

論文

[2041] プレキャスト型枠工法における重ね継手の応用利用に関する実験的研究

野村和嗣\*<sup>1</sup> 原夏生\*<sup>2</sup> 睦好宏史\*<sup>3</sup> 町田篤彦\*<sup>4</sup>

1. はじめに

プレキャスト型枠をそのまま本体に使用する工法は、これを単に埋殺する場合に比べて多くの利点を有するが、鉄筋を簡便にかつ確実に接合することが必要となる。このために鉄筋継手について従来より、主鉄筋を単に突き合わせ、このまわりに添え筋を配し、その周辺をらせん筋で補強する重ね継手応用工法につき研究を行ってきた<sup>1)</sup>。今回、この方式の継手の性能を向上させるため、主鉄筋の突き合わせ面にナット・ワッシャーを配し、機械的定着力による載荷性向上を期待した継手を考案し、単体試験および梁供試体の曲げ試験を行った。本文はこの結果について述べるものである。

2. 実験概要

2. 1 単体継手の静的引張試験

単体試験に用いた供試体

表-1 使用鉄筋一覧

は図-1 に示すようで、主鉄筋にはD19、SD345のねじふし鉄筋、これに添えて配置する補強筋（以下軸筋と呼ぶ）にはD13、SD345の異

鉄筋種	平均降伏荷重 (tf)	平均降伏応力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	平均破断荷重 (tf)	ヤング率 (kgf/cm <sup>2</sup> )
D 1 9	12.54	4392	17.00	1.93×10 <sup>6</sup>
D 1 3	5.03	3973	7.17	1.83×10 <sup>6</sup>

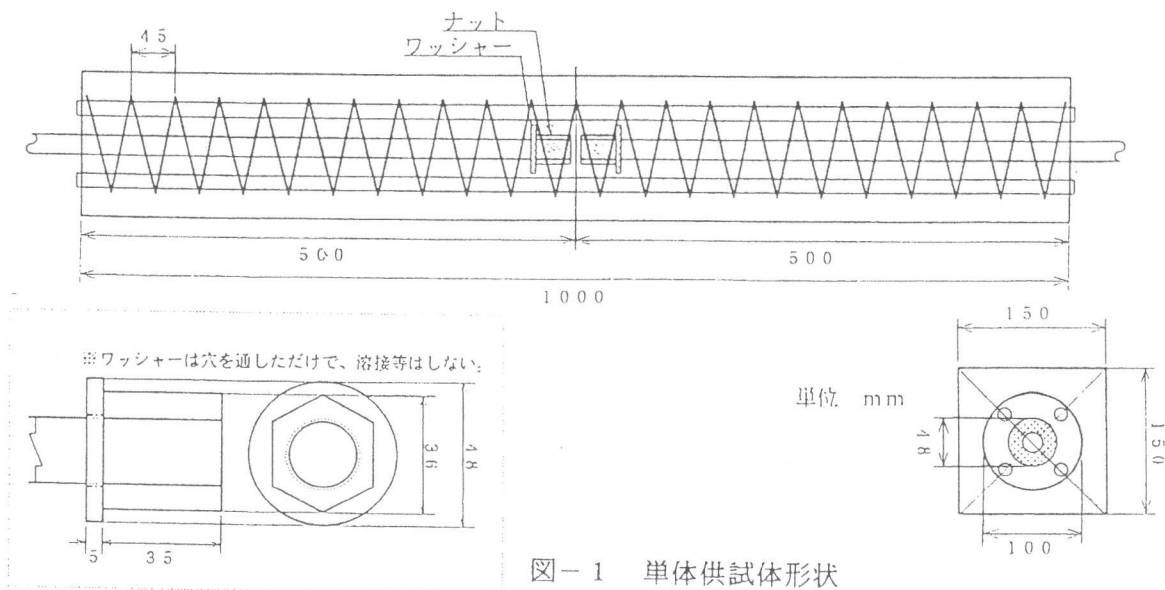


図-1 単体供試体形状

- \*1 埼玉大学大学院 理工学研究科建設工学専攻（正会員）
- \*2 前田建設工業（株）技術研究所土木構造研究室研究員、工修（正会員）
- \*3 埼玉大学助教授 工学部建設工学科、工博（正会員）
- \*4 埼玉大学教授 工学部建設工学科、工博（正会員）

