

論文 プレキャストブロック RC はりの曲げ性状

増田芳久*¹・玉井真一*²

要旨：PC部材のプレキャストブロック工法において、PC鋼材を異形鉄筋に代え、緊張を行わずにグラウトすれば、RC部材となる。このような部材ではRC部材の成立要件である主鉄筋の付着機構が通常のRCと異なり、鉄筋の引張力はグラウトを介してコンクリートに伝達される。したがって、ひび割れ性状や変形および耐力が通常のRC部材と異なる可能性がある。本研究は、プレキャストブロックRCはりの曲げ性状が、通常のRCはりのそれと同様であることを、実験により明らかにしたものである。

キーワード：プレキャストブロック工法、曲げ、ひび割れ

1. はじめに

土木構造物に使用されるプレキャスト部材はRC部材よりもPC部材が多く、特に、1つの部材を途中で分割製作して現場で接合するブロック（セグメント）工法はPC部材のみに適用されている。PCブロック工法の場合、シース内にPC鋼材を後挿入し、緊張、グラウトすることで、場所打ちコンクリートを全く必要としない施工が可能である。

しかし、構造物によっては、たとえば橋脚のように、部材の力学的特性上PC部材よりもRC部材の方が適している場合がある。このようなRC部材をブロック（セグメント）工法により施工することを想定すると、PC鋼材の代わりに異形鉄筋を用い、緊張を行わないでグラウトすることが考えられる。

この場合、RC部材の成立要件である主鉄筋の付着機構が通常のRCと異なり、鉄筋の引張力はグラウトを介してコンクリートに伝達されるため、載荷に伴って発生するひび割れの間隔や幅、さらに変形や耐力が通常のRC部材と異なる可能性がある。そこで、プレキャストブロック工法によるはり供試体を製作し、その曲げ性状を調べる実験を行った。

2. 実験の概要

2.1 実験条件および供試体

実験は、プレキャストブロックの接合面を3等分点載荷の等曲げモーメント区間に配置したシリーズ1と、1点載荷のせん断スパンに配置したシリーズ2の2シリーズを実施した。供試体の一覧を表-1および図-1に示す。なお、No.10とNo.20は比較のために製作した接合面の無いはりである。両シリーズとも土木構造物を想定して主鉄筋比を1%以下とし、全ての供試体が曲げ引張破壊するように設計した。

シリーズ2ではせん断スパン比を $a/d = 4$ とした。設計曲げ耐力時の平均せん断応力度は 6.1kgf/cm^2 である。接合面の位置により曲げモーメントとせん断力の比が変化するため、No.21、No.22の2つの供試体で合計4通りの組合せが得られるように接合面位置を変化させた。各接合面の曲げモーメントとせん断力の比を図-1に示す。

*1 東急建設(株)技術研究所 土木構造研究室室長 (正会員)

*2 東急建設(株)技術研究所 土木構造研究室、工修 (正会員)

表-1 供試体一覧

| シリーズ | 供試体名称 | 接合面 | 主鉄筋比 | 主鉄筋径 | シース径 | グラウト強度(kgf/cm ²) | コンクリート強度(kgf/cm ²) |
|-------|-------|------------|--------|------|------|------------------------------|--------------------------------|
| シリーズ1 | No.10 | なし | 0.0072 | D22 | — | — | 263 |
| | No.11 | 等曲げ区間に1箇所 | 0.0072 | D22 | φ32 | 403 | 263 |
| シリーズ2 | No.20 | なし | 0.0088 | D22 | — | — | 333 |
| | No.21 | せん断スパンに2箇所 | 0.0088 | D22 | φ32 | 425 | 334 |
| | No.22 | せん断スパンに2箇所 | 0.0088 | D22 | φ32 | 534 | 337 |

