

# 論文 せん断補強鉄筋を有しないプレキャストブロック RC はりのせん断強度

玉井真一\*<sup>1</sup>・増田芳久\*<sup>2</sup>

**要旨：** P C 部材のプレキャストブロック工法において、P C 鋼材を異形鉄筋に代え、緊張を行わずにグラウトすれば、R C 部材となる。本報ではこのような部材のせん断力に対する設計法が通常の R C 部材と同様で良いかどうかを検討するために、せん断補強鉄筋を有しないはりのせん断耐力を実験により求めた。その結果、ブロック間の継目がせん断スパン内にある場合でも、接合面を接着すればせん断耐力は通常の R C はりと同等であることが明らかとなった。

**キーワード：** プレキャストブロック工法、せん断、せん断耐力

## 1. はじめに

本研究は P C 桁の架設方法の一つであるプレキャストブロック工法を R C 部材に拡張し、橋脚等の R C 構造をプレキャスト工法により施工することを目的としている。P C 部材では各プレキャストブロックのシース孔に P C 鋼材を貫通させ、緊張により圧着、一体化するが、R C 部材ではシース孔に異形鉄筋を貫通させグラウトすることにより一体化するものである。

R C 部材では外力の作用により鉄筋の応力変動が生じるため、鉄筋とコンクリートの間に付着応力が発生する。プレキャストブロック R C 部材ではこの付着応力が鉄筋とグラウトの間、さらにグラウトとコンクリートの間に作用する。筆者らは既報[1,2]において、引抜き試験による付着試験およびプレキャストブロック R C はりの曲げ試験を行い、異形鉄筋-グラウト-コンクリート間の付着特性が R C 部材を構成するために十分であることを示した。本報は、プレキャストブロック R C はりのせん断力に対する特性を報告するものである。

R C はりに作用するせん断力は、せん断補強鉄筋およびそれ以外の要因により分担して負担される。せん断補強鉄筋以外の要因として主たるものは、主鉄筋の付着、主鉄筋のダウエルアクション、ひび割れ面と曲げ圧縮域でのせん断伝達であると考えられる。上述のようにプレキャストブロック R C はりでは主鉄筋の付着は十分であるため、残りの要因によるせん断伝達が一般の R C はりと同様であればせん断耐力も同様であると予想される。しかし、これらの要因はせん断スパン内でのせん断力の伝達経路に影響されるため、せん断スパン内にプレキャストブロックの継目がある場合、伝達経路が影響を受けてせん断耐力が一般の R C はりと異なる可能性もある。

これらのことを調べるために、せん断補強鉄筋を有しないプレキャストブロック R C はりのせん断実験を行ったのでここに報告する。

## 2. 実験の概要

実験パラメータとして、主鉄筋比、ブロック接合の有無、接合面接着の有無を選んだ。主鉄筋比は土木構造物を対象として 0.6% および 1.2% とした。はりのせん断耐力はせん断スパン比の影響を受けるが、本研究では橋脚のような長い部材を対象としているため、せん断スパン比は 5 と

\* 1 東急建設(株)技術研究所 土木構造研究室、工修 (正会員)

\* 2 東急建設(株)技術研究所 土木構造研究室室長 (正会員)

した。表-1にパラメータの組合せによる実験ケースを示す。

試験体は図-1に示すようなはりであり、各ケース1体を製作した。左スパンにはせん断補強鉄筋を配置せず、このスパンでせん断破壊させた。No.1、4以外はせん断スパン内に3箇所

のブロックの継目を設けた。せん断ひび割れがブロックの継目を横切るように継目の間隔ははり高さと同しくした。主鉄筋比は鉄筋本数を変えることで変化させた。試験体が確実にせん断破壊するように、主鉄筋には総ネジPC鋼棒を用いた。

型枠内に仕切板を入れてコンクリートを打込むことでプレキャストブロックを製作した。ブロックを並べてシース孔に主鉄筋を挿入した後、No.2および5ではブロック間をエポキシ樹脂系接着剤により接着した。No.3および6では接着を行わず、シース孔周囲にグラウト漏洩防止のためパテによるシールを施した。なお、せん断キーは使用していない。最後に各試験体ともシース内をグラウトした。表-2に使用材料を示す。

