

**投稿論文 (和文)**  
**PAPERS**

# 太径鉄筋 D 64 を用いる鉄筋コンクリート部材のひびわれ制御方法に関する研究

山田 紘\*・小山清一\*\*・鈴木昭信\*\*\*  
辻 幸和\*\*\*\*・池田尚治\*\*\*\*\*

JIS G 3112 に規格された D51 よりさらに太径の太径ネジフシ異形鉄筋 D64 を引張主鉄筋として用い、コンクリート表面側にひびわれ制御鉄筋として D29 を配置した RC 梁の曲げ試験を行った。ひびわれ制御鉄筋の効果は大きく、主鉄筋の引張応力度が 1800 kgf/cm<sup>2</sup> の時、ひびわれ制御鉄筋を配置しない試験体に比べ、梁底面のひびわれ本数は 1.6~1.8 倍に増加し、最大ひびわれ幅は約 40% に減少した。最大ひびわれ幅はひびわれ制御鉄筋のみを対象としてコンクリート標準示方書の計算式が適用可能である。

**Key Words:** large-size deformed bar, maximum crack width, crack control, crack control reinforcement

## 1. まえがき

大型鉄筋コンクリート構造物の過密配筋を解消し、設計施工上の合理化をはかるために、著者らは D51 よりさらに太径の鉄筋として、ASTM<sup>1)</sup> の規格にある #18 (D57) に加えて、世界でも始めてと思われる #20 に相当する D64 を太径鉄筋として開発してきた<sup>2)~4)</sup>。

1992年1月には、土木学会より「太径ねじふし鉄筋 D57 および D64 を用いる鉄筋コンクリート構造物の設計施工指針 (案)」<sup>5)</sup> が発刊されている。

D64 の引張応力度が許容応力度<sup>6)</sup> である 1800 kgf/cm<sup>2</sup> の部材の最大ひびわれ幅はかぶりを考慮すれば耐久性上は一般的に許容値以内となる<sup>7)</sup> が、水密性や美観を考慮する必要がある場合には設計者が設定した許容値をこえる可能性がある。

第一著者は、D64 を用いた部材のひびわれ制御の一方方法として、D64 の厚いかぶり部に鉄筋格子を配置し、ひびわれ分散を期待する工法を考え、その効果を確認するための梁の実験を行った。その結果、ひびわれ制御鉄筋 (鉄筋格子) の使用がひびわれ制御に有効であり、D64 の引張応力度が 2000 kgf/cm<sup>2</sup> の時、鉄筋格子を配置しない試験体に比べ、梁側面の鉄筋格子位置におけるひびわれ本数は 1.4~2.7 倍に増加し、梁底面の最大ひびわれ幅は 41~66% に減少することが確認された<sup>8)</sup>。しかし、本工法では、鉄筋格子配筋後の太径鉄筋の配筋作業が煩雑になるという施工上の問題が残されている。

以上の観点から、太径鉄筋を用いる場合は一般に多段配筋となることを考慮し、第 5 著者の提案にもとづきコンクリート表面側の最外縁の鉄筋のみに通常径の鉄筋を配置し、この鉄筋にひびわれ制御を期待する方法を検討することとした。

本稿では、太径鉄筋 D64 とひびわれ制御鉄筋としてコンクリート表面側に D29 を配置した RC 梁の曲げひびわれ性状を検討するために実施した小型縮尺試験と大型試験の結果について報告し、これらの結果から太径鉄筋 D64 を用いる場合のひびわれ制御方法について述べるものである。

## 2. 小型縮尺試験

小型縮尺試験は、実大規模の試験を行うに際しての必要な情報を得るために行った試験であって、第 5 著者が実施したものである<sup>9)</sup>。

### (1) 実験方法

#### a) 実験計画および試験体

試験体の種類を表-1 に示す。実験変数として、主鉄筋の配筋方法のみを考えている。試験体は大型試験体の 1/3 程度のモデルを考え、太径鉄筋に相当する主鉄筋として D22 を用いた。

試験体は 3 種類で、No.1 試験体は主鉄筋として D22 を 3 本配置した基準試験体、No.2 試験体は基準試験体の主鉄筋断面積の約 1/3 を細径鉄筋 (D22 に対し、約 1/2 の径) で置き換え、コンクリートの表面側に配置した試験体、No.3 試験体は細径鉄筋のみを 3 段で配置した試験体である。なお、これらの試験体の純曲げ区間にはスターラップをまったく配置していないが、No.2 試験体と同じ断面で純曲げ区間にスターラップを配置した試験体 (No.4) の実験も行った。これらの試験体はいずれも主鉄筋比、主鉄筋の図心位置がほぼ同じであり、配筋方法

\* 正会員 ㈱神戸製鋼所スラグ・建材部主幹  
(〒651 神戸市中央区脇浜町 1 丁目 3-18)

\*\* 正会員 住友金属工業㈱建設技術部課長

\*\*\* 正会員 新日本製鐵㈱東北支店部長代理

\*\*\*\* 正会員 工博 群馬大学教授 工学部建設工学科

\*\*\*\*\* 正会員 工博 横浜国立大学教授工学部建設工学科

表-1 試験体の種類 (小型試験体)

試験体	幅 (cm)	スパン (cm)	高さ (cm)	有効高さ (cm)	せん断スパン比	主鉄筋		
						主鉄筋量	断面積の和 (cm <sup>2</sup> )	鉄筋比 (%)
No. 1	30	210	30	26.0	2.88	3-D22	11.61 (1.00)	1.49
No. 2				2-D22		12.02 (1.04)	1.54	
No. 4				6-D10		12.84 (1.11)	1.65	
No. 3				26.0		18-D10	12.84 (1.11)	1.65

