

## 論文 NC 継手の力学的挙動について

泉 満明\*1・高棹紘一\*2・浜岡弘二\*3・杉山哲也\*3

要旨：重ね継手の一種であるNC (Noncontact Lap Splices) 継手の挙動を調べるために、純引張および曲げ供試体による実験を行い、鉄筋の降伏強度において、鉄筋の重ね長が鉄筋径の30~40倍以上では通常のお重ね継手あるいは継手のない供試体と挙動の差異はなく、軸方向鉄筋の中心間隔はこの実験の範囲では継手の挙動に影響を与えないことが明らかとなった。さらに、NC継手の挙動の解析に圧縮場理論を適用し、軸方向鉄筋と横方向鉄筋応力の関連について検討を加えた。

キーワード：重ね継手、NC継手、軸方向鉄筋中心間隔、圧縮場理論

## 1. はじめに

NC継手は、重ね継手の一種であるが、従来の重ね継手と異なり鉄筋の結束を行わず鉄筋の間を離して、その間のコンクリートおよび横方向鉄筋の作用により軸方向鉄筋間の力の伝達を行なう鉄筋継手である。この継手は、プレキャストコンクリート部材間の鉄筋継手、プレハブ鉄筋の継手等に容易に適用できるものである。

鉄筋とコンクリートの力の伝達で最も重要なことは、端部における鉄筋の定着であり、重ね継手も定着の一種である。定着作用は異形鉄筋ではその表面上の突起によつて付着性がよく、一般にフックを付ける必要がないとされているが、十分な定着長をとらなければならない。定着長の具体的な長さは、鉄筋が配置されている応力場の応力パターン、定着端等によつて影響され、さらに、逐次破壊も考慮に入れなければならないので、現時点では最終的には実験によつて求めることになる。

土木学会の標準示方書では、Orangun等の曲げ引張り場で行なわれた多数の定着実験を整理して提案された式を検討し、鉄筋定着長の算定式を規定している。

鉄筋の定着を確保するためには、鉄筋の引張り力により生じる横方向力(割裂力)をコンクリートあるいは横方向鉄筋が負担するので、ひび割れ発生後では横方向鉄筋量の算定は重要となる。しかし、土木学会で規定された式により横方向鉄筋量を算定するには一般的に無理がある。

通常のお重ね継手とNC継手の供試体の破壊時のひび割れ発生状況は相当に異なり、図-1にNC継手が引張り力を受けた場合のひび割れパターンをしめした。図からNC継手の鉄筋間の力の伝達を行なうために、コンクリートに斜め圧縮力を、横方向引張り力を横方向鉄筋に分担させる図-2に示す力の伝達機構が想定できる。このことからNC継手においては横方向を拘束する鉄筋の役割は重要である。したがつて、その鉄筋量の合理的な算定法が必要であり、実験結果と比較しながらこれについて検討をくわえる。

\*1 名城大学理工学部土木工学科 工博(正会員)

\*2 (株)日本ピーエス技術部長 (正会員)

\*3 (株)日本ピーエス技術部

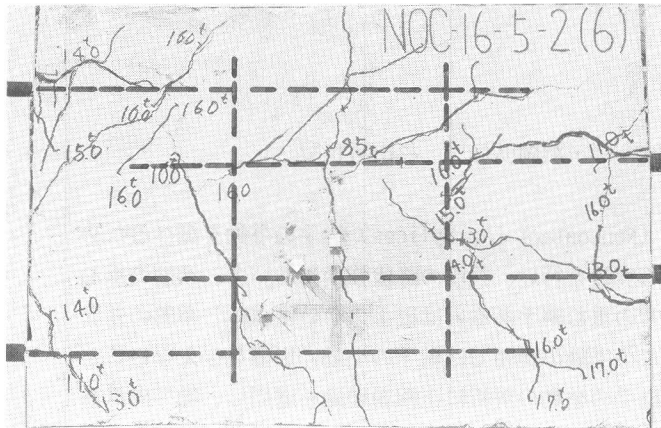


図-1 NC継手供試体のひび割れ状況

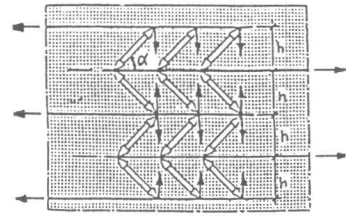


図-2 NC継手の力の伝達機構

## 2. 圧縮場理論と算定式の誘導

ひび割れ発生後のNC継手の挙動を調べるために、引張供試体のひび割れ状況から図-3に示す様な圧縮場理論 (Compression Field Theory) の力学モデルを仮定する。