荷重方法は中央1点荷重とし、試験体がせん断破壊するまで単調荷重した。

表-1 実験ケース一覧

No.	a/d	主鉄筋比	接合	接着
1	5.0	0.0058	無し	---
2	5.0	0.0058	有り	有り
3	5.0	0.0058	有り	無し
4	5.0	0.0115	無し	---
5	5.0	0.0115	有り	有り
6	5.0	0.0115	有り	無し

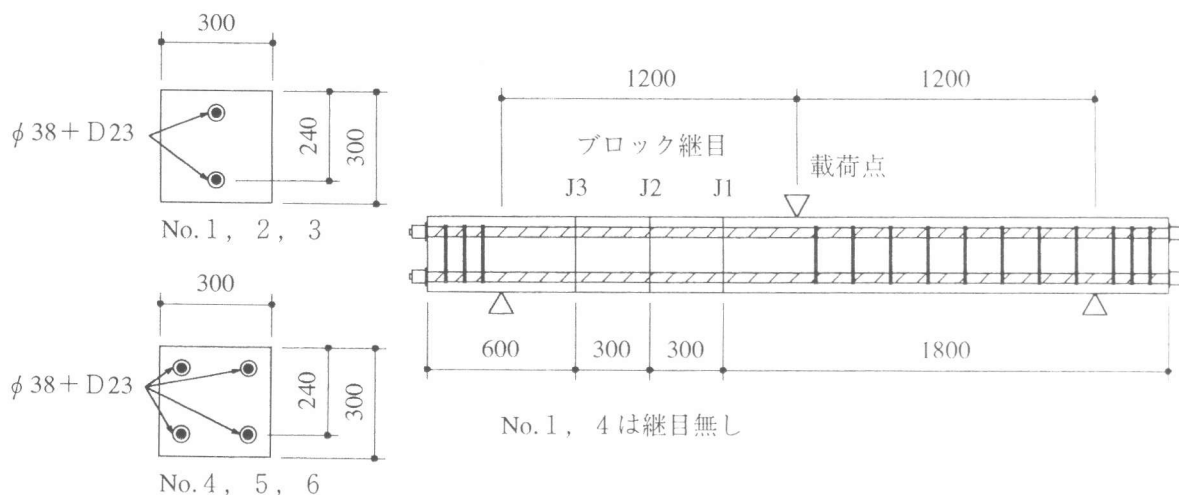


図-1 試験体

表-2 使用材料

名称	仕様、性状
コンクリート	レディーミクストコンクリート24-12-20H 打込時スランプ12cm、空気量5.5%、温度14℃ 荷重時圧縮強度34.7MPa
主鉄筋	異形PC鋼棒 D23 降伏強度930N/mm <sup>2</sup> 、引張強度1080N/mm <sup>2</sup> (規格値)
グラウト	セメントグラウト W/C=34%、グラウト用混和剤C×1.0% JAロート流下時間54秒、温度24℃ 荷重時圧縮強度47.7MPa
接着剤	プレキャストブロック用 エポキシ樹脂系接着剤

### 3. 実験結果

#### 3. 1 せん断耐力

各試験体のせん断耐力は表-3に示すようであった。接合面を接着したNo.2、5のせん断耐力はそれぞれ同鉄筋比で接合面が無いNo.1、4を上回り、一般のRCはりのせん断耐力を代表すると思われる式(1)の土木学会式[3]による計算値(実測のコンクリート強度を用い、全ての安全係数を1とした値)をも上回る結果となった。したがってこれらの場合にはプレキャストブロックRCはりに通常のせん断設計法が適用できると考えられる。一方、接合面を接着しなかったNo.3、6のせん断耐力は接合面を接着した場合の実験値や計算値よりも低い結果となった。

#### 3. 2 荷重、変位関係

図-2は各試験体の載荷点の変位である。鉄筋比が低い場合には接合面を接着しなかったNo.3の変位が大きく、剛性が低いことを示している。また、接合面を接着したNo.2では破壊直前の曲げ剛性は接合面が無いNo.1と変わらないものの、それ以前ではNo.1よりも剛性が低くなっている。これはせん断スパンのひび割れ数がNo.1では4本であったのに対してNo.2では各接合面の近傍を含めて5本であったためと考えられる。

