

V-21 異形鉄筋の重ね継手における横方向鉄筋の応力性状について

北海学園大学 正員 高橋 義裕

北海道大学 正員 角田 與史雄

1. まえがき

RC部材中における異形鉄筋の重ね継手の付着破壊は、コンクリート強度、鉄筋量、かぶり厚、鉄筋の重ね合せ長さ、横方向鉄筋の配置等の影響を受ける。近年これらの性状を定式化する試みが行なわれ、国外では、Orangun¹⁾、Jimenez²⁾、国内では三浦ら³⁾が、それぞれ式を提案している。これらの提案式において、その主要影響因子のとり方に共通点も見られるが、個々の因子の影響度合の扱いにおける相違点も多く見られる。その中で横方向鉄筋の影響については、国外では一般にその降伏点が影響因子に選ばれているが、国内の研究では重ね継手が破壊する時は、必ずしも横方向鉄筋が降伏したときでなく、むしろ周囲のコンクリートが割裂した時であることが明らかにされており、上記国内の提案式では横方向鉄筋比又はそれに相当する因子が用いられている。しかし、重ね継手の破壊形態である付着破壊に対して横方向鉄筋が寄与するメカニズムについてはなお不明な点が多い。本研究は、この問題に関する基礎的情報を得ることを目的にRCはりの重ね継手部における横方向鉄筋の応力性状について実験的に検討したものである。

2. 実験方法及び実験供試体

本研究で用いた実験供試体は図-1に示す矩形断面(20cm×20cm, 25cm×20cm)鉄筋コンクリートはりで、引張鉄筋の支間中央部に重ね継手を設け、二点対称荷重を載荷することにより前述の継手部に様な曲げモーメントを作用させた。主鉄筋は2本とし、重ね継手両端位置に人工切りかきを設け、重ね継手部主鉄筋に所定の引張力が作用するようにした。また、はりせん断区間には、横方向鉄筋を配してせん断破壊を防止し、重ね継手にも横方向鉄筋を配し補強した。変数としては、重ね継手長、重ね継手部に配される横方向鉄筋量、かぶり厚、主鉄筋径の4つである。また測定項目は、重ね継手を有するはりの破壊荷重と各荷重段階毎の横方向鉄筋及び主鉄筋に貼付した歪ゲージによる歪量である。コンクリートは、早強ポルトランドセメント及び天然骨材を用い、単位セメント量326kg/m³、水セメント比50%で、試験7日材令におけるコンクリートの圧縮強度は平均316kgf/cm²であった。主鉄筋は横フシ型異形棒鋼SD35のD13、D19を横方向鉄筋はD6、D10を用いた。図-2は横方向鉄筋の配置状況と横方向の配置間隔のとり方を示したものである。

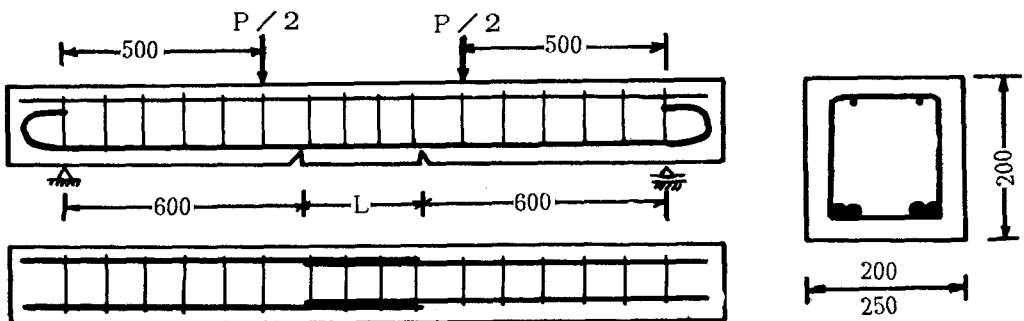


図-1

3. 実験結果及び考察

3. 1 鉄筋の付着強度について

付着強度 f_a は、定着破壊時の鉄筋応力 σ_s を慣用の応力理論を用いて求め、次式で計算した。

$$f_a = \frac{\sigma_s}{4L/\phi} \quad (1)$$

ここで L は重ね継手長、 ϕ は主鉄筋径である。
各供試体におけるコンクリート強度のバラつきを、付着強度がコンクリートの圧縮強度の平方根に比例すると仮定し、次式による 300kgf/cm^2 の場合に換算した。