[注] No. 4 試験体のみ、純曲げスパンにスターラップを配置した。

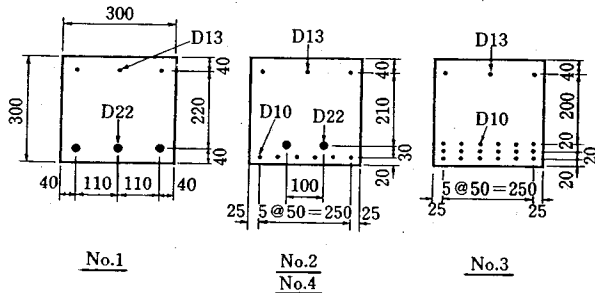


図-1 試験体断面

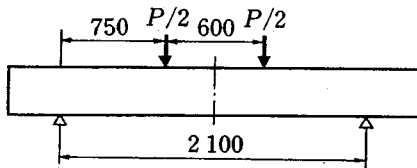


図-2 試験体の荷重方法

の相違によるひびわれ幅への影響が直接比較できるようにしたものである。

b) 試験体の形状

試験体の断面・寸法を図-1に示す。形状・寸法は、4種類の試験体で一定で、主鉄筋の配筋、純曲げ区間のスターラップの有無のみ異っている。

使用したコンクリートは粗骨材の最大寸法20mmの普通コンクリートで、コンクリート打設後、試験体は室内で湿布養生後、材令約1ヶ月で載荷試験を実施した。圧縮強度は載荷時材令で 351kgf/cm<sup>2</sup>であった。

使用したD10はSD295、D22はSD345で、降伏点はそれぞれ3,580 kgf/cm<sup>2</sup>、4,180 kgf/cm<sup>2</sup>であった。

c) 載荷方法および測定方法

載荷方法は図-2に示すように中央2点对称集中荷重とし、主鉄筋圆心位置における引張応力度が2000kgf/cm<sup>2</sup>および降伏応力度の時にそれぞれ一度除荷し、その後支間中央のたわみが約2cmとなるまで載荷した。

ひびわれ幅の測定は光学的ひびわれ計で行い、ひびわ

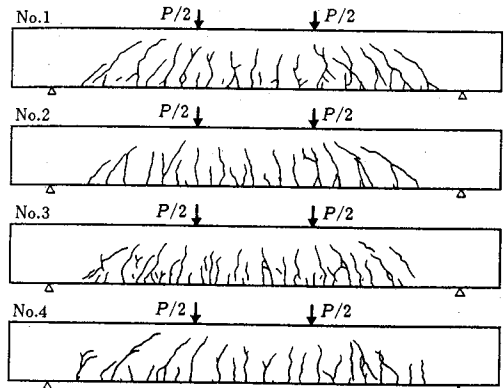


図-3 側面のひびわれ分布 (降伏荷重時)

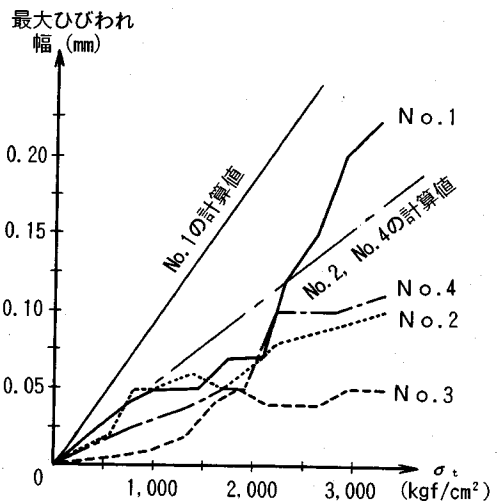


図-4 最大ひびわれ幅-鉄筋の引張応力度曲線

れ制御鉄筋の位置に着目し、試験体側面の下面から2cmの位置の最大ひびわれ幅を記録した。

(2) 実験結果と考察

図-3に各試験体側面の降伏荷重時のひびわれ分布を示す。曲げスパン内のひびわれ本数は、No.1~4試験体でそれぞれ6本、8本、10本、6本となっており、No.4試験体を除けばNo.1、No.2、No.3試験体の順にひびわれ本数が増加している。

図-4に側面位置における最大ひびわれ幅と引張鉄筋応力度 $\sigma_t$  (主鉄筋圆心位置における計算値)との関係を示す。最大ひびわれ幅は、測定したひびわれのうちの最大の値とした。図中の計算値はコンクリート標準示方書の式(1) (後述)により求めた。ただし、No.2、No.4試験体については、D10のみを対象(3.(2)e)で後述)として求めた。 $\sigma_t$ が使用限界状態と考えられる

表-2 試験体の種類 (大型試験体)

試験体	幅 (cm)	スパン (cm)	高さ (cm)	有効高さ (cm)	せん断 スパン 比	主 鉄 筋		
						主鉄筋量	断面積の 和 (cm <sup>2</sup> )	鉄筋比 (%)
A	72	800	130	117.0	2.31	3-D64	95.01 (1.00)	1.13
2-D64 5-D29						95.46 (1.01)		
B				116.2	2.32	3-D64 5-D29	127.13 (1.34)	1.52

表-4 鉄筋の機械的性質

鉄筋径	公称断面積 (cm <sup>2</sup> )	降伏点 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	ヤング係数 (×10 <sup>4</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )
D19	2.865	3770	5830	19.0	1.93
D29	6.424	3950	5645	32.4	1.93
D38	11.40	4100	5710	28.7	1.94
D64	31.67	4130	5975	29.7	1.98