図-3に示す力学的モデルの要素AおよびBの力のつり合いから、

$$\left. \begin{aligned} \tau &= f_d t_d \sin \alpha \cos \alpha \\ A_l f_l &= f_d t_d \cos^2 \alpha \cdot h \\ A_h f_h &= f_d t_d \sin^2 \alpha \cdot s \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\tau$  : 単位長当り剪断力

$f_d$  : コンクリート斜材の圧縮応力度

$t_d$  : コンクリート部材の厚さ

$\alpha$  : ひび割れ角度( $^\circ$ )

$A_l$  : 軸方向鉄筋の断面積

$f_l$  : 軸方向鉄筋の応力度

$h$  : 軸方向鉄筋の間隔

$A_h$  : 横方向鉄筋の断面積

$f_h$  : 横方向鉄筋の応力度

$s$  : 横方向鉄筋の間隔

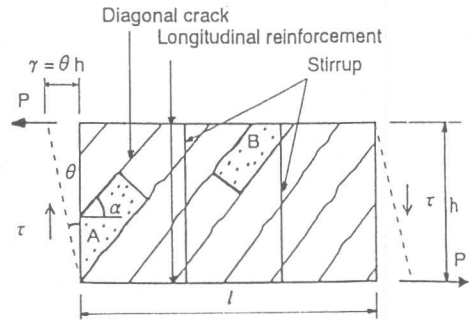


図-3 NC継手の力学的モデル

となる。さらに、 $\partial \theta / \partial \alpha = 0$  の条件で、

$$\tan^2 \alpha = \frac{\epsilon_d + \epsilon_l}{\epsilon_d + \epsilon_h} \quad (2)$$

ここで、 $\epsilon_l$  : 軸方向鉄筋のひずみ

$\epsilon_h$  : 横方向鉄筋のひずみ

$\epsilon_d$  : コンクリートの斜めひずみ

となり、式(2)で求めた $\alpha$ を式(1)に代入して、図-3のモデルを解くことができる。

### 3. 実験結果の検討

NC継手の挙動を実験的に調べるために、図-4、7に示す純引張りおよび曲げ供試体を作成し、載荷実験をおこなった。

供試体は以下の条件を設定して作成した。

- 1) コンクリート強度 (29.4 MPa)一定。
- 2) 異形鉄筋の使用と軸、横方向鉄筋の組合  
(軸方向鉄筋D25と横方向鉄筋D16,  
10、軸方向鉄筋D16とD13, D6)
- 3) 重ね継手長は鉄筋径( $\Phi$ )の1.5~4.0倍
- 4) 鉄筋間隔 (1~5 $\Phi$ )
- 5) 横方向鉄筋の有無
- 6) 静的および繰返し載荷

測定項目は、鉄筋およびコンクリートの歪、ひび割れ、終局荷重および鉄筋の抜き出し量、曲げ試験の場合には、部材の変位の測定もおこなった。

#### 3-1 純引張実験

純引張実験により測定した軸方向(定着長3.0 $\Phi$ )と横方向鉄筋の応力度の関連を理論値と比較したものを図-5に示す。図より明らかな様に、実験値A, A'と理論値B, B'との差は大きい。図-3に示すモデルと同一の力のつり合い状態となるとして、定数K, K'をB, B'に考慮し、C, C'とすると、圧縮場理論による軸方向と横方向鉄筋間の応力度の変化の関係と実験値との差は少なくなる。ここで、K, K'は鉄筋コンクリート部材の横方向引張強度に関連するものと推定できる。横方向鉄筋のないものは、ひび割れと同時に破壊が生じる。

図-6には、定着長3.0 $\Phi$ として、軸方向間隔を変化させた場合のNC継手の終局強度を示したものである。この実験の範囲では、図からNC継手の終局強度に軸方向鉄筋の間隔、横方向鉄筋量の変化が与える影響は少ないと推定される。