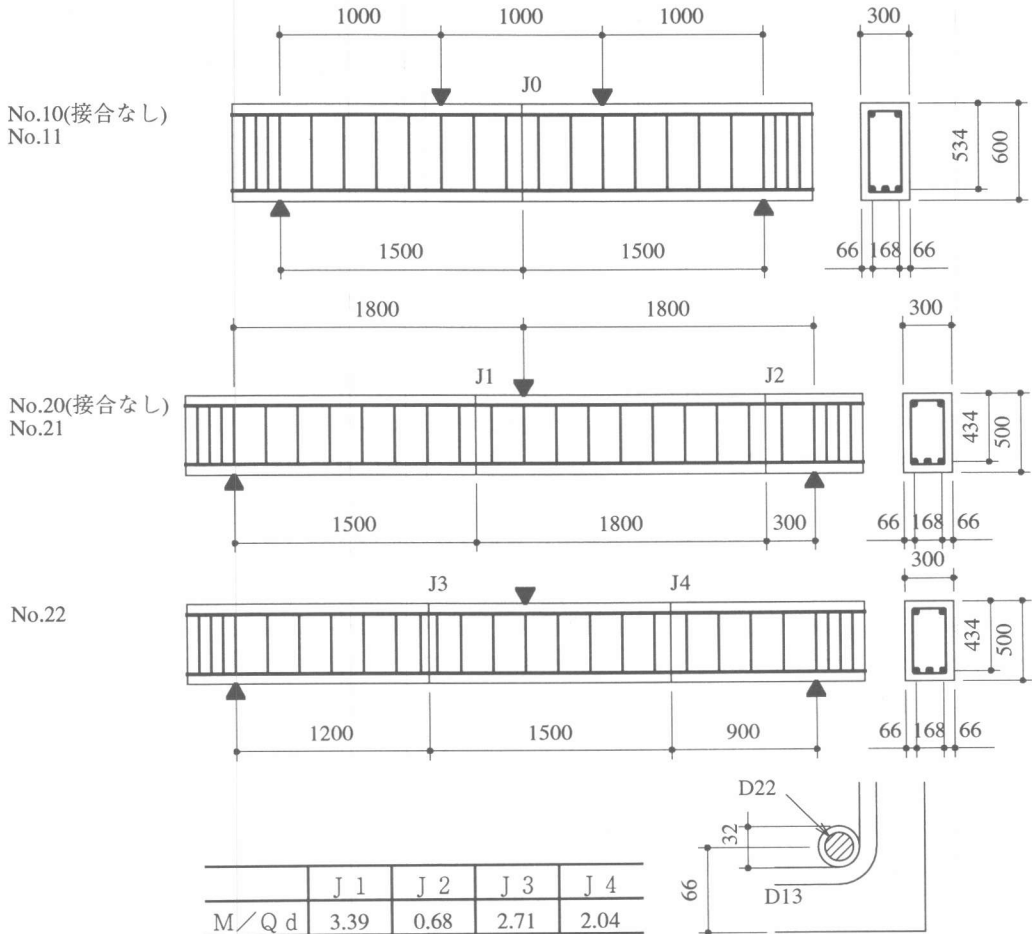


図-1 供試体寸法

2. 2 使用材料

(1) 鉄筋

鉄筋はすべてD22のねじふし鉄筋を用いた。これは、ブロックの引寄せや仮固定に便利であるためである。降伏強度は、シリーズ1に用いたロットが3800kgf/cm²、シリーズ2に用いたロットが4020kgf/cm²である。

(2) シース

シースは鋼板をスパイラル状に成形した通常のもので、内径32mmのものを用いた。

(3)コンクリート

コンクリートは呼び強度 240kgf/cm^2 のレディーミクストコンクリートを用いた。載荷時の圧縮強度を表-1に示す。

(4)グラウト

グラウトは W/C が34%のセメントペーストであり、高強度グラウト用として市販されている高性能減水剤とアルミ粉末を主成分とする混和剤をセメント重量の1.0%添加した。載荷時の圧縮強度を表-1に示す。