(注) 1)降伏点, ヤング係数は, 変位計 (検長区間: 200mm) により計測した  
応力-ひずみ曲線から求めた。  
2)それぞれの値は 3本の平均値を示す。

表-3 D64の形状・寸法・重量

単位重量 (kgf/m)	公称 直径 (mm)	公 称 断面積 (cm <sup>2</sup> )	公称 周長 (cm)	ふしの 間隔P (mm)	ふしの 高さh (mm)	ふしの隙間 の和 2B 最大値 (mm)	外形寸法 (mm)	
							D <sub>o</sub>	D <sub>r</sub>
24.9	63.5	31.67	20.0	19.0	3.2~6.4	22.0	60.9	71.5

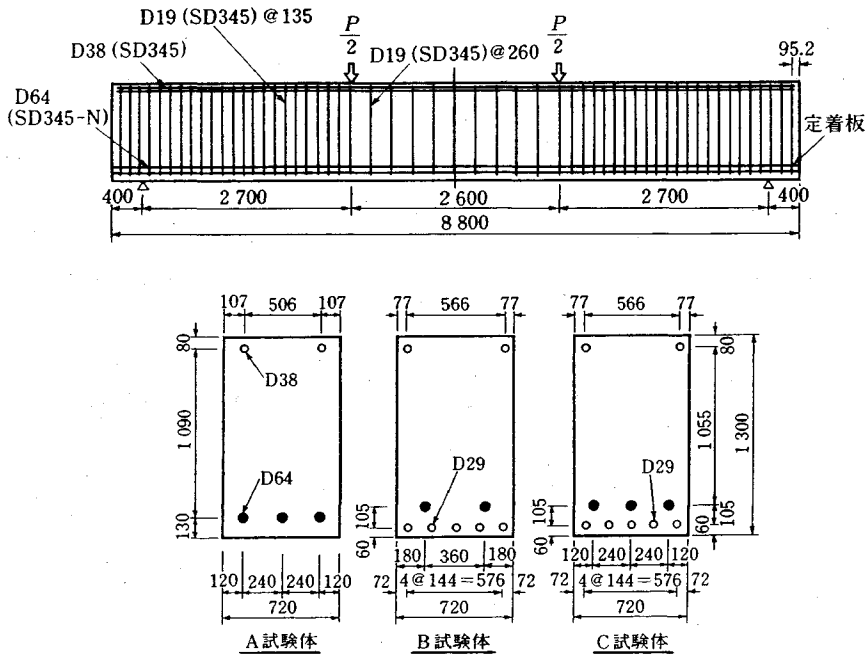
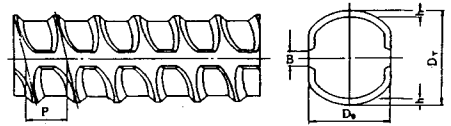


図-5 試験体の形状・寸法

2000kgf/cm<sup>2</sup>以内の場合, D10のみのNo.3試験体のひびわれ幅がもっとも小さく, No.4, No.2, No.1の順に大きくなっていく。σ<sub>c</sub>が約2000kgf/cm<sup>2</sup>に達すると, No.1~2, No.4はほぼ同じひびわれ幅であるが, No.3のみ小さく0.05mm程度にすぎない。σ<sub>c</sub>が2000kgf/cm<sup>2</sup>を超えると, D22のみ使用したNo.1はひびわれ幅が急増するが, その

他の試験体ではほぼ安定した増加傾向を示す。最大ひびわれ幅は, No.1, No.4, No.2, No.3試験体の順に減少し, ひびわれ本数と逆比例の関係になっている。

以上より, ひびわれ制御のためには, D10 (細径鉄筋) のみの場合がもっとも好ましく, D22 (太径鉄筋) のみの場合がもっとも好ましくないと言える。また, 太径鉄

表-5 コンクリートの配合

設計基準 強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント 比 (%)	細骨 材率 (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
300	20	46	42.1	158	344	756	1071	0.860

[注] 混和剤：A E 減水剤

表-6 コンクリート材料試験結果

試験体	圧縮強度	引張強度	ヤング係数
	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	×10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup>
A	398	31.7	2.84
B	404	33.5	3.05
C	424	34.8	3.00

[注] 1) 6本の平均値を示す。  
2) 試験片の寸法はすべてφ10×20cm。

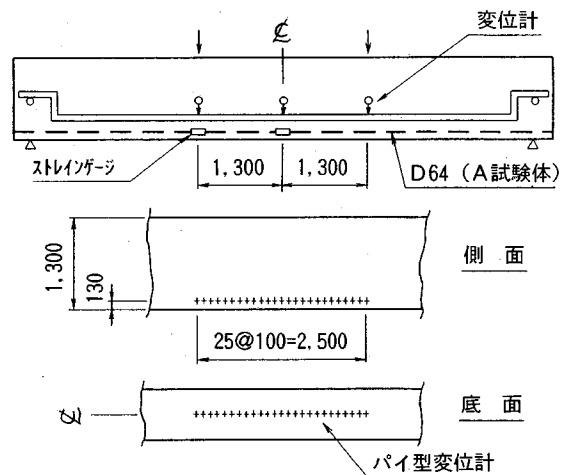


図-6 測定方法

筋の約1/3の量を細径鉄筋で置きかえる方法はひびわれ性能改善に有効であることが判明した。

### 3. 大型試験

小型縮尺試験の結果、ひびわれ幅の制御方法として、主鉄筋量の1/3程度を主鉄筋の1/2程度の径の鉄筋(以下、ひびわれ制御鉄筋と呼ぶ)を用いて、コンクリート表面側に配置する方法が有効であることが明らかとなった。