#### 3. 3 破壊性状

各試験体の破壊時のひび割れは図-3のようであった。接合面が無いNo.1、4および接合面を接着したNo.2、5では、荷重の増加とともに曲げひび割れが斜め方向に成長し、最終的に載荷点と支点を結ぶ方向に斜めひび割れが貫通する斜め引張破壊となった。一方、接合面を接着しないNo.3、6では接合部以外での曲げひび割れ発生がほとんど見られず、荷重を増加させると

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (1)$$

$$f_{cd} = 0.9 \sqrt[3]{f_{cd}^2}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{100/d}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_w}$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d \quad (N_d' \geq 0)$$

$$= 1 + 2M_0 / M_d \quad (N_d' < 0)$$

ここに

$f_{cd}$ : コンクリート圧縮強度(kgf/cm<sup>2</sup>)

$d$ : 有効高さ(cm)

$p_w$ : 軸方向鉄筋比

$M_0$ : デコンプレッションモーメント

$M_d$ : 設計曲げモーメント

$N_d'$ : 設計軸力

表-3 各試験体のせん断耐力

No.	主鉄筋比	接合	接着	せん断耐力(kN)		
				計算値V <sub>cd</sub>	実験値V <sub>c</sub>	V <sub>c</sub> /V <sub>cd</sub>
1	0.0058	無し	—	53.6	65.4	1.22
2	0.0058	有り	有り	53.6	70.9	1.32
3	0.0058	有り	無し	53.6	48.7	0.91
4	0.0115	無し	—	67.6	76.0	1.12
5	0.0115	有り	有り	67.6	85.8	1.27
6	0.0115	有り	無し	67.6	51.5	0.76