(5)接着剤

プレキャストブロック間に塗布する接着剤として、PCプレキャストブロック工法用として市販されている2液混合型のエポキシ樹脂系接着剤を用いた。接着剤の仕様は土木学会規準[1]に準拠したものである。

2. 3 実験方法

供試体が小型であるため、プレキャストブロックの製作はマッチキャストや仕切板方式によらず、各ブロック別個に行った。接合面には木製型枠を使用し、接着剤の塗布前にワイヤブラシにて表面を清掃した。コンクリートの硬化後、シースに鉄筋を通してブロック間を接着し、ねじふし鉄筋のナットを締めて仮固定した。翌日、ナットを緩めて軸力を解放し、はりの一端からグラウトを注入し、他端へ排出させた。したがって、載荷時の接合面には軸力は作用していない。

載荷中は、ひび割れの状態および幅を観察し、さらに、シリーズ1では主鉄筋のひずみを、シリーズ2では接合面に3台のパイ型変位計をロゼットゲージ状に組合わせてひずみ(ずれ)を計測した。

3. 実験結果

3. 1 曲げ変形および曲げ耐力

図-2はシリーズ1の等曲げ区間における曲げモーメントと平均曲率の関係である。平均曲率は等曲げ区間の両端および中央の変位から計算したものである。両供試体とも破壊形式は曲げ引張破壊であった。両供試体の曲げ変形および曲げ耐力は良く一致している。

図-3はシリーズ2の載荷点位置における曲げモーメントと変位の関係である。全ての供試体で破壊形式は曲げ引張破壊であった。各供試体の変形および耐力は良く一致している。プレキャストブロックを用いたNo.21~22も設計通り曲げ引張破壊した。

図-4はシリーズ2において、主鉄筋応力度が 2000kgf/cm^2 、主鉄筋降伏、破壊直前

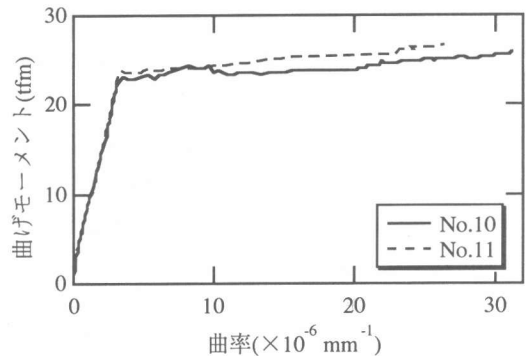


図-2 供試体No.10~11の曲げ変形

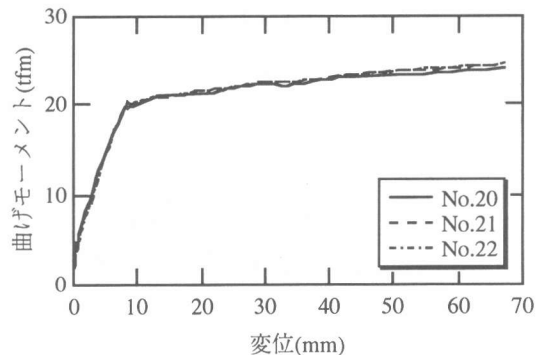


図-3 供試体No.20~22の曲げ変形

の3段階でたわみ曲線を比較したものである。各供試体の変形は良く一致しており、接合面の影響は見られない。

以上のことから、プレキャストブロックRCはりの曲げ特性は、変形、耐力とも一般のRCはりと同様であるとみなせる。

3. 2ひび割れ

図-5は各供試体の終局状態でのひびわれの様子を描いたものである。接合面の有無や鉄筋の付着機構の違いにもかかわらず、No.10~11、No.20~22のひび割れはそれぞれ間隔、方向ともほぼ等しいものとなった。

等曲げ区間にあるNo.11の接合面には、破壊に至るまでひび割れは発生しなかった。終局状態においては、No.10と比較して鉄筋に沿った縦ひび割れが目立った。これは、シース内の鉄筋とグラウトが一体となり、仮想的に太径鉄筋のように作用しているためと思われる。

