経て、接合部の放射状ひび割れの発生に至ったが、Lシリーズのようなシャコッタ部の水平ひび割れは発生していない。

図 4 に接合部の破壊状況を示す。

### 3.3 接合筋 D13 の場合の破壊経過

図 - 5 に実験シリーズ毎に、荷重と標点伸び関係のスケルトンカーブを示す。

Lシリーズの3体には、接合筋の長期許容荷重(50.8kN)以下の引張力において、打継ぎ部のはだ別れとコッタ部の水平ひび割れがほぼ同時に発生した後、短期許容荷重(74.9kN)近傍で接合部に放射状ひび割れが発生し、標点伸びが急増した。

Mシリーズの破壊経過もLシリーズとほぼ同様であり、打継ぎ部のはだ別れとコッタ部の水平ひび割れがほぼ同時に発生した後、引張力の

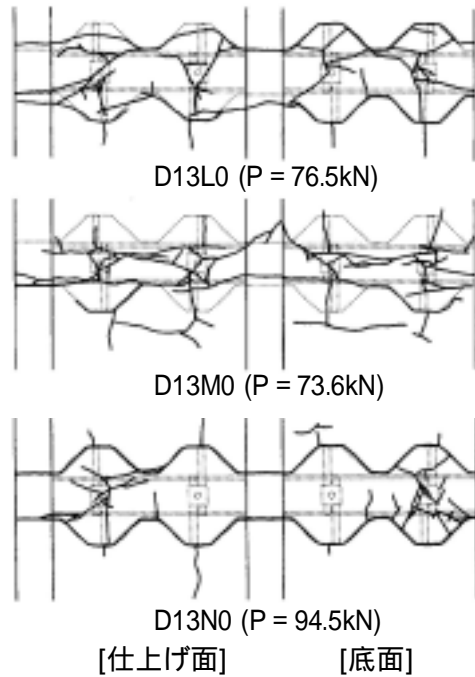


図 - 6 接合部の破壊状況 (接合筋 D13)

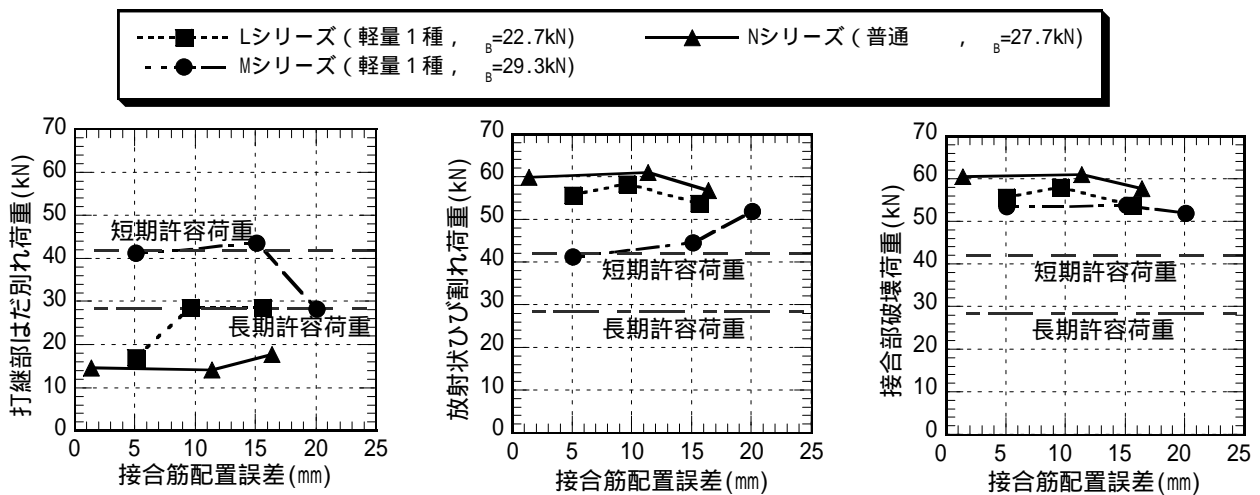


図 - 7 接合部耐力に及ぼすコンクリートと接合筋配置誤差の影響 (接合筋 D10)