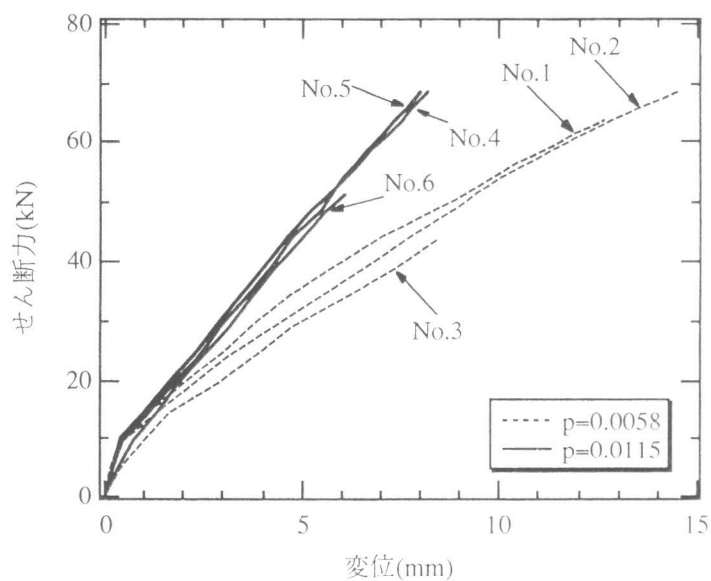


図-2 載荷点の変位

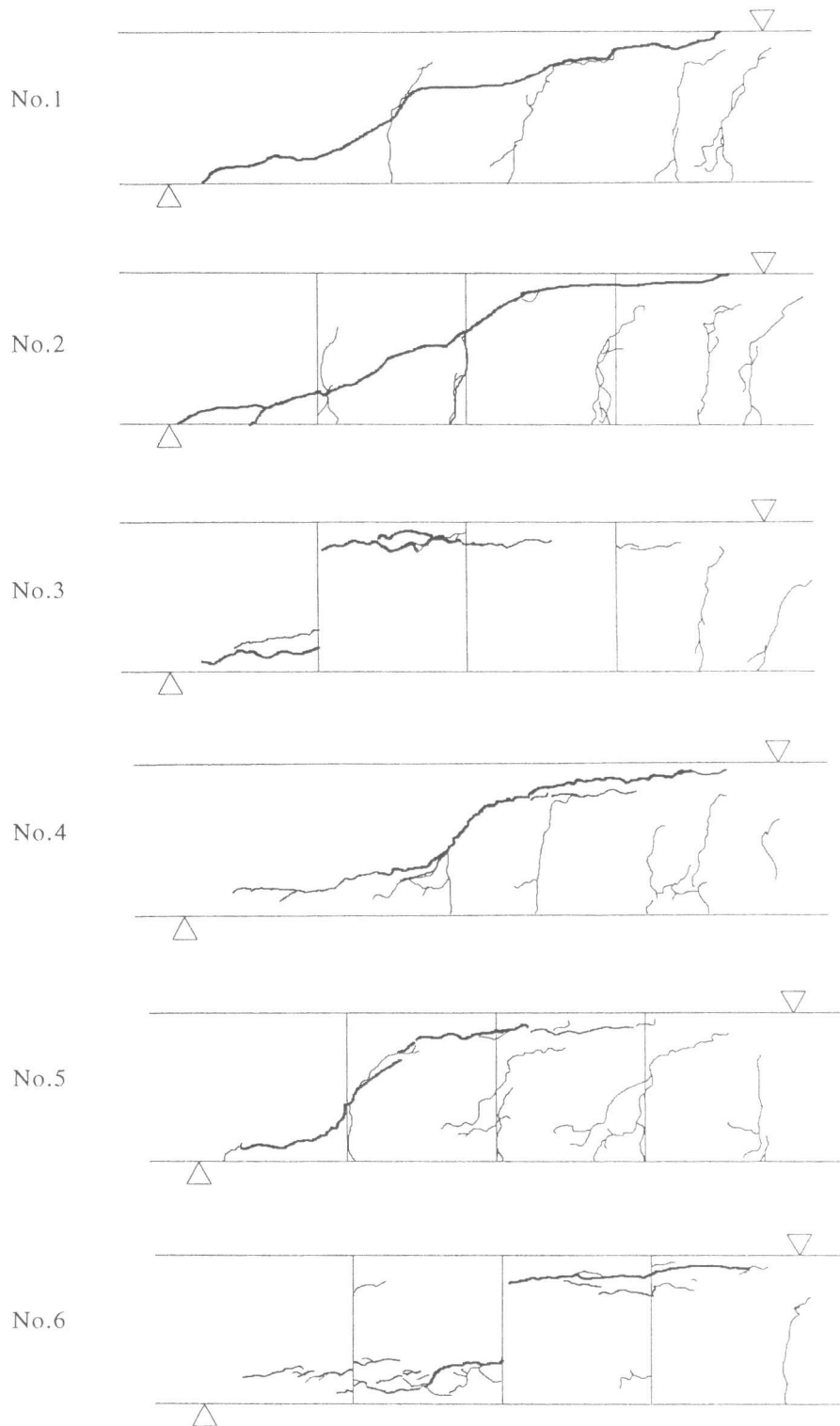


図-3 各試験体の破壊時のひび割れ

引張側、圧縮側とも主鉄筋に沿って接合面から水平方向にひび割れが発生して破壊した。

このように接合面の接着の有無により破壊性状が異なり、接合面を接着しない場合のせん断耐力が低下した原因は、接合面のコンクリート間ではせん断力が伝達されず、主鉄筋のダウエルアクションのみでせん断力に対抗しようとしたため、主鉄筋から作用するせん断力にかぶりコンクリートが抵抗できなくなったことであると考えられる。