$$\bar{f}_a = f_a \sqrt{\frac{300}{f_c}} \quad (2)$$

ここで f_c はコンクリートの圧縮強度である。

図-3と図-4は、縦軸に(2)式で求めた付着強度 $\bar{f}_a$ 、横軸に横方向鉄筋比 A_{st}/sc (A_{st} : 重ね継手部に配された横方向鉄筋1本の断面積、 c : かぶり厚、 s : 重ね継手部に配された横方向鉄筋間隔) をとり示したものである。図-3は、主鉄筋D13 (SD35)、かぶり厚 $c=23\text{mm}$ 、横方向鉄筋D6 (SD35) で、重ね継手長 L がそれぞれ 10cm と 20cm について示したものである。図-4は、主鉄筋D19 (SD35)、かぶり厚 $c=45\text{mm}$ 、横方向鉄筋として、 $L=10\text{cm}$ に対してはD6 (SD35)、 $L=20\text{cm}$ に対してはD10 (SD35) を使用した場合について示したものである。これらの図より、横方向鉄筋比がある程度大きくなると確かに付着強度は増加しているが横方向鉄筋比が小さい範囲での増加は比較的小さいものとなっている。

3. 2 横方向鉄筋の応力度の推移

本実験においては、横方向鉄筋の応力度の性状を調べるために横方向鉄筋底部に検長 5mm のワイヤーストレーンゲージを貼付し、その歪度を測定した。

図-5～図-9は、縦軸にその歪度、横軸には載荷荷重の大きさをとり示した。図-5は、主鉄筋D13 (SD35)、かぶり厚 $c=23\text{mm}$ 、重ね継手長 $L=10\text{cm}$ で横方向鉄筋D6 (SD35) を重ね継手部に1組配置した場合の歪度と載荷荷重との関係を示したものである。図-6は横方向鉄筋D6 (SD35) を3組、図-7は同じくD6 (SD35) を4組配置した場合の歪度と載荷荷重との関係を示したものである。図-5より横方向鉄筋が1組の場合、破壊時近くに横方向鉄筋に生じている歪度は 60μ 程度であり横方向鉄筋の拘束効果はほとんど期待できないことが分かる。図-6、図-7よりある程