第2ステップとして、D64とひびわれ制御鉄筋D29を併用した実大規模のRC梁の曲げ試験を実施した。

なお、基本計画は第5著者が立案し、実施は第2著者の所属する部門の施設を用いて行った。

#### (1) 実験方法

##### a) 実験計画および試験体

試験体の種類を表-2に示す。実験変数として、主鉄筋の配筋方法のみを考えている。

試験体は3種類で、A試験体は主鉄筋としてD64を3本配置した基準試験体、B試験体は基準試験体の主鉄筋断面積の1/3をひびわれ制御鉄筋で置き換え、C試験体は基準試験体の主鉄筋断面積の1/3を追加し、それぞれコンクリートの表面側に配置した試験体である。A試験体とB試験体については主鉄筋の図心位置を一致させたほか、C試験体の梁高さ方向の鉄筋位置はB試験体に合わせた。

##### b) 試験体の形状

試験体の形状・寸法を図-5に示す。形状・寸法は3種類の試験体とも一定で、主鉄筋の配筋のみ異っている。全試験体の高さおよび基準(A)試験体のD64のかぶり

は既に報告した実験<sup>7)・8)</sup>と同一の値である。

使用したD64はSD345-N<sup>10)</sup>で形状・寸法を表-3に、機械的性質をひびわれ制御鉄筋D29等を含めて表-4にそれぞれ示す。

使用したコンクリートの配合を表-5に、試験時材令における強度試験結果(現場養生)を表-6に示す。

##### c) 載荷方法

載荷方法は図-5に示すように、中央2点対称集中荷重とした。載荷順序は、最初はひびわれ性状を調査するために、主鉄筋図心位置での鉄筋応力度σ<sub>c</sub>が1800kgf/cm<sup>2</sup>に達する荷重(以下、設計荷重と呼ぶ)まで一方向に3サイクル繰返した後、破壊にいたるまで単調載荷した。

##### d) 測定項目

###### ① ひびわれ性状

ひびわれ分布については目視で観察した状況をスケッチした。純曲げ区間(2500mm)に生じた曲げひびわれ幅については、試験体の側面(主鉄筋図心位置)および底面(中心線上)に10cmピッチに取りつけたパイ型変位計(精度:1/1000mm)により測定した(図-6参照)。

###### ② 鉄筋のひずみ

純曲げ区間のD64およびD29の応力を測定するために、ワイヤストレーンゲージ(鉄筋の両側リブ位置に対称位置に)を貼布した(図-6参照)。

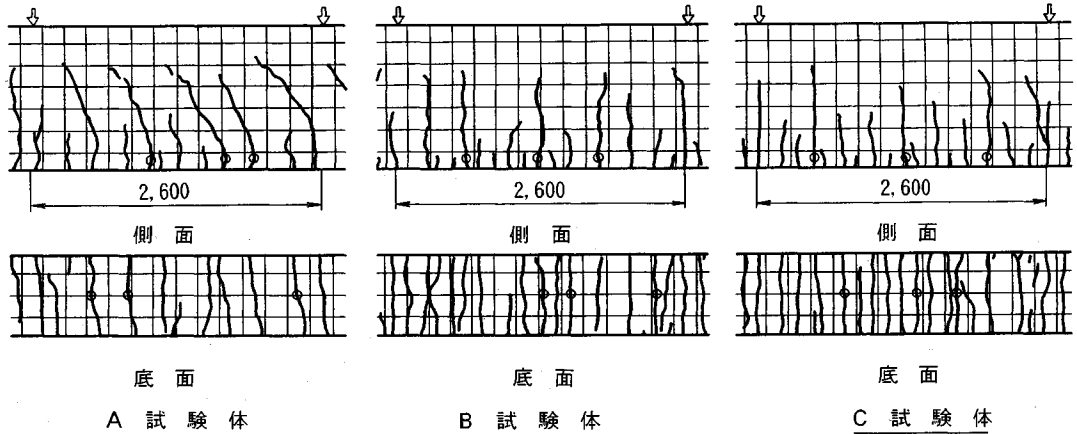
###### ③ たわみ

曲げスパンの鉛直たわみは、左右端の支点に支えられたフレームに変位計を取付けることによって測定した(図-6参照)。

#### (2) 実験結果と考察

##### a) ひびわれ性状

設計荷重時の曲げスパン側面と底面のひびわれ分布を図-7に、ひびわれ本数を表-7に示す。図中、コンク



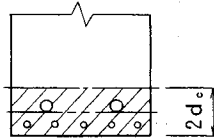
○印：最大ひびわれ幅測定位置（3本）

図-7 設計荷重時における側面と底面のひびわれ分布（N=1サイクル）

表-7 純曲げ区間のひびわれ本数（設計荷重時）

試験体	底面 パイ型 変位計	側 面		
		最下縁	鉄筋図心位置	2d.より上部
		目視	パイ型変位計	目視
A	10	11	11	8
B	16	15	10	9
C	18	16	13	10