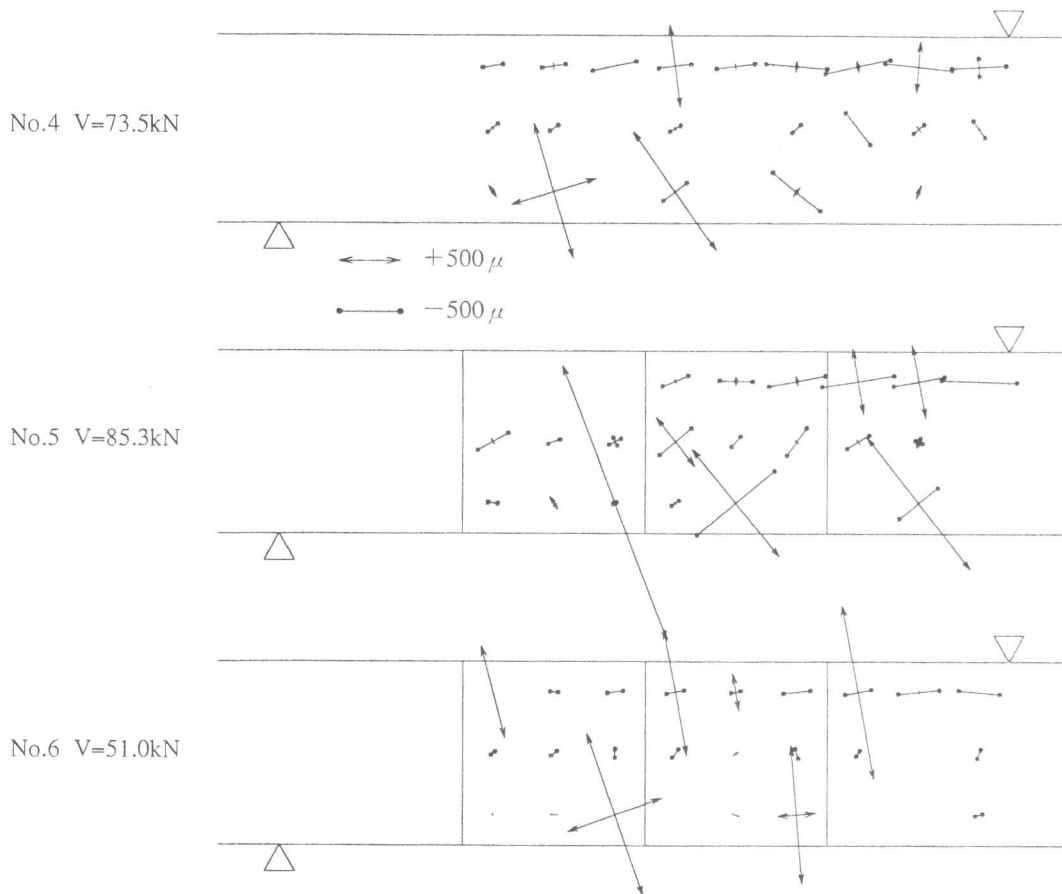


図-4 試験体4～6の破壊直前の主ひずみ分布

一方、接合面を接着することにより接合面が無い場合と同様のひび割れパターンが得られることから、接着された接合面はコンクリートと同等のせん断力伝達能力を有すると考えられる。

### 3. 4 はり側面のひずみ分布

各試験体のせん断スパンのはり側面に100mm間隔で検長60mmのロゼッタゲージを貼付し、各点の主ひずみとその方向を測定した。図-4は試験体4～6各々の破壊直前における主ひずみ分布を示したものである。

接合面の無いNo.4と接合面を接着したNo.5では主ひずみ分布は類似しており、両者ともに斜め引張破壊に至ったことを示している。一方、接合面を接着しなかったNo.6では接合面の主鉄筋位置に大きな鉛直方向の引張ひずみが生じており、接合面でのせん断伝達が主鉄筋のダウエルアクションのみに依存していることを示している。この引張ひずみが主鉄筋に沿った水平ひび割れを発生させたものと思われる。試験体1～3についても同様な結果が得られた。

### 3. 5 接合面の開きとずれ

図-5、6は3つの接合面のうち開きとずれが最大の接合面についてそれぞれの値を試験体間で比較したものである。接合面の開きは試験体底面でパイ型変位計により、ずれは試験体側面のはり高さ中央でカンチレバー型変位計により測定した。

No.2では接着した接合面にひび割れが発生していないため、接合面近傍のひび割れ幅を示している。これに対して同鉄筋比で接合面を接着しなかったNo.3では載荷初期から接合面が開き始めている。

一方、No.5では接着した接合面に荷重が小さいうちにひび割れが発生したため、その後の接合面の開きは同鉄筋比で接合面を接着しなかったNo.6と等しくなっている。しかしながらNo.5のせん断耐力が接合面が無い場合と等しいことを考えると、接着された接合面はひび割れが発生してもせん断力の伝達能力を有するものと考えられる。