形鉄筋を使用した。また主鉄筋と軸筋を取り囲んで、D6、SD345のらせん筋を配置した。使用した鉄筋の機械的性質を表-1に示す。主鉄筋と軸筋の重ね長さ（供試体長の1/2）は従来の研究を参照し、25D（D:主筋径）とし、らせん筋のピッチは45mmとした。またコンクリートには早強ポルトランドセメントを用い、粗骨材最大寸法12.5mm、水セメント比0.60とした。試験時における圧縮強度は373kgf/cm<sup>2</sup>であった。

荷重は、土木学会「鉄筋継手指針」における軸方向剛性を評価する静的耐力性能試験に基づいて行った。即ち、母材の規格降伏点の95%（ $0.95\sigma_{sy}$ ）の応力を荷重後、同2%（ $0.02\sigma_{sy}$ ）以内に除荷して残留変形量を測定し、再び継手が完全な破壊に至るまで荷重した。残留変形量を含む継手の変形量は、図-2に示すように2本の変位計で測定して鉄筋心の変形量を求めた。この他主鉄筋と2本の軸筋にストレインゲージを貼付し、主鉄筋径の5倍の間隔で鉄筋ひずみを測定した。

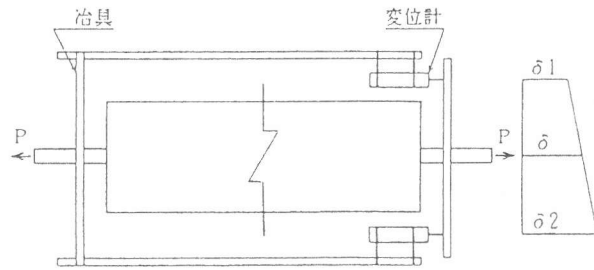


図-2 変形量測定方法

## 2. 2鉄筋継手を設けた梁の曲げ試験

単体引張試験において性能を確かめた、ナット・ワッシャー付きの継手部を有する鉄筋を引張鉄筋に用いたRC梁（BMNT）、ナット・ワッシャーを配しない継手を有する鉄筋を用いたRC梁（BMST）、継手を有しないRC梁（BMRC）の3体の供試体を作製し、これらの梁の高応力繰返し試験を行った。なお、圧縮側鉄筋およびせん断補強筋にはD10の異形鉄筋を用いた。供試体の断面は矩形で、その形状および寸法は図-3に示す通りである。荷重方法はスパンを300cmとし、荷重点間を110cmとした2点荷重である。