[注] d. はコンクリート底面から鉄筋図心位置までの距離。



リート底面とそれにもっとも近い横線との間隔は15cmである。

ひびわれ制御鉄筋が配置されている試験体（B, C）はないA試験体に比べ、ひびわれ分散が良好となり、ひびわれ本数は、側面最下縁位置で約1.4倍に増加している。しかし、ひびわれはあまり伸展せず、鉄筋図心位置（側面ひびわれ幅測定位置）の直前で止まっているひびわれがB試験体で5本、C試験体で3本ある（表-7で鉄筋図心位置と最下縁とのひびわれ本数の差から計算）。全般的に、コンクリート底面から主鉄筋図心位置までの距離をd.とすれば2d.ぐらいの位置までにとどまっているものが多い。コンクリート底面より2d.以上伸展したひびわれ本数のみを比較すると、すべての試験体ではほぼ一定の8~10本となっている。

換言すれば、ひびわれ制御鉄筋の側面ひびわれに与える分散効果は、最大、コンクリート底面より約2d.の範囲まで、最小、コンクリート底面よりひびわれ制御鉄筋と重心が一致するコンクリート部分（底面より12cmの位置）までと言える。この現象は、ひびわれ制御鉄筋として鉄筋格子（D10, D13）をD64のかぶり部に配置した実験<sup>8)</sup>と同様である。

なお、図-7でA試験体の側面ひびわれのみが上部で左側に傾いているのは、左右の支点のスパン直角方向の水平度が不完全であったため、試験体に少しねじりモーメントが作用したためである。

b) ひびわれ荷重, 降伏荷重, 最大荷重

ひびわれ発生荷重, 降伏荷重, 最大荷重は表-8に示すごとく、すべての試験体において計算値とよく一致した。なお、表-8に示すひびわれ発生荷重は、目視による値であるが、パイ型変位計の値から判定する（伸び量が急増して0.03mm以上になる時をひびわれ発生と定義）と、全試験体とも $\sigma_c = 600 \sim 800 \text{ kg/cm}^2$ で底面および側面同時にひびわれが発生している。

c) 荷重-変形関係

図-8に、各試験体の荷重-変形関係を示す。D64のみのA試験体とこれとほぼ同一の主鉄筋量でD64とひびわれ制御鉄筋D29を併用したB試験体はほぼ同様の曲線となっている。

d) ひびわれ幅と引張鉄筋応力度 $\sigma_s$ の関係

側面および底面において、それぞれもっとも大きい3本のひびわれ幅（図-7における○印）をとり出し、それらを平均したひびわれ幅と $\sigma_s$ の関係を図-9および図-10に示す。

側面のひびわれ幅は、試験体の種類の影響は少ない。

表-8 試験結果一覧

試験体	ひびわれ発生荷重		降 伏 荷 重			最 大 荷 重			
	実験値 <sup>1)</sup>	計算値 <sup>2)</sup>	実験値 <sup>3)</sup>	実験値 <sup>4)</sup>	計算値 <sup>4)</sup>	実験値	計算値 <sup>5)</sup>	実験値	
	(tf)	(tf)	計算値	(tf)	(tf)	計算値	(tf)	(tf)	計算値
A	57.7	53.9	1.07	315.3	305.4	1.03	332.3	316.0	1.05
B	58.3	54.4	1.07	313.6	301.7	1.04	334.0	313.4	1.07
C	56.0	55.6	1.01	411.8	396.4	1.04	419.6	407.3	1.03

- (注) 1) 目視により判定。  
 2)  $M_{cr} = 1.8 \times \sqrt{f'_c} \times Z_c$  によるひびわれ発生モーメント  $M_{cr}$  からの計算値。<sup>1)</sup>  
 ( $f'_c$ : コンクリートの圧縮強度,  $Z_c$ : コンクリート梁の断面係数)  
 3) 荷重-たわみ曲線から判定。  
 4) B, C試験体については、2種類の鉄筋の加重平均値を降伏点とし、2種類の鉄筋の図心位置において計算。  
 5) コンクリートの応力-ひずみ曲線として、コンクリート標準示方書<sup>12)</sup> の図3.2.1を用いて計算。

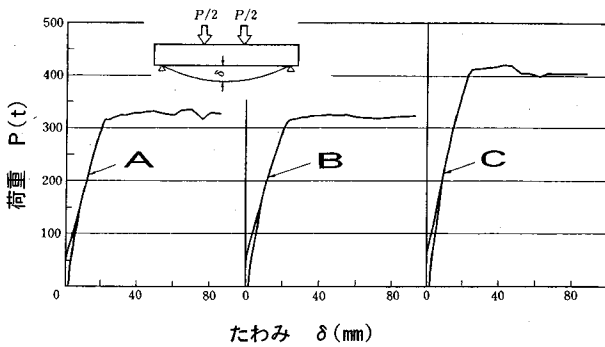


図-8 荷重-たわみ曲線

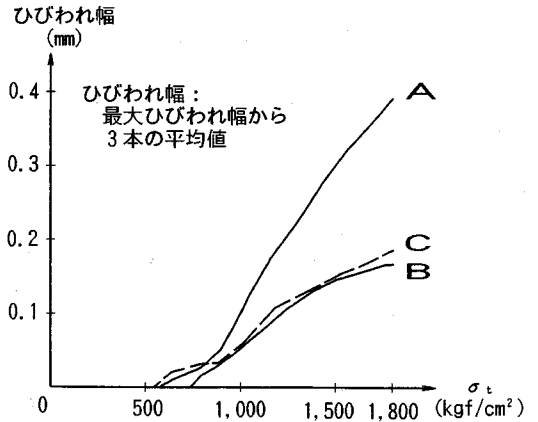


図-10 底面の最大ひびわれ幅-鉄筋の引張応力度曲線 (N=1サイクル)