No.21では、まず接合面J1に曲げひび割れが発生し、続いてスパン中央に曲げひび割れが発生した。J2にはひび割れは発生しなかった。終局状態においては、J1のひび割れが斜めひび割れへ成長し、これから枝分かれしたひびわれがJ1を横切って斜め下方へ成長した。これはNo.20における斜めひび割れの成長過程と同様であり、斜めひび割れの成長に関する接合面の影響は無いと考えられる。

No.22では、まずJ3に曲げひび割れが発生し、続いてスパン中央とJ4に曲げひび割れが発生した。J4のひび割れは斜めひび割れへ成長したが、J3のひび割れは成長しなかった。

No.11とNo.21~22の比較から、接着剤は純引張状態ではコンクリート以上の引張強度を有するものの、せん断力との組合せ下では引張強度がコンクリートより劣ることがわかる。これは、ブロックの製作をマッチキャストや仕切り板方式によらなかったため接合面の開きが大きく、接着剤層が厚くなったことも原因と考えられる。

図-6は各供試体の曲げモーメントと曲げひび割れ幅の関係を示したものである。No.10~11では等曲げ区間の最大ひび割れ幅を示した。また、コンクリート標準示方書[2]のひび割れ幅の算定式による値を併記した。No.21のJ1とNo.22のJ3のひび割れ幅が他より大きいのは、これらの接合面におけるひび割れがコンクリート部分に先だって発生したためである。その他のひび割れでは、主鉄筋が直接コンクリートと付着しているNo.10、20と、グラウトを介して付着しているNo.11、21~22でひび割れ幅は同程度であり、主鉄筋の付着機構の違いはひび割れ幅に影響していないことがわかる。

以上のことから、プレキャストブロックRCはりの曲げひび割れ幅を通常のRCはりと同程度とするためには接合面にコンクリート部分より先にひび割れを発生させないことが必要である。