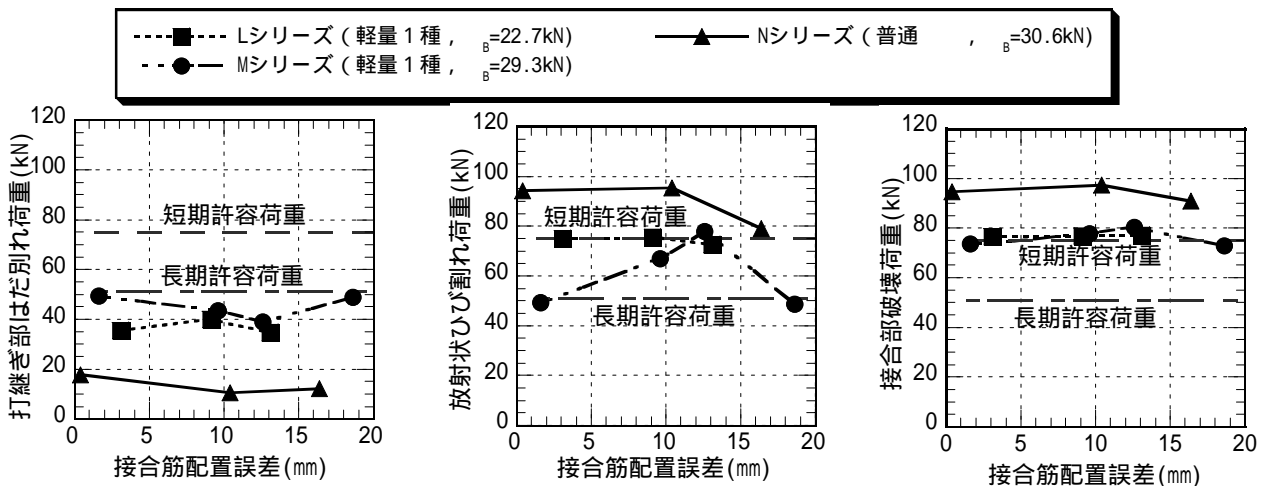


図 - 8 接合部耐力に及ぼすコンクリートと接合筋配置誤差の影響 (接合筋 D13)

増大とともに接合部内にひび割れが進展し、短期許容荷重近傍では標点伸びの増加に対する耐力上昇がほとんど見られなくなった。

L及びMシリーズで、接合筋が降伏しないのにもかかわらず標点伸びが急増するのは、接合筋 D10 の M シリーズで述べたと同様な理由による。

一方、N シリーズでは、打継ぎ部のはだ別れが早期に生じたが、短期許容荷重以下の引張力に対しては接合部の目立った損傷はなく、打継ぎ部接合筋の降伏後、剛性が急変する接合部破壊に至った。

図 6 に接合部の破壊状況を示す。

#### 4. 後打ちコンクリートと接合筋配置誤差の影響

図 - 7 , 図 - 8 に、接合筋として D10 および D13 を使用した場合について、接合部の諸耐力に及ぼす後打ちコンクリートと接合筋配置誤差の影響を示す。接合筋配置誤差は、表 - 1 に示した 2 力所の継手部に対する接合筋配置誤差のうち、大きい方の実測値を採ったものである。

打継ぎ部のはだ別れ荷重は、接合筋が D10 の場合は、N, L, M シリーズの順に大きく、接合筋が D13 の場合は、N シリーズに比べて L, M シリーズが大きい。ひび割れ発生パターンには、実験シリーズ毎に特徴が認められたが、接合筋配置誤差による有意な差は認められなかった。

スラブに使用したコンクリートは軽量コンクリート 1 種であり、接合部に軽量コンクリート 1 種を使用した場合、打継ぎ部のはだ別れが普通コンクリートを使用した場合に比べて生じにくいこと、また、圧縮強度の大きい方がはだ別れを生じにくい傾向があることが認められる。

これは、軽量コンクリート同士の打継ぎ強度が軽量コンクリートと普通コンクリートとのそれに比べて大きいことを示しているが、そのメカニズムの解明は今後の課題である。

一方、接合部の放射状ひび割れ発生荷重や接合部の剛性が急変する接合部破壊荷重は、後打

ちコンクリートに普通コンクリートを用いた N シリーズが、軽量コンクリート 1 種を用いた L, M シリーズに比べて大きいことがわかる。

以上の各実験シリーズについての比較検討結果より、打継ぎ部のはだ別れや、接合部の放射状ひび割れおよび接合部破壊荷重に対して大きな影響を及ぼす要因は、接合部の後打ちコンクリート種類であり、これらの接合部の諸耐力に対して、20mm までの接合筋配置誤差は、ほとんど影響を与えていないことが認められる。

#### 5. まとめ

フル PCa スラブ端部の接合筋の継手として、フープクリップ継手を用いる場合に課題となる接合筋相互の配置誤差の許容値と、接合部の後打ちコンクリートの仕様について検討した結果、以下の知見が得られた。

(1) 接合部の諸耐力に大きな影響を及ぼす要因は、後打ちコンクリートの種類であり、20mm 以下の接合筋配置誤差による影響はほとんど認められなかった。

(2) 接合筋が D10 の場合、後打ちコンクリートとして設計基準強度  $21\text{N/mm}^2$  以上の普通コンクリート、あるいは、軽量コンクリート 1 種を使用すれば、継手部は、接合部破壊を伴わずに接合筋の降伏耐力以上の引張耐力を発揮できる。

(3) 接合筋が D13 の場合、接合部破壊を伴わずに継手部が接合筋の降伏耐力以上の引張耐力を発揮するためには、後打ちコンクリートとして、設計基準強度  $30\text{N/mm}^2$  以上の普通コンクリートを使用する必要がある。

#### 参考文献

1) 持田哲雄, 岡田克也: フープクリップ継手を用いたフル PCa スラブ接合部の引張力伝達機構, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, pp.883-888, 2001