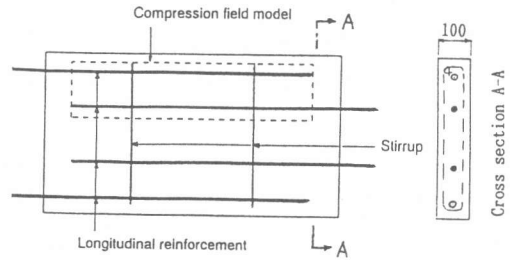


図-4 純引張供試体

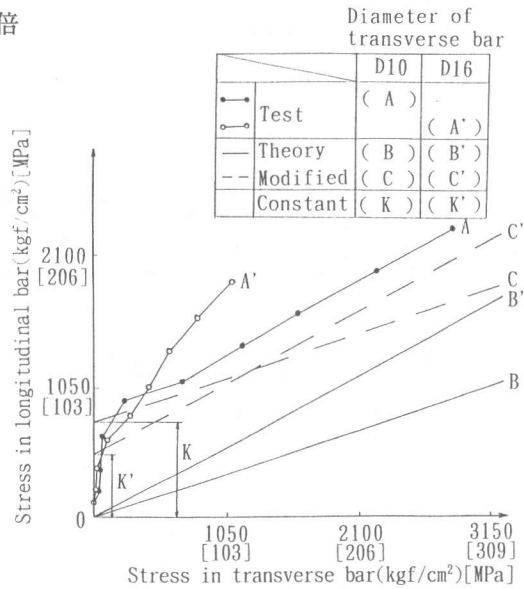


図-5 軸方向鉄筋 (D25, 間隔5 $\Phi$ ) と横方向鉄筋応力度の関連

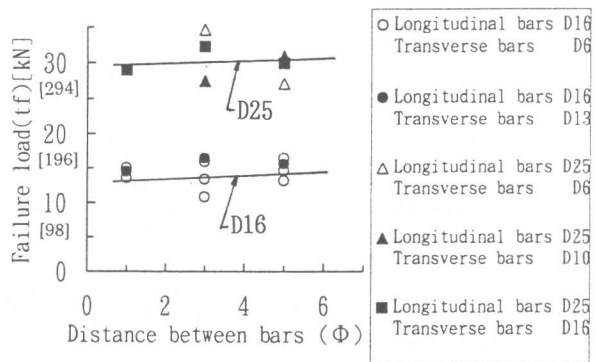


図-6 NC継手の終局強度と軸方向鉄筋間隔、横方向鉄筋量の関連

### 3. 2 曲げ実験

供試体は表-1に示すもので、各1~2体とした。図-7に曲げ供試体を示す。載荷は図-7に示すように2点載荷で静的および6回の繰返とした。

表-1 曲げ供試体一覧

Specimen	B-1-1	B-2-1	B-2-2	B-3-1	B-3-2	B-4-2
Joint	—	NC				
Lap length	—	30φ		20φ		15φ
Stirrup in NC	—	—	D6	—	D6	