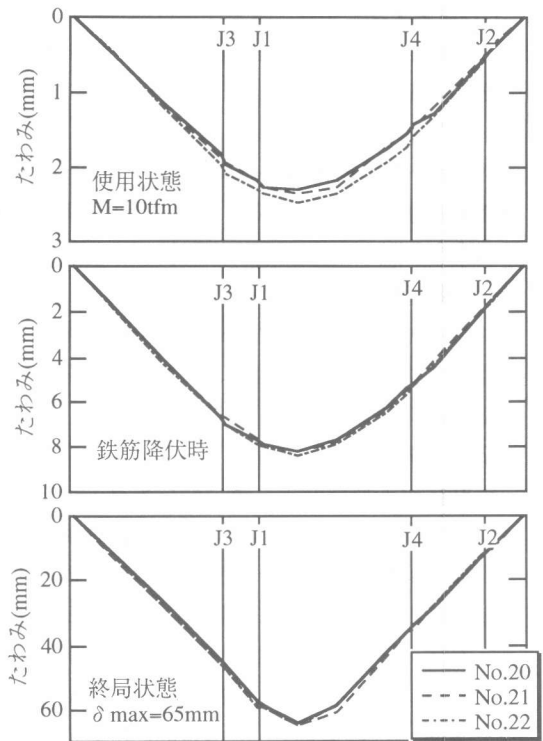


図-4 供試体No.20~22のたわみ曲線

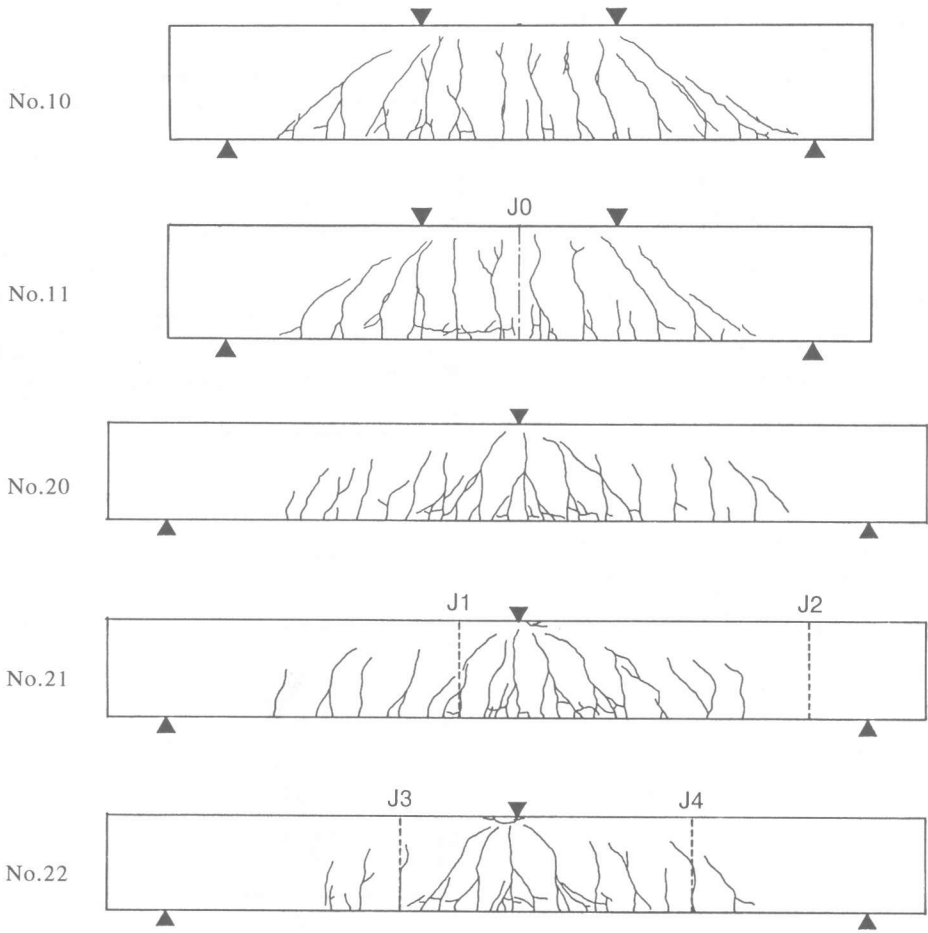


図-5 終局状態のひび割れの状態

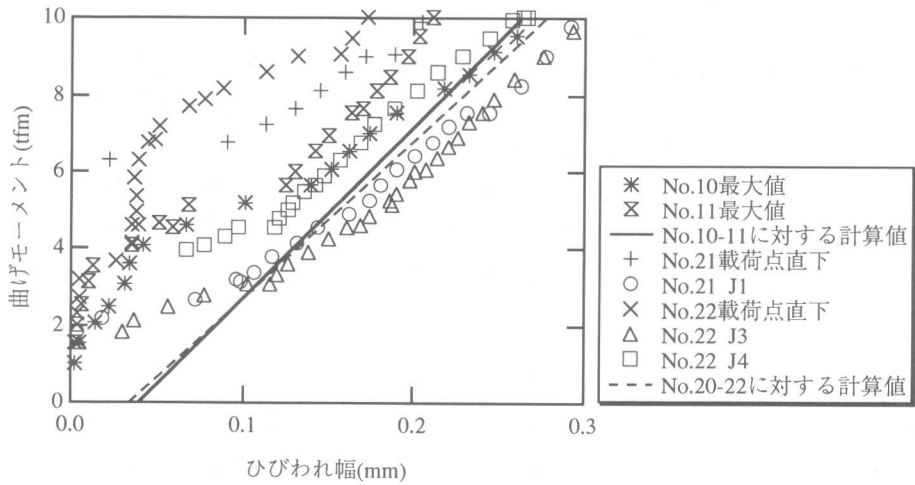


図-6 曲げモーメントと曲げひび割れ幅の関係

3. 3 主鉄筋のひずみ

図-7は供試体No.10~11のスパン中央付近における主鉄筋のひずみである。No.11では接合面にひび割れが発生していない。この時、接着剤の弾性係数はコンクリートより低い伸びが生じていると思われるが、鉄筋のひずみにはその影響は現れず、ひずみの値は通常のRCはりであるNo.10よりも小さくなっている。