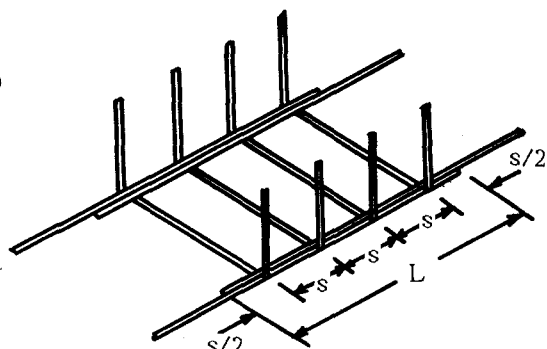


図-2

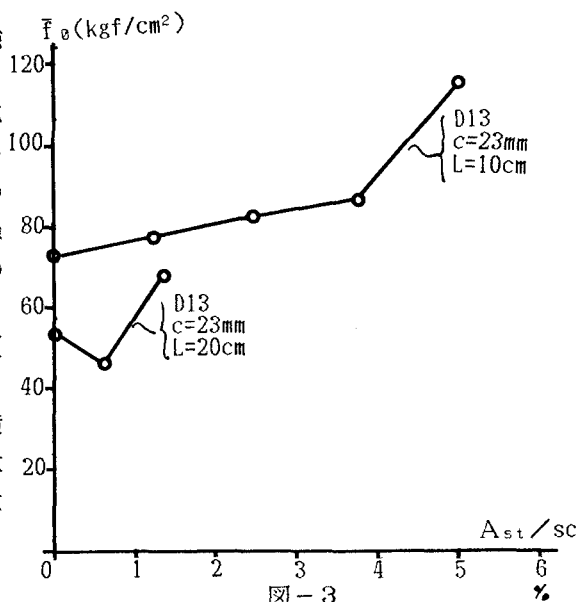


図-3

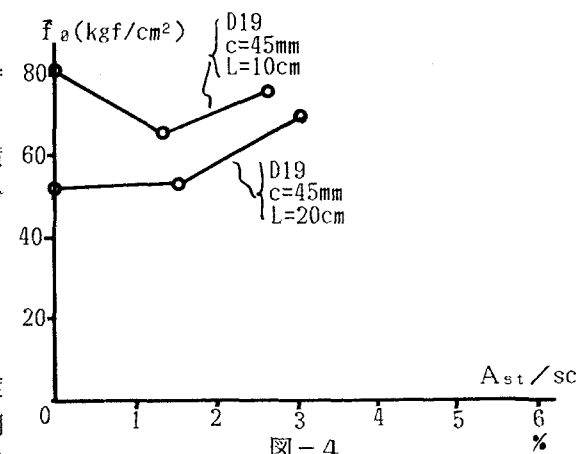


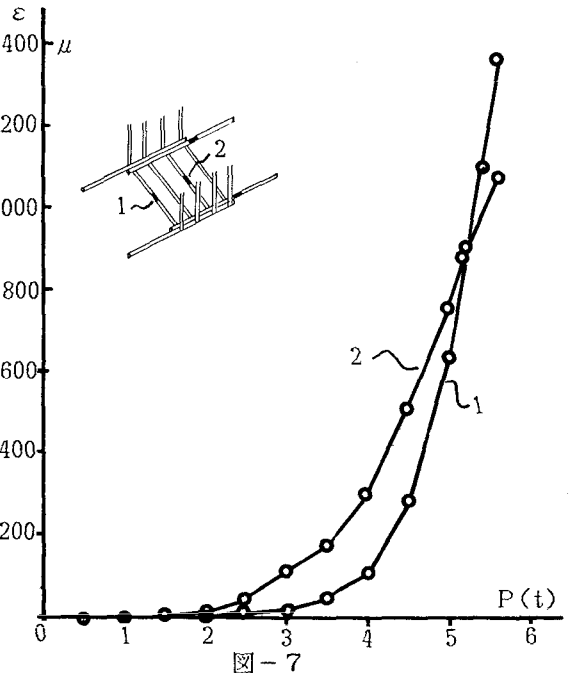
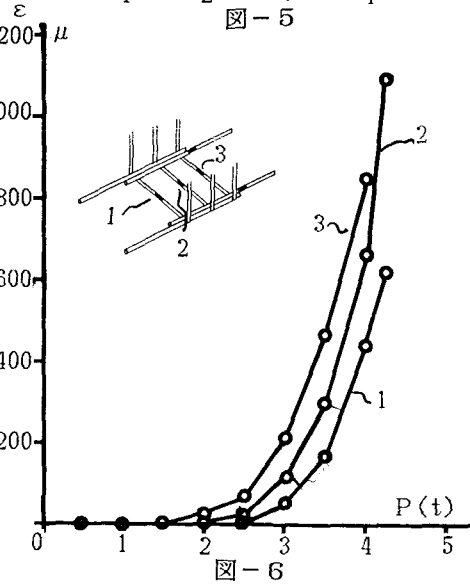
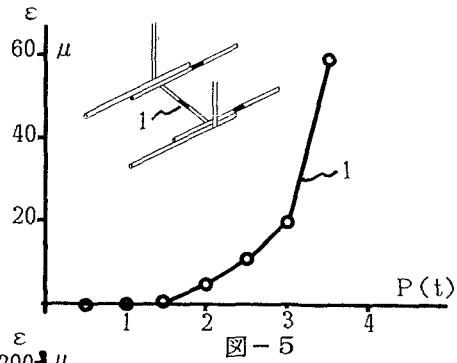
図-4

度横方向鉄筋が配置されてくると、その拘束効果も期待できることが分かる。また、破壊時における横方向鉄筋に生じている歪度は1200 μ 程度である。一方使用横方向鉄筋の降伏歪度は実測より1900 μ 程度であるのでまだ降伏歪度に達していないことが分かる。また、これらの図からある荷重段階までは歪度の増加はそれほど顕著ではないが、この荷重段階をすぎるとその歪度の増加割合は急激となっており、重ね継手部に近い横方向鉄筋から順次歪度が生じていることが分かる。このことより割裂ひび割れは、まず重ね継手端部より発生し重ね継手全長に行き渡り、横方向鉄筋の拘束効果の影響を受けていることが分かる。さらに横方向鉄筋の組数が多いほど最終的な歪度の値は大きくなっているが、横方向鉄筋の間隔が大きければ、負担応力は低下し、拘束効果が余り期待できないことが分かる。

図-8と図-9も同じく縦軸に横方向鉄筋の歪度、横軸に載荷荷重の大きさをとり示した。図-8と図-9においては、実験供試体の断面は幅25cm x 高さ20cmの矩形断面、主鉄筋D19 (SD35)、横方向鉄筋D10 (SD35)、かぶり厚 $c=45\text{mm}$ 、重ね継手長 l が10cmと20cmとについて示したものである。この場合でも最大荷重値での歪度のおおきさは400 $\sim$ 600 μ 程度であり使用横方向鉄筋の降伏歪度(実測では2100 μ が降伏歪度)に達していない。