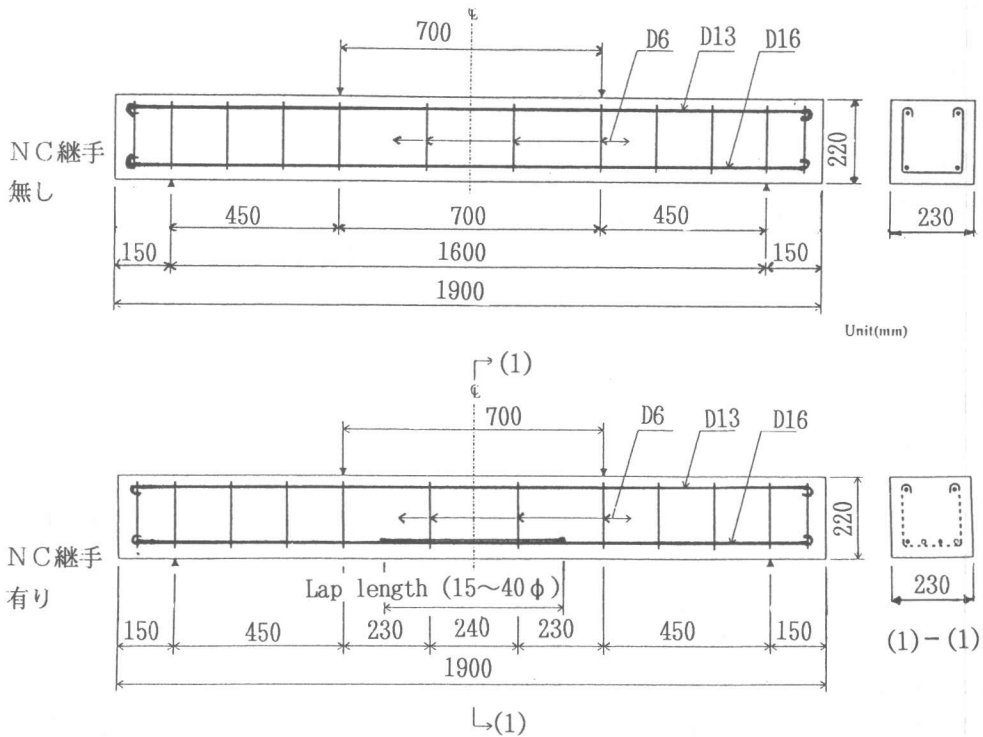


図-7 曲げ供試体

表-2 曲げ実験結果と算定値の比較

Specimen	B-1-1	B-2-1	B-2-2	B-3-1	B-3-2	B-4-2	
	Joint	—	NC				
Failure moment	Exp'	270[2646]	281[2756]	295[2889]	236[2315]	279[2734]	232[2271]
	The'	232[2271]					
	E/T	1.17	1.21	1.27	1.02	1.20	1.00

tf·cm[kN·cm]

ひび割れモーメントの値はばらついている。しかし、表-2から、破壊モーメントの値はNC継手を有するものは、継手の無いB-1-1と比較して重ね長さ15~20φのものは強度が低く、30φ以上となると継手の無い場合と同等以上の強度が発揮できることが明らかであり、継手区間に横方向鉄筋を有する供試体は無いものに比較して6~18%の強度の増加が認められた。

図-8には、スパンセンターにおける鉄筋の応力度と载荷荷重の関連を示した。図よりNC継手の鉄筋応力度は、継手の無いものの約50%となつている。このことは継手の重ね区間では、鉄筋量が2倍となつていることから説明できる。

重ね継手長さ40φのNC継手内における軸方向鉄筋応力度の分布と荷重の関連を図-9に示した。この図より明らかな様に継手内の応力は、終局時においても定着端においては大きな値となつていない。しかし、重ね長が短くなるにしたがつて、引張端と定着端との応力度の差は少なくなつてくる。

図-10には、载荷荷重が9tf(88.2kN)および6回の繰返し载荷後の同一荷重における供試体の変形を示したものである。図より継手の無いものと40φの重ね長さの供試体の差は少ない、しかし、その他においては変形が増大する。

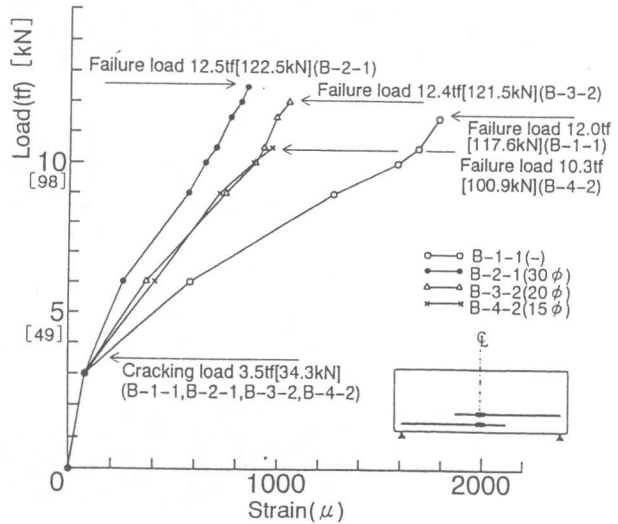


図-8 スパンセンターにおける鉄筋歪みと荷重

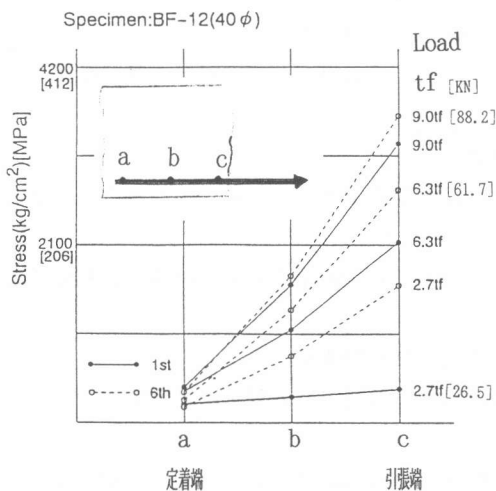


図-9 NC継手内の鉄筋の応力度分布(平均値)

