

東京都立大学 正会員 池田尚治
元同上(現若葉建設) : 堀田芳樹
本州四国連絡橋公団 : 加島 聡

1. 緒言

本報告は、太径鉄筋の使用に当たって問題となる鉄筋の継手に関し、現在までほとんど研究が行われていない異種径の鉄筋による重ね継手の性状とその使用方法、及びそれに関連した事柄について研究を行ったものである。これは、大型構造物の柱部材等の場合、設計の限界断面で多量に使用した鉄筋を徐々に低減しようとする時に、断面積の小さい鉄筋を重ね継手によって接続することが考えられるからである。また、計算上不要となった鉄筋を、コンクリート引張部に定着する方法も用いられているので、本研究では合わせて、鉄筋の引張部定着についても検討を行うこととした。

2. 実験の概要

本実験は、長さ3.2mの鉄筋コンクリート梁供試体6体を作製して行うこととした。供試体の一部には軸力を導入して柱部材の挙動と類似させた。鉄筋は、実構造物でD51をD35あるいはD32で継ぎ替えることを想定して、D22とD16との異種径重ね継手を用いることとした。実験の主な項目は次の通りである。

(a) 異種径重ね継手における付着応力度分布、(b) 異種径重ね継手の所要重ね合わせ長さ、(c) 継手部分で部材腹部が計算上腹鉄筋を必要としない場合における異種径重ね継手の影響、(d) 同様の場合で腹部を腹鉄筋で十分に補強した場合、(e) 細径の鉄筋で継いだ部分が計算上の曲げモーメントに対して約2倍安全であるとした時に、継手が部材のせん断耐力に及ぼす影響、(f) 部材の引張部で鉄筋を切断し定着する場合、連続鉄筋が所要断面積の2倍あれば安全であると言われていることに対する検討。各供試体の概要は表-1に示す通りである。供試体の形状と配筋方法は図-1に示す。

表-1 供試体の概要

供試体	左記関連項目	ラップ長	横方向鉄筋量	特 徴
No. 1	(a)(b)(f)	25φ	スタップ 8φ 30cmピッチ	曲げモーメント一定区間で継手引張部定着
No. 2	(c)	〃	〃	せん断区間に重ね継手腹鉄筋計算上不要
No. 3	(d)	〃	スタップ 5cmピッチ	I断面腹部補強
No. 4	(e)	〃	スタップ 10cmピッチ	軸力アリ
No. 5	(f)	〃	〃	軸力アリ引張部定着
No. 6		ナシ	〃	継手ナシ、引張部定着ナシ 軸力アリ

3. 実験結果とその考察

(1). 最大荷重・破壊形態：最大荷重及び破壊形態は表-2

に示す通りである。実験値の中で、カッコ内の数字

表-2 供試体の耐力の計算値及び実験値

は、計算上の曲げ耐力を1とした場合の実験値の比率である。この表で明らかなように、実験結果は、連続鉄筋を持った基準供試体であるNo.6を除いてすべて計算上の曲げ耐力に達していなかった。特にNo.1～No.3は、現行の設計方法で許されると思われる状態であるにもかかわらず、計算上の曲げ耐力を大きく下回ったことは注目すべきことである。No.1供試体は実験の結果、異種径重ね継手の最大耐力に達する以前に引張部定着による悪影響によりせん断破壊した。No.2供試体は、設計荷重時の曲げモーメント図に従って異種径重ね継手を用いたが、

供試体	計 算 値					実験値	破壊モード
	設計モーメント (t・m)	設計荷重 (t)	終局モーメント (t・m)	終局荷重 (t)	終局モーメント (t・m)	終局荷重 (t)	
No. 1	4.77	10.0	10.3	21.6 (1.0)	7.4	15.6 (0.72)	せん断破壊
No. 2	9.13	14.6	18.6	29.8 (1.0)	10.1	16.2 (0.54)	せん断破壊
No. 3	9.13	14.6	18.6	29.8 (1.0)	14.1	22.5 (0.76)	継手破壊
No. 4	12.1 ($\phi_2=1/200$)	19.3 ($\phi_2=1/200$)	23.6	37.8 (1.0)	19.4	31.0 (0.82)	せん断 付着 破壊
No. 5	17.0 ($\phi_2=2700$)	27.2 ($\phi_2=2700$)	23.6	37.8 (1.0)	19.0	30.4 (0.80)	せん断 引張部定着 破壊
No. 6	17.0 ($\phi_2=2700$)	27.2 ($\phi_2=2700$)	23.6	37.8 (1.0)	25.0	40.0 (1.06)	曲げ引張部 (せん断の影響) 破壊
No. 6 (軸力除去)	9.13	14.6	18.6	29.8 (1.0)	20.6	33.0 (1.11)	曲げ降伏後 せん断 破壊