以上図-5 $\sim$ 図-9の横方向鉄筋の歪度分布よりある荷重段階から横方向鉄筋の歪度の急激な増加がみられる。これは、重ね継手長全域にわたり割裂ひび割れが発生し、この荷重段階の前後で横方向鉄筋の付着抵抗への寄与のメカニズムが異なることがわかる。横方向鉄筋量が少ないとこの荷重段階が最大耐力となり、横方向鉄筋量の増大に伴い以後の荷重増加を経験し、この横方向鉄筋の歪度も増加していく。

また、横方向鉄筋はその位置のコンクリートに割裂ひび割れが発生し側方への膨らみが生じて、初めて引張応力を受け、それが拘束効果をもたらすと考えられる。従って、この側方膨張を拘束するだけの横方向鉄筋が配置されていなければ、異形鉄筋の重ね継手部の耐力増加が期待できないことになる。従って横方向鉄筋がコンクリートの割裂を遅らせるよりむしろ割裂以降の耐力保持に貢献することをしめしている。さらに横方向鉄筋の効果の1つとして、重ね継手長にわたる



付着応力度分布の均一化が起こることが示られている⁴⁾。

異形鉄筋の重ね継手部における横方向鉄筋の拘束効果について、既往の提案式では一般に累加耐力の考え方がとられているが、重ね継手部の破壊がかなり脆性の強い現象であるから、累加耐力の考え方についても再検討が必要であると思われる。

4. まとめ

本研究では、異形鉄筋重ね継手部の付着破壊強度に横方向鉄筋がどのように寄与しているかのメカニズムの基礎的情報を得ることを目的に、RCはりの引張鉄筋の支間中央部に横方向鉄筋を配置した異形鉄筋の重ね継手を設け、二点対称荷重の載荷実験を行った。測定項目としては、その最大荷重の大きさ、及び横方向鉄筋に貼付したワイヤーストレインゲージによるその歪量である。以上のことより得られた結果を列挙すれば次のようになる。

1) 異形鉄筋の重ね継手における横方向鉄筋の拘束効果は、横方向鉄筋がある程度配置されていると非常に大きい。

2) 最大荷重における重ね継手部に配置した横方向鉄筋に発生している歪度は使用鉄筋の降伏点以下である。

3) 横方向鉄筋がある程度配置されている重ね継手においては、その割裂ひび割れは重ね継手端部より順次発生していくものと思われる。

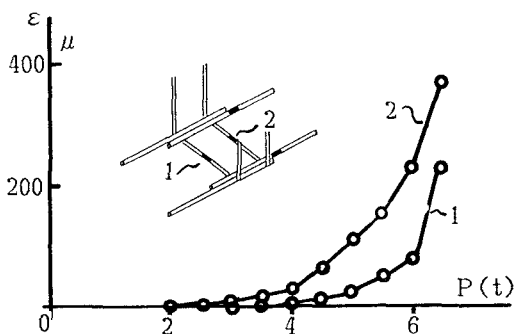


図-8

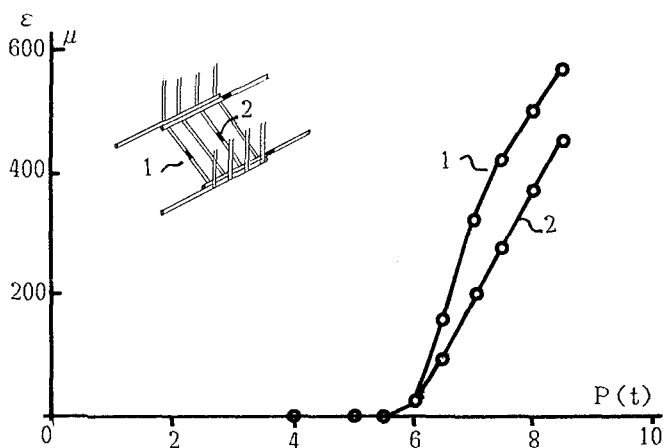


図-9

参考文献

- 1) Orangun, C.O., Jirsa, J.O. and Breen, J.E.: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, A C I Journal, Mar. 1977, pp. 114-122
- 2) Jimenez, R., White, R.N. and Gergely, P.: Bond and Dowel Capacities of Reinforced Concrete, A C I Journal, Jan. 1979, pp. 73-92
- 3) 三浦, 妹島: 極低温下における鉄筋の重ね継手性状におよぼす横方向鉄筋の性質の影響, 第5コンクリート工学年次講演会講演論文集, 1983, pp. 385-388
- 4) 藤井, 森田: 異形鉄筋の付着割裂に関する研究(第2報), 日本建築学会論文報告集, 第324号, 1983, 2, pp. 45-53