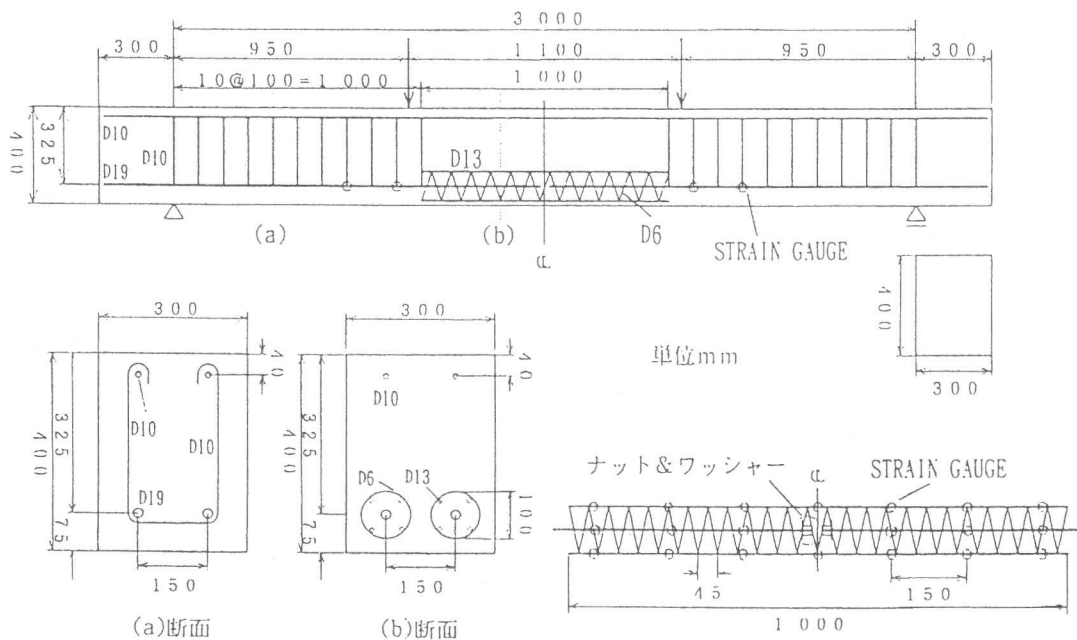


図-3 梁供試体形状

荷重にあたっては図-4に示すように、「鉄筋継手指針」における高応力繰返し試験に倣い、

下限応力を鉄筋母材の規格降伏点の2% ( $0.02\sigma_{sy}$ )、上限応力を50% ( $0.5\sigma_{sy}$ )、70% ( $0.7\sigma_{sy}$ )、および95% ( $0.95\sigma_{sy}$ )とし、それぞれ静的に30回繰返し載荷した後、終局破壊するまで載荷した。また、それぞれの1、10、20、30回目の載荷時において供試体のたわみ、コンクリートのひび割れ幅、および鉄筋のひずみ等を測定した2)。

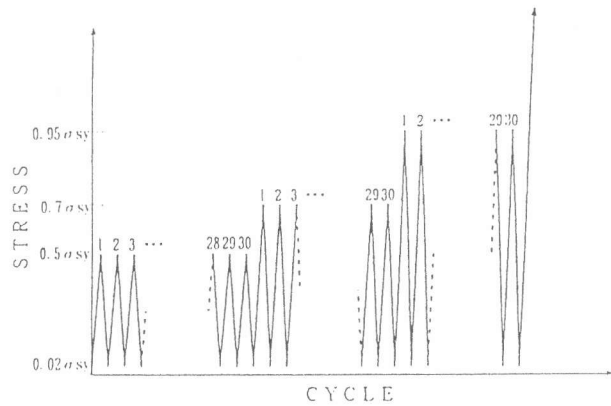


図-4 載荷方法

供試体のたわみはスパン中央におけるものとし、変位計を用いて測定した。コンクリートのひび割れ幅は、コンタクト

ゲージを用いて測定した。即ち、供試体側面における鉄筋の重心位置にあらかじめ10cm間隔(計16点)にコンタクトチップを貼付し、その長さ変化を測定した。最大のひび割れ幅は、ひび割れを生じなかった区間の平均変形量と、ひび割れを生じた区間における最大変形量との差とした。

主鉄筋と軸筋に貼付したストレインゲージの位置は、BMNTとBMS Tでは2本の引張鉄筋の継手部に15cm間隔とし、主鉄筋の継手部両端から30cmまでとした。BMR CにおいてはBMNT、BMS Tの主鉄筋と同じ位置ならびにスパン中央である。

### 3. 単体継手の静的引張耐荷性能

表-2に静的耐力性能試験の結果、および図-5に荷重と、変位計で測定した変形量との関係を示す。共に、ナット・ワッシャーを付けずに他の条件を同じくした継手(JTS T)、および母材であるD19ねじふし鉄筋の性

表-2 静的耐力性能試験結果

強度	軸方向剛性		残留変形量 (mm) $0.95\sigma_{sy}$
	見かけのヤング係数( $\times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ )		
	$0.7\sigma_{sy}$ 時	$0.95\sigma_{sy}$ 時	
56.5 (母材破断) ( $1.64\sigma_{sy}$ )	4.04 (1.84)*	3.34 (1.59)	0.206

(注)\* ( )内の数値は母材の見かけのヤング係数との比

能との比較である。表-2および図-5によればJTS T、JTN T共に、強度及び軸方向剛性がA級を満足しているが、JTS Tの終局状況が母材の供試体から抜け出す付着破壊であるのに対し、JTN Tについては最大耐力を示した後、母材D19鉄筋が引張破断するという終局状況となり、ナット・ワッシャーの効果が示された。なお、ひび割れ性状については、両供試体ともほぼ同様であった。

本継手における軸筋は、鉄筋を直接重ねる代わりに添え筋として応力を伝達するためのものである。従って、軸筋の剛性は継手耐力に大きな影響を及ぼすことになる。図-5によれば、両継手の軸方向剛性は、主鉄筋の規格降伏応力の50%の応力までは母材のそれよりも高い、つまり重ね部分の変形量が小となっていることが分かる、これは今回使用した軸筋4本の断面積が、計 $5.188\text{cm}^2$ であり、主鉄筋断面積 $2.865\text{cm}^2$ と比較して相当に大きいためである。このように大きく