接合面のずれについては接着をしない場合の方が大きく、その程度は主鉄筋比が低い方が大きい。これは、鉄筋比が低い場合、鉄筋1本当たりが負担するせん断力が大きいためである。

#### 4. 結論

せん断補強鉄筋を有しないプレキャストブロックRCはりのせん断実験を行った結果、今回の実験の範囲で以下の結論が得られた。

(1)ブロック間の接合面が無い場合および接合面を接着した場合の破壊形態は斜め引張破壊であり、せん断耐力は土木学会の設計式の値を上回った。したがって通常のせん断設計法が適用できると考えられる。

(2)接合面を接着しない場合の破壊形態は、接合面から主鉄筋に沿った水平ひび割れが発生するものであり、せん断耐力は土木学会の設計式の値に達しなかった。これは接合面におけるせん断力伝達が主鉄筋のダウエルアクションのみに依存しているためである。

#### 参考文献

- 1) 玉井真一・増田芳久：コンクリート中にグラウトにより定着された鉄筋の付着特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17、No.2、pp.1207-1212、1995.6
- 2) 増田芳久・玉井真一：プレキャストブロックRCはりの曲げ性状、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17、No.2、pp.35-40、1995.6
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書【平成3年版】設計編、p.58、1991.9

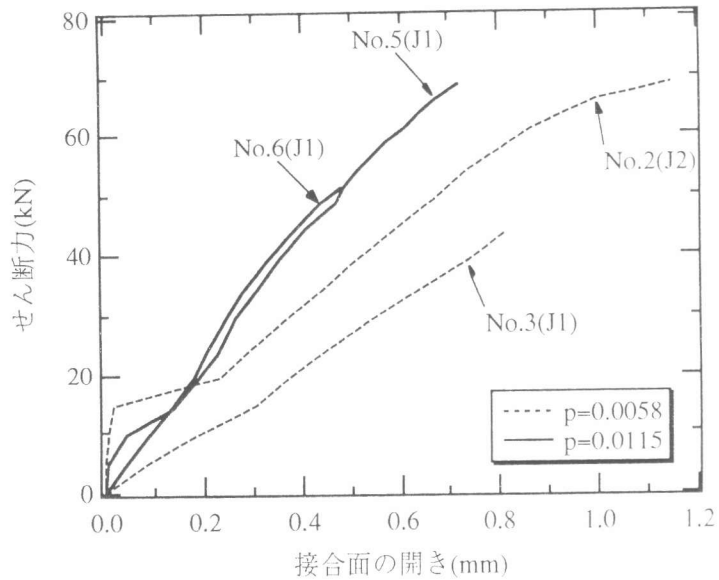


図-5 接合面の開き

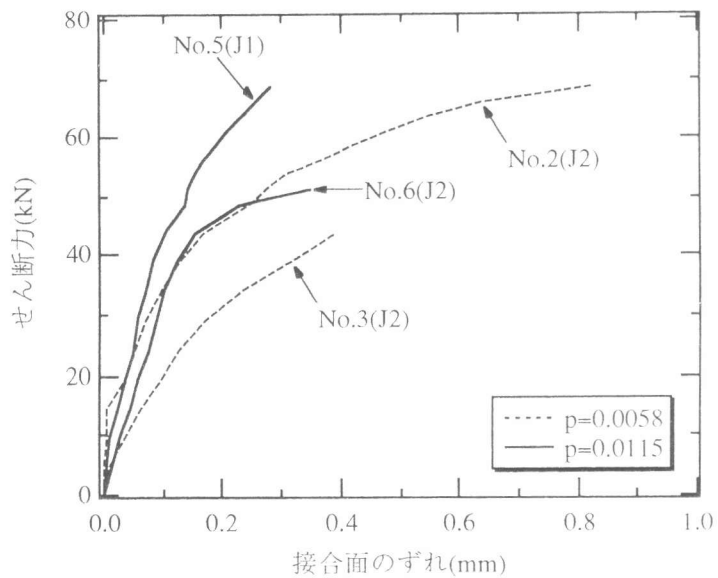


図-6 接合面のずれ