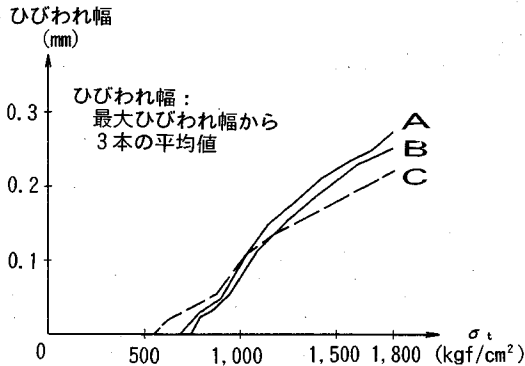


図-9 側面の最大ひびわれ幅-鉄筋の引張応力度曲線 (N=1サイクル)

これは、表-7に示すごとく、3種類の試験体で側面のひびわれ幅測定位置(鉄筋図心位置)におけるひびわれ本数が10~13本と大差ないためである。

底面のひびわれ幅は、A試験体が大きく、B, C試験

体はA試験体の1/2程度にすぎず、ほぼ同じ挙動を示している。これは、表-7に示すごとく、B, C試験体の底面のひびわれ本数がA試験体の1.6~1.8倍と大きく増加しているためである。

以上より、ひびわれ制御鉄筋の効果は底面に顕著に現れることが判明した。これはa)で説明したごとく、ひびわれ制御鉄筋の効果は、側面ひびわれ幅測定位置(底面より13cm)の直前(底面より約12cm)までが顕著と考えられるためである。

e) 設計荷重時におけるひびわれ幅

設計荷重時における純曲げ区間のひびわれ幅の分布を図-11(ひびわれ位置は図-7と対応)に示す。側面(鉄筋図心位置)ではひびわれ本数に大きな差がないため、顕著な差は見られないが、底面ではB, C試験体のひびわれ本数はA試験体の1.6~1.8倍に増加するため、ひ

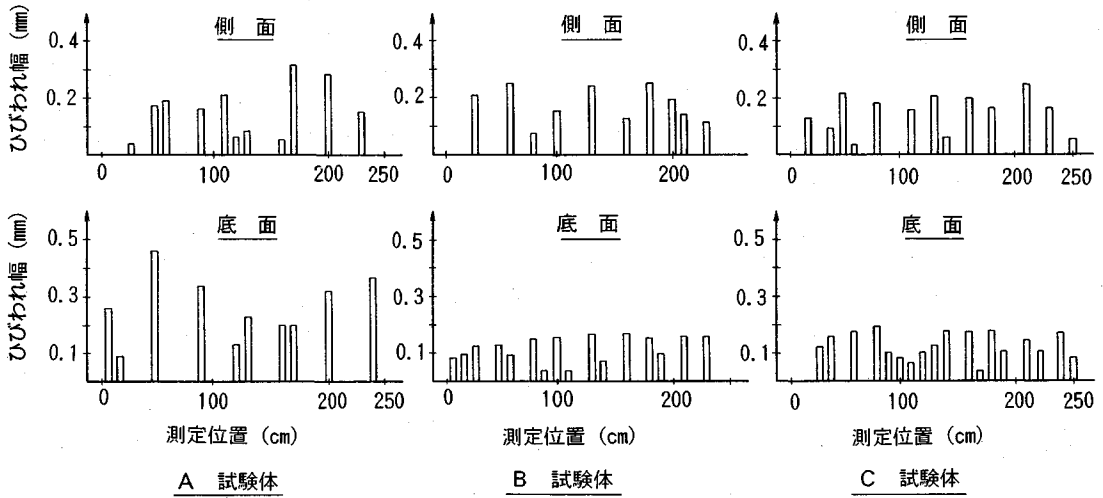


図-11 設計荷重時におけるひびわれ幅の分布 (N = 1 サイクル)

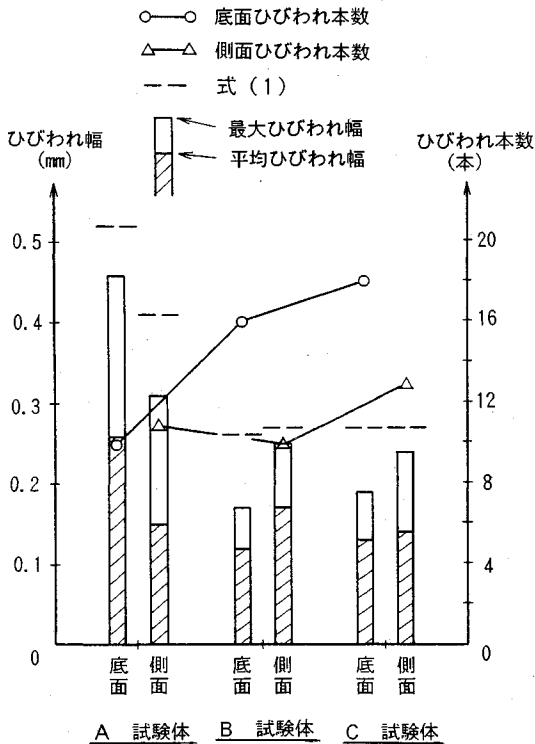


図-12 設計荷重時におけるひびわれ幅の比較 (N = 1 サイクル)