3. 4 接合面のせん断変形

図-8は供試体No.21の接合面J1における主ひずみの方向を曲げモーメントと共に示したものである。主ひずみの方向は部材軸に対して30度付近にあり、これは斜めひび割れの発生方向と一致している。前述のひび割れ状況と併せて、接合面には純せん断方向の変形は生じていないと見なすことができる。

4. 結論

今回の実験の範囲で以下の結論が得られた。

(1)プレキャストブロック工法におけるPC鋼材の代わりに異形鉄筋を用い、緊張を行わないでグラウトすれば、プレキャストブロックRCはりを製作することができる。

(2)プレキャストブロックRCはりでは、RC部材の成立要件である主鉄筋の付着機構が通常のRCと異なり、鉄筋の引張力はグラウトを介してコンクリートに伝達される。しかし、曲げ変形、曲げ耐力、曲げひび割れ間隔の各項目に関して、通常のRCはりと同様な特性を有する。

(3)プレキャストブロックRCはりの曲げひび割れ幅を通常のRCはりと同程度とするためには、接合面にコンクリート部分より先にひび割れを発生させないことが必要である。

(4)接合面に作用する平均せん断応力度が 6.1kgf/cm^2 以下の範囲で、接合面の存在は斜めひび割れの発生パターンに影響しない。

参考文献

- 1) 土木学会：プレキャストコンクリート用エポキシ樹脂系接着剤（橋げた用）品質規格（案）JSCE-H101-1993、コンクリート標準示方書【平成6年版】規準編、pp.467-470、1994.3
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書【平成3年版】設計編、p.85、1991.9

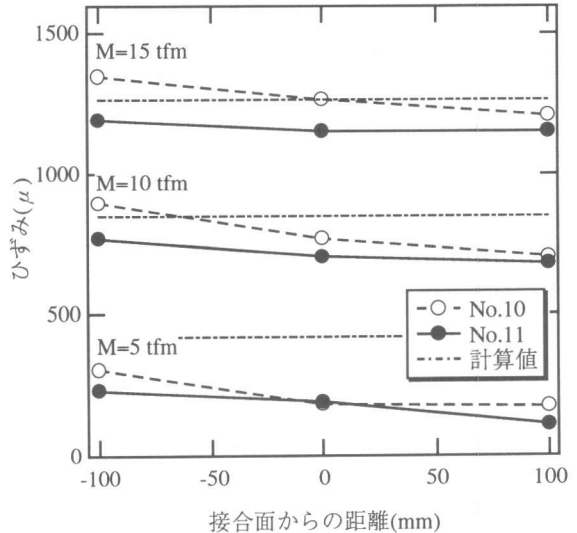


図-7 接合面付近の主鉄筋のひずみ

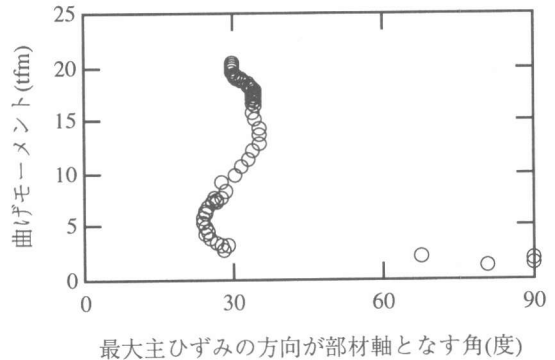


図-8 No.21接合面J1の最大主ひずみの方向