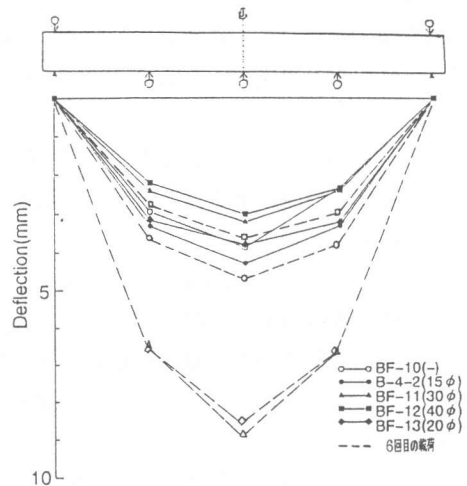


図-10 荷重と供試体の変位

図-11に曲げ供試体の側面のひび割れ状況を示した。底面には、通常の引張りひび割れの他に継手区間には軸方向鉄筋に沿ったひび割れも発生している。

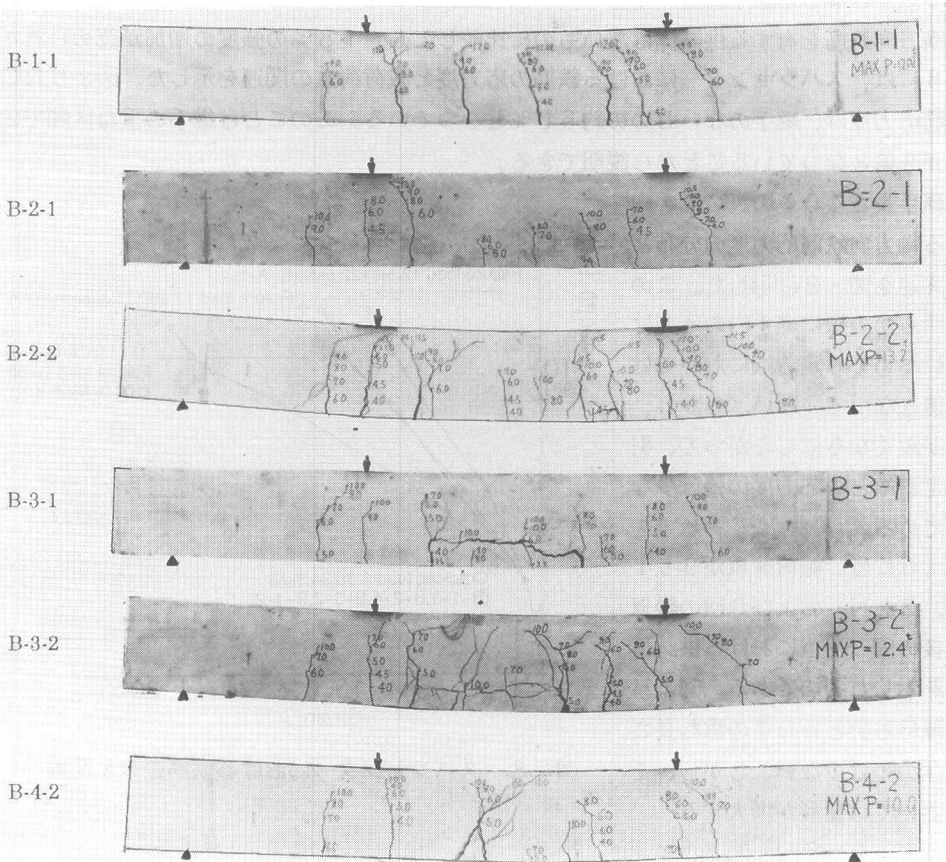


図-11 曲げ供試体のひび割れ発生状況

#### 4. むすび

この実験的研究から、現時点において以下のことが明らかとなった。

- (1) 純引張りの場合、重ね長さ30Φ以上では、通常のお重ね継手とNC継手の間に挙動の差異はない。
- (2) NC継手の区間に、横方向鉄筋の配置が必要である。
- (3) 圧縮場理論によるNC継手の挙動の解析は可能と推定できる。しかし、今後の研究が必要である。
- (4) 曲げの場合、静的荷重では、重ね長さ30Φのものと、継手の無い供試体との間の挙動の差異は認められない。
- (5) 繰返荷重の場合、重ね長さは40Φ程度が必要と推定できる。
- (6) NC継手の終局強度に対して、軸方向鉄筋間隔および横方向鉄筋量の影響は少ない。

#### 参考文献

- 1) V.E.Sagan, et al., "Behavior and Design of Noncontact Lap Splice Subject to Repeated Inelastic Tensile Loading" ACI Structural Journal, Vol.88, No5, pp420-431, July /Aug 1991