結果は設計荷重のわずか1.1倍でせん断破壊した。No.3供試体は、I型断面であり、腹鉄筋で十分補強したものである。なお、この供試体はNo.2と同様に重ね継手位置を左右対称とせず、一方はモーメントシフトを考慮、支点側に約4/5dだけ継手位置をずらした。実験の結果、最終的には継手位置を安全側にずらした側における継手部の付着破壊であった。このように、せん断補強が十分で、かつモーメントシフトまで考慮して異種径重ね継手を用いた供試体が計算上の曲げ耐力の76%程度であったことは問題であると思われる。供試体No.4～No.6は、柱部材を想定して軸力を 20 kg/cm^2 導入した供試体である。No.4, No.5はそれぞれ細径鉄筋、連続鉄筋が $\frac{1}{2} \phi_{sa}$ になる断面で鉄筋が切断されている。また、実験を危険側で行うため、せん断補強としては所要量の $\frac{1}{2}$ 程度としてある。実験の結果、No.4, No.5は共に計算上の曲げ耐力の約80%程度でせん断破壊した。このことから柱部材においても異種径重ね継手、及び引張部定着が部材のせん断耐力に悪影響を及ぼす場合のあることが確認されたのである。

(2) 鉄筋応力度： 継手端部支点側、あるいは切断位置における鉄筋応力度は、図-2の例のようにほとんどの供試体で測定値が計算値を相当に上回っており、これが供試体を破壊に至らした原因のひとつと考えられる。このことから、鉄筋応力度はいわゆるモーメントシフトを考慮して算定することが必要であると思われる。

(3) 付着応力度分布： なお、重ね継手部の理論解析は、応力伝達機構を単純にモデル化することにより、連立微分方程式による解法及びバネ系有限要素法によって行った。図-3に付着応力度分布の理論値と実験値を示す。理論値の曲線は、重ね継手部の付着応力度分布が対称形でなく、細径鉄筋側の端部の方が大きな値を示しており、実験結果とも一致している。

以上の実験によって、異種径重ね継手が部材のせん断耐力を低下させる原因としては、細径側の継手端部の鉄筋応力度が大きくなって曲げひび割れが発達し、これが腹部で斜めひび割れに成長してせん断耐力に悪影響を及ぼすことに依ることが明らかとなった。鉄筋の引張部定着も切断部で同様な挙動を示すことが確かめられた。これに対しては、モーメントシフトを考慮して継手位置を定めること、及び腹部のせん断応力を $\frac{1}{3} \tau_{ai}$ 以下におさえるか、あるいは計算上から必要とされる以上のスターループを配置することが必要と思われる。

本実験に御協力下さった都立大学、富田嘉雄助手をはじめとする職員、学生の方々、供試体製作でお世話になった川田工業(株)の方々に厚く御礼を申し上げます。

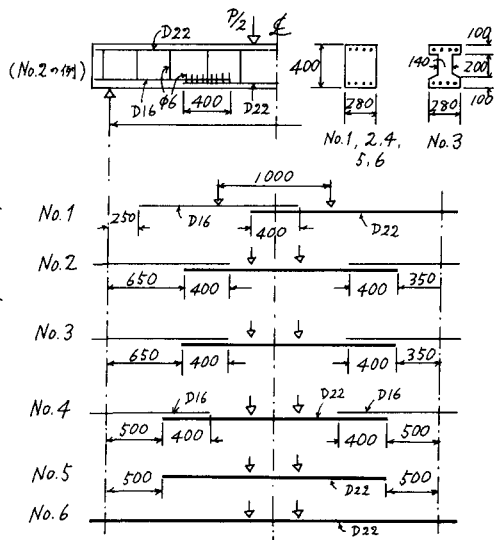


図-1 供試体の形状と各配筋状態(重ね継手は鉄筋4本中4本、引張部定着は4本中2本)

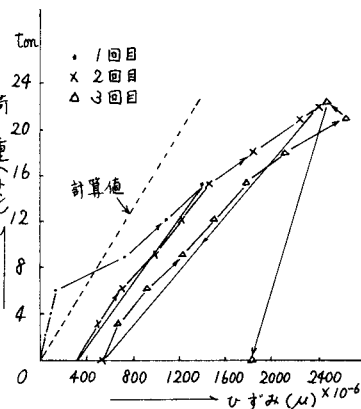


図-2 細径側重ね継手端部における鉄筋のひずみの測定結果(供試体No.3)

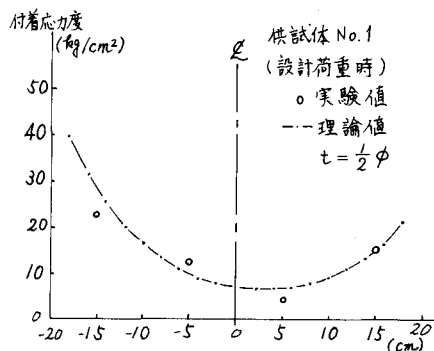


図-3 異種径重ね継手部における細径側の付着応力度分布($\phi 16 \cdot \phi 22$ の接続)