したのは従来の結果より、それが小さいと軸筋が破断する恐れがあるということが示されたからである。しかしナット・ワッシャーを付けていないJTSTの場合、図-5のように降伏応力の50% (約6tf) あたりから変形量が大きくなっており、これは主鉄筋のすべりによる抜け出し量の増加に伴うものと思われる。これに対してナット・ワッシャーを付けたJTNTは降伏に至るまでは軸方向剛性がほとんど変わらない。これにより主鉄筋の抜け出しを拘束するというナット・ワッシャーの効果が示されることとなった。降伏後は母材と同じような曲線を示して最大耐力16.2tfで主鉄筋が破断した。この耐力は母材の引張強度に近いものである。

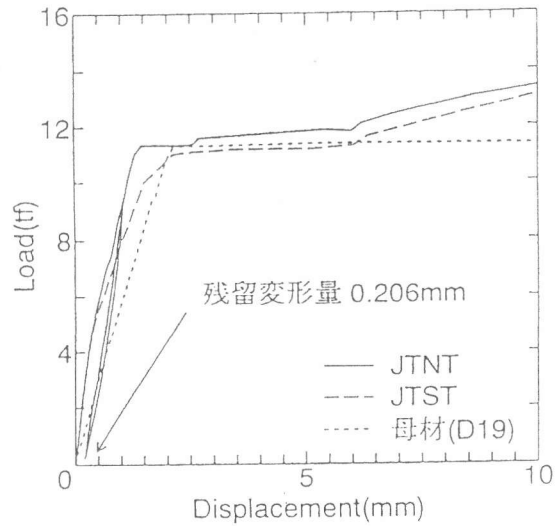


図-5 荷重-変位量関係

また図-6を見ると、供試体中央部にあるナット・ワッシャーがこの部分のコンクリートに影響を及ぼしたようで、中央部で増大したひび割れが軸筋のひずみを増加させている。従ってこの継手の場合、主鉄筋突き合わせ部での軸筋の補強が不足するとき、あるいは繰り返し荷重等によって供試体中央部での応力状態に変化が起きるようなとき、軸筋の破断という終局状況も予想されるので、軸筋の断面積は主鉄筋よりも大きくする必要性が従来の継手よりも考慮される。

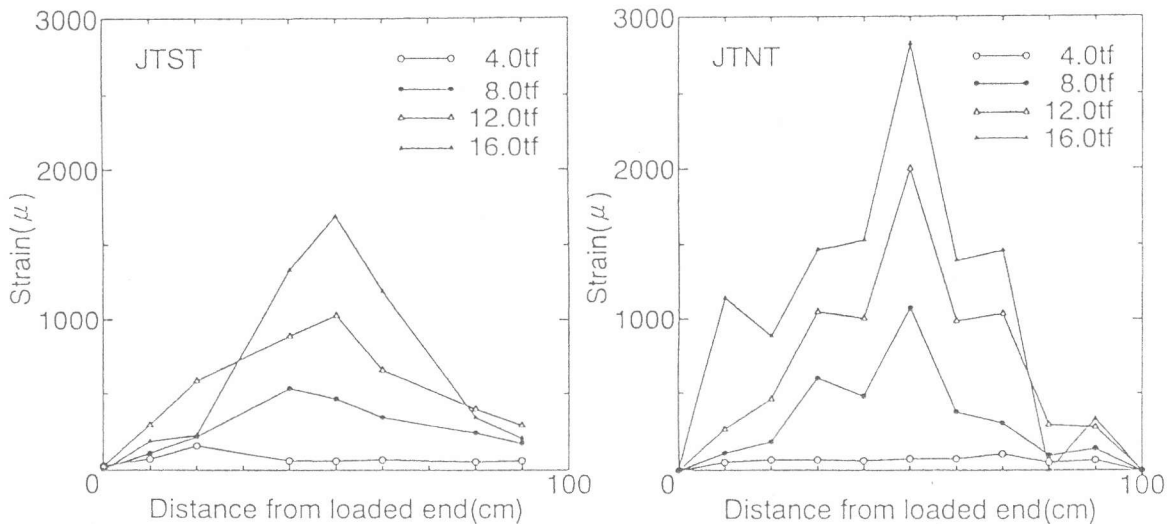


図-6 軸筋ひずみ分布図

#### 4. 梁の挙動に及ぼす継手の性能の影響

表-3に各供試体の破壊荷重を示す。このように曲げ耐力としては継手を有しない供試体よりも、軸筋、らせん筋の補強により優れたものとなった。

また各供試体の荷重とたわみの関係を図-7に示すが、これによると継手のある供試体とこれのない供試体との初期剛性の差はほとんどないと言える。さらに、図-8で示すような各荷重におけるBMS TとBMNTの、1回目の載荷時に対する30回目の載荷によるたわみの増加量に