ひびわれ幅がかなり減少している。

図-12にひびわれ幅の比較を示す。A試験体については側面ひびわれ幅が底面ひびわれ幅の約2/3と少なく、その最大ひびわれ幅も0.3 mm程度にすぎない。側面と底

表-9 設計荷重時の最大ひびわれ幅

試験体	面	N = 1 サイクル		N = 2	N = 3
		実験値 (mm)	計算値 <sup>1)</sup> (mm)	実験値 (mm)	実験値 (mm)
A	底面	0.46	0.52	0.88	0.46
	側面	0.31	0.41	0.76	0.34*
B	底面	0.17	0.26	0.65	0.16
	側面	0.25	0.27	0.93	0.26*
C	底面	0.19	0.27	0.70	0.22
	側面	0.24	0.27	0.89	0.25

(注) 1) 式(1)による。かぶり是对象とする面に対する値を使用。  
2) \*は、N = 1 サイクルにおいて最大ひびわれ幅を与えた位置以外のひびわれを示す。

面ではひびわれ本数が10~11本とほとんど変わらないのに、底面の最大ひびわれ幅が大きいのはかぶりが9.8cm (鉄筋径の1.5倍)と大きいためである。B, C試験体については、底面のひびわれ幅より側面のひびわれ幅の方が大きな値となっている。この現象も、ひびわれ制御鉄筋として、鉄筋格子(D10, D13)をD64のかぶり部に配置した実験<sup>8)</sup>と同様である。

最大ひびわれ幅の計算値wは式(1)に示すコンクリート標準示方書の式(7.3.1)<sup>13)</sup>を用いたが、B, C試験体については、ひびわれ制御鉄筋D29のみを対象として計算した。なお、式(1)の元式には主として乾燥収縮の影響を表す項があるが、本試験体の載荷時材令は約42日と若く実験時のひびわれ幅に及ぼす影響はほとんどないため省略した。



$$w = [4C + 0.7(C_s - \phi)] \sigma_{s_e} / E \dots (1)$$

- C : かぶり (cm)
- C<sub>s</sub> : 鉄筋の中心間隔 (cm)
- φ : 鉄筋直径 (cm)
- σ<sub>s<sub>e</sub></sub> : 鉄筋応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- E : 鉄筋のヤング係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)

式(1)の計算値は鉄筋の側面位置における計算値と考えられるため、下記の方法で補正計算した。

A試験体については、底面の計算値はD64側面位置における計算値を中立軸からの距離に比例計算して求めた。一方、B、C試験体については、側面(鉄筋図心位置)および底面の計算値はD29側面位置における計算値をそれぞれ中立軸からの距離に比例計算して求めた。

底面および側面の計算値はいずれの試験体においても安全側の値を与えている。なお、B、C試験体の底面の計算値については実験値との差が大きくなっているが、式(1)の元式である角田式<sup>14)</sup>により底面の値を正確に計算すると(式(1)は角田式を簡略化し、実用的にした式である)、A、B、C試験体でそれぞれ0.50mm、0.22mm、0.22mmとなり、実験値との差は少し小さくなる。

従って、ひびわれ制御鉄筋を併用したRC梁のひびわれ幅の計算においても、ひびわれ制御鉄筋のみを対象に計算すればコンクリート標準示方書の式(1)が適用可能である。換言すれば、梁底部近辺の曲げひびわれ幅はコンクリート最表面部に配置した鉄筋がクラックイニシエーターとしての役割を發揮するため、これらの鉄筋に支配されると言えよう。

設計荷重時の最大ひびわれ幅を表-9に示す。A試験体の底面の最大ひびわれ幅0.46mmはすでに報告した実験結果<sup>7)・8)</sup>と比較するとやや大きな値になっている。この値は、従来から言われている許容値(例えば0.3mm)に比べやや大きな値であるが、かぶりが9.8cm(鉄筋径の1.5倍)と大きいため、耐久性のみに着目すれば、コンクリート標準示方書<sup>15)</sup>の許容ひびわれ幅0.49mm(一般の環境の場合)以下の値となっている。B、C試験体の最大ひびわれ幅はA試験体に比べ、側面の場合77~81%に、底面の場合37~41%に減少している。B、C試験体の底面の最大ひびわれ幅0.17mmおよび0.19mmは、コンクリート標準示方書<sup>15)</sup>の許容ひびわれ幅0.23mm(一般の環境の場合)以下の値となっている。なお、表-9の底面における計算最大ひびわれ幅は、いずれの試験体も許容ひびわれ幅を上まわる値となっているが、測定値は上記のごとく、いずれの試験体も許容ひびわれ幅を下まわっている。

繰返しの影響については、A試験体の側面のみ少し

見られる程度である。

以上、ひびわれ制御鉄筋のある試験体はない試験体に比べ、側面(鉄筋図心位置)ではひびわれ本数は0.9~1.2倍と大差はないが最大ひびわれ幅は77~81%に減少した。一方、底面ではひびわれ本数が1.6~1.8倍に増加し、最大ひびわれ幅は37~41%と大きく減少した。

#### 4. 結論

小型縮尺試験の実験結果をふまえて、太径ネジフシ異形鉄筋D64のコンクリート表面側にひびわれ制御鉄筋として約1/2の径のD29を、主鉄筋量の約1/3~1/4置き換えて配置した大規模なRC梁の曲げ試験を実施した結果、本実験の範囲内では、以下のような結論を得た。

(1) ひびわれ制御鉄筋の効果は大きく、主鉄筋図心位置における引張鉄筋応力度σ<sub>s</sub>が1800kgf/cm<sup>2</sup>の時、ひびわれ制御鉄筋を配置しない試験体に比べ、次のような結果となった。