ついて、BMRCにおける値との比を表-4に示す。これによると、BMNTについてはすべての段階において、RC梁よりもたわみは小さいものとなっており、繰返し载荷に対してもたわみの変化量は少ない。それに対し、BMSTにおいては各段階1回目の载荷に対してはたわみはRC梁より少ないが、30回繰返し载荷に対してはいずれの段階でもRC梁よりたわみの増加量が大きくなっている。これについてはおそらく単体の引張り

表-3 曲げ試験結果

供試体	破壊荷重 (tf)	コンクリート強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
BMRC	16.8	334
BMST	17.3	415
BMNT	18.5	403

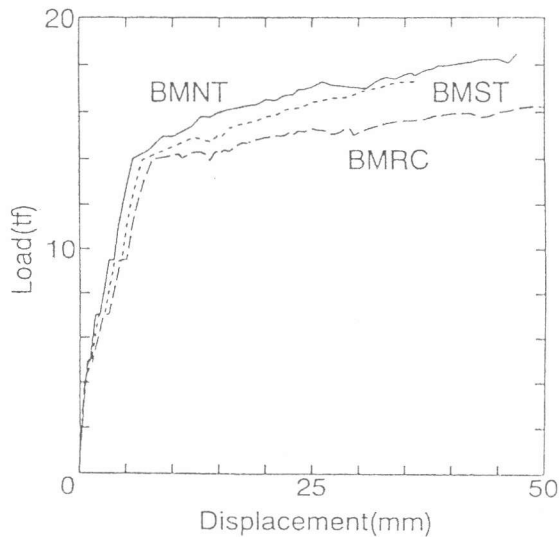


図-7 荷重-たわみ関係

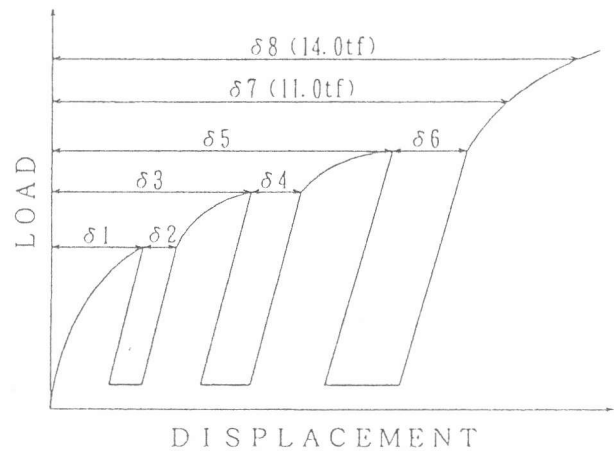


図-8 荷重段階

(表-4)

表-4 梁のたわみ性状

	$\delta_1' / \delta_1$	$\delta_2' / \delta_2$	$\delta_3' / \delta_3$	$\delta_4' / \delta_4$	$\delta_5' / \delta_5$	$\delta_6' / \delta_6$	$\delta_7' / \delta_7$	$\delta_8' / \delta_8$
BMST	0.86	1.00	0.79	1.10	0.85	1.19	0.88	0.86
BMNT	0.68	0.91	0.66	0.80	0.72	0.80	0.73	0.74

試験における結果と起因を同じくするもので、ナット・ワッシャーが曲げによる引張り鉄筋の抜け出しに対してもこれを拘束して、梁のたわみ剛性を向上させたものと思われる。しかしこれについても単体のときと同様、主鉄筋より下部に位置する軸筋はスパン中央部で降伏に達しているので、このような補強の重要性が示された。

図-9にそれぞれのひび割れ状況を示す。一般に鉄筋にストレーンゲージを貼付すると、そ

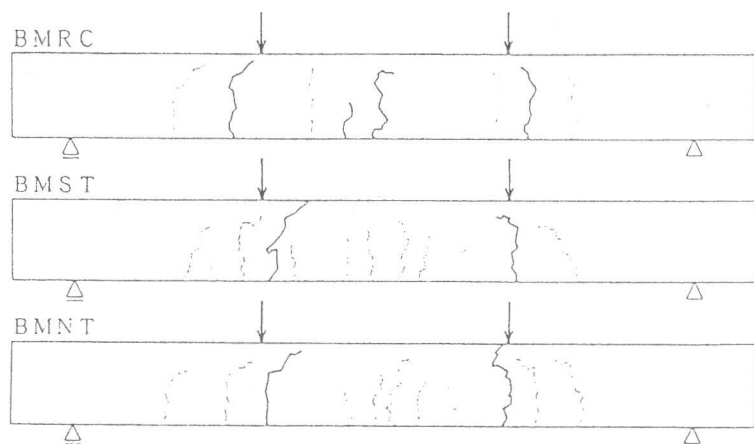


図-9 ひび割れ性状

の位置における鉄筋とコンクリートとの付着が弱まり、荷重によりその位置のコンクリートにひび割れが生じ易くなり、そのことが梁の供試体の性状に影響を及ぼすということが考えられるが、同図のようにひび割れは分布し、破壊の直前まで過大なひび割れは見つからなかった。

図-10に示すのは、実測鉄筋応力度と最大ひび割れ幅との関係を示したものである。先程述べたように、ゲージを貼付した箇所にひび割れは発生したので、即ちこの鉄筋の応力度はすべてひび割れ発生位置におけるものである。また同図には、土木学会コンクリート標準示方書における曲げひび割れ幅算定式による計算値も表されている。最大ひび割れの発生位置についてはBMRCがスパン中央部と荷重点下部であるのに対し、BMST、BMNTは荷重点下部、特に継手端部であった。これは今回の荷重点がちょうど鉄筋量の少なくなる継手端部であったため、その部分が引張りに対して他の部分より弱くなったものと思われる。そこでこのような継手を梁に用いる場合は、特にその集中度の重要性が従来の指摘通り注目されるべきである。そこを改善すれば、このようなひび割れ幅の急激な増加は克服できるものと思われる。

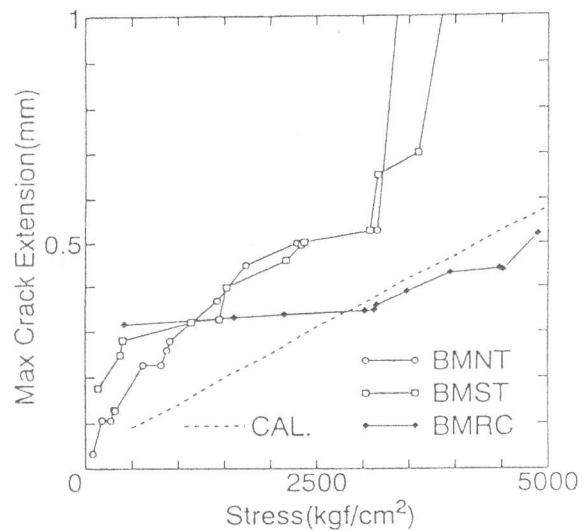


図-10 鉄筋応力度-最大ひび割れ幅関係

## 5. まとめ

実験の数が少ないため、このナット・ワッシャーを配した継手の適用範囲までは明らかにすることが出来なかったが、単体試験および梁に用いた曲げ試験の結果より、この継手の力学的性質を検討して次の結論を得た。

- 1) ナット・ワッシャーを主鉄筋に配した継手は、これを配しない継手よりも耐力的性能および軸方向剛性が向上する。
- 2) 軸筋の断面積を主鉄筋よりも大きくすることは、このタイプの継手の基本条件であるが、主鉄筋突き合わせ部における応力状態、荷重条件に応じてさらに変化させる必要がある。
- 3) この継手を部材に用いた場合、繰返し荷重におけるたわみ性状についても、主鉄筋の抜出しを拘束するというナット・ワッシャーの効果が認められる。
- 4) 部材の一断面にこの継手を集中させると、最大ひび割れ幅が増大するのでこれを避ける。

## 謝辞

本実験を遂行するにあたって高知県庁 島崎勝樹君、(株)日本国土開発 上田裕也君(元卒論生)には供試体作製等において多大な御助力をいただいた。ここに感謝する次第である。

## 参考文献

- 1) 野村和嗣・原夏生・睦好宏史・町田篤彦:プレキャスト型枠コンクリート工法における鉄筋の接合方法における実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 2, pp. 259-264, 1993. 6
- 2) 町田篤彦:鉄筋継手の性能が部材の静的挙動に及ぼす影響, 鉄筋継手指針, pp. 110-114, 1982. 2