- a) 梁側面のひびわれ本数は0.9~1.2倍と大差ないが、最大ひびわれ幅は約80%に減少した。
- b) 梁底面のひびわれ本数は1.6~1.8倍に増加し、最大ひびわれ幅は約40%に大きく減少した。この最大ひびわれ幅は0.19mmであり、コンクリート標準示方書<sup>15)</sup>の許容ひびわれ幅(一般の環境の場合)以下の値であった。

(2) ひびわれ制御鉄筋を配置した試験体の底部近辺の曲げひびわれ幅は、主としてひびわれ制御鉄筋に支配されるため、ひびわれ制御鉄筋のみを対象として計算すれば、既往の通常径の鉄筋に用いてきた算定式<sup>13)</sup>が適用可能である。

謝辞：本実験は、土木学会極太径ねじふし鉄筋設計施工研究小委員会(委員長：横浜国立大学教授・池田尚治)の活動の一環として行ったものである。委員各位の御指導に感謝いたします。

また、小型縮尺試験および大型試験を直接、担当された横浜国立大学工学部建設学科コンクリート構造研究室および住友金属工業株式会社土木技術研究室の関係者各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) ASTM Standards : A615 DEFORMED AND PLAIN BILLET-STEEL BARS FOR CONCRETE REINFORCEMENT, pp. 511~516. 1984.
- 2) 山田 絃・永井義規・唐津敏一：極太径ネジフシ異形鉄筋(D64)を用いたRC梁の曲げ特性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集, 10

- 3, pp.161~166, 1988年6月.
- 3) 永井義規・山田 紘・唐津敏一・芝 悟: 極太径ネジフシ異形鉄筋(D57, D64)の開発研究, GBRC 55, (財)日本建築総合試験所, pp. 25~36, 1989年7月.
- 4) 池田尚治・辻 幸和: 太径ねじふし鉄筋D57およびD64の研究開発の現状, 日本コンクリート工学協会, コンクリート工学, pp. 13~23, 1992年4月.
- 5) 土木学会: 太径ねじふし鉄筋D57およびD64を用いる鉄筋コンクリート構造物の設計施工者指針(案), コンクリートライブラリー第71号, pp. 75~113, 1992年1月.
- 6) 土木学会: 太径ねじふし鉄筋D57およびD64を用いる鉄筋コンクリート構造物の設計施工指針(案), 6.3 鉄筋の許容応力度, コンクリート・ライブラリー第71号, pp. 16~17, 1992年1月.
- 7) 山田 紘・唐津敏一・森田司郎: 極太径ネジフシ異形鉄筋D64を用いたRC梁の曲げ特性に関する実験的研究, コンクリート工学論文集第3巻第1号, pp. 121~130, 1992年1月.
- 8) 山田 紘・唐津敏一・森田司郎: 極太径ネジフシ異形鉄筋D64を用いたRC梁のひびわれ制御法に関する実験的研究—鉄筋格子をかぶり部に配置する方法—, コンクリート工学論文集第4巻第2号, pp. 79~88, 1993年7月.
- 9) 池田尚治・山口隆裕・森下 豊: 極太径鉄筋の合理的配筋方法に関する研究, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, pp. 564~565, 1990年2月.
- 10) 土木学会: 土木学会規準 鉄筋コンクリート用太径ねじふし鉄筋D57およびD64規格(案), コンクリート・ライブラリー第71号, pp. 19~27, 1992年1月.
- 11) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, (8.4)式, pp. 64, 1993年.
- 12) 土木学会: コンクリート標準示方書(平成3年版)設計編, 3.2.3 応力ひびわれ曲線, pp. 21~22, 1991年.
- 13) 土木学会: コンクリート標準示方書(平成3年版)設計編, 7.3.4 曲げひびわれの検討, pp. 85~88, 1991年.
- 14) 角田与史雄: 鉄筋コンクリートの最大ひびわれ幅, コンクリートジャーナル, Vol.8, No.9, pp. 1~9, 1970年9月.
- 15) 土木学会: コンクリート標準示方書(平成3年版)設計編, 7.3.3 許容ひびわれ幅, pp. 84~85, 1991年.
- 16) 小山清一・鈴木昭信・山田 紘・池田尚治・辻 幸和: 太径ねじふし鉄筋D64とひびわれ制御鉄筋を用いたRC部材の曲げひびわれ性状, 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, pp. 512~513, 1991年9月.
- 17) 土木学会: 太径ねじふし鉄筋D64とひびわれ制御鉄筋を用いたRC部材の曲げひびわれ性状, コンクリート・ライブラリー第71号, pp. 37~43, 1992年1月.

(1993.6.14 受付)

## CRACK CONTROL OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES REINFORCED WITH D64 LARGE-SIZE DEFORMED BARS

Hiroshi YAMADA, Seichi KOYAMA, Akinobu SUZUKI, Yukikazu TSUJI and Shoji IKEDA

Bending tests were performed on concrete beams reinforced with large-sized deformed bars, designated as D64, having nominal diameter of 64mm and screw-type rolled deformation. Crack-control reinforcement D29 were arranged near the concrete surface for D64 in order to control crack widths. It was shown that the crack-control reinforcement near the concrete surface was effective for crack control of the beams. At the tensile stress of 1800 kgf/cm<sup>2</sup> of main tension reinforcement, the number of crack in the bottom surfaces of the beams increased by 1.6~1.8 times and the maximum bottom-surface crack widths of beams decreased by about 0.40 times those of the beams without crack control reinforcement. These maximum surface crack widths can be estimated by the calculation equation given in J S C E Standard Specification for Concrete Structures.