

V-387 鉄筋コンクリートはりの曲げ挙動に及ぼすX形配筋の効果について

中央工学校 正会員 ○金光 寿一

日本大学 正会員 柳内 睦人

日本大学 学生員 原 洋平

1. まえがき

土木学会の限界状態設計法では、RC部材の断面破壊の終局限界状態に対する検討が最重要視されるようになった。特に、コンクリートの破壊挙動を考えるうえで単に最大強度だけでなく、破壊時のじん性が問題となっている。本報告は、コンクリート部材のじん性を改善する方法として X形配筋法を提案し、コンクリートに及ぼすじん性効果を変形挙動から検討するものである。

2. 実験概要

RCはりの曲げ挙動は、

はり断面の寸法依存性、

コンクリート強度の寸法

効果、引張鉄筋比などの

影響を大きく受けること

が考えられる。そこで、本実験では断面寸法を

幅250mm、高さ200mm、鉄筋比 $p=1.39\%$ の一定と

した。X形配筋試験体は、 $200 \times 200 \times 800\text{mm}$ の

主鉄筋を施していないものと $250 \times 200 \times 1800\text{mm}$

の単鉄筋断面の2通りで、試験体一覧を表-1に

示す。なお、曲げ区間には、X形配筋によるコン

クリートのじん性効果を検討するために圧縮

鉄筋は配置していない。図-1は、断面寸法およ

び載荷方法で、全て3等分点の曲げ試験として

終局荷重まで静的載荷とした。表-2および表-

3は、各試験体に使用した材料の力学特性である。鉄筋はいずれもSD295Aの異形鉄筋で、コンクリート

は呼び強度 350kgf/cm^2 の早強セメントである。鉄筋ひずみは、異形鉄筋の凹部を研磨し、2.0mm長の防

水型ゲージを支間中央と載荷位置の鉄筋下部に、X形鉄筋は支間中央下部に貼付した。なお、鉄筋の特

性は、重量および体積から断面積に換算し、算出したものである。コンクリートのひずみ分布は、ポリ

エステルゲージ(PL-60)を一定間隔に貼付して計測した。また、変位測定は、支点中央および載荷点位

置に変位計を取り付けて連続的に行った。

3. 曲げ破壊性状の定義と算定方法

曲げ終局耐力の妥当性は、実験値と解析結果との照査によって行われるが、RC耐力性能は、断面の寸

法、引張鉄筋比、材料強度などの要因によって破壊までの過程に差異があり、一般にコンクリートのひ

び割れ発生点、鉄筋の降伏点および最大耐荷点によって特徴づけられる。RCはりの曲げ終局耐力 M_u の算

定式は、終局時までのコンクリートの応力-ひずみ関係を仮定することが必要であり、土木学会では

Hognestadが提案した方法を採用している。そこで、X形配筋試験体の終局耐力の算定にこの考え方が適

応できるか否かを検討するとともに断面切斷法を用いて検証した。

4. 実験結果および考察

X形鉄筋はりの破壊挙動は、破壊形態をひび割れ耐力、降伏耐力および終局耐力の3つのタイプに分

類し検討した。図-2～5は荷重-ひずみ曲線であり、ひび割れが発生するまでは線形挙動を示し、ひび

表-1 試験体一覧

試験体	主鉄筋	X形鉄筋
N-1	—	—
N-2	—	2-D13短形
N-3	—	2-D13長形
R-1	3-D16	—
R-2	3-D16	2-D13短形
R-3	3-D16	2-D13長形

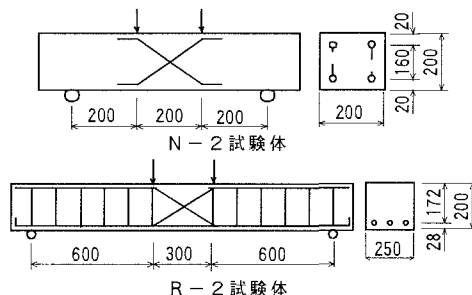


図-1 断面寸法および載荷方法

表-2 鉄筋の材料特性

呼び径	降伏強度 $f_y(\text{kgf/cm}^2)$	降伏ひずみ $\epsilon_y(\mu)$	弾性係数 $E_s \times 10^5(\text{kgf/cm}^2)$	硬化開始ひずみ $\epsilon_{sh} \times 10^{-3}$	引張強度 $f_t(\text{kgf/cm}^2)$
D10	3475	1980	1.89	18.0	5630
D13	3532	1860	1.91	18.5	5500
D16	3467	1820	1.90	19.0	5570

表-3 コンクリートの材料特性

材令 (日)	圧縮強度 $f_c(\text{kgf/cm}^2)$	最大応力度ひずみ $\epsilon_o(\mu)$	割線弾性係数 $E_s \times 10^5(\text{kgf/cm}^2)$	引張強度 $f_t(\text{kgf/cm}^2)$	曲げ強度 $f_b(\text{kgf/cm}^2)$
28	397	2100	2.89	31.1	52.9

割れ発生後から降伏耐力までの挙動は X形鉄筋を施していないものとはほぼ同じであった（表-4 参照）。図-6 は、終局耐力と鉄筋比の関係を知見のデータとともに無次元のパラメータで示したものである。

X形配筋の鉄筋比は、それぞれ1.64%、1.58%であり、その増加率は18%および14%であった。また、じん性率は15%および5%の増加であった。X形鉄筋を施したRCはりの終局耐力の算定に Hognestadの提案式を適用する場合は、X形配筋を含む主鉄筋比およびじん性率の増加を考慮してストレスブロック係数を算出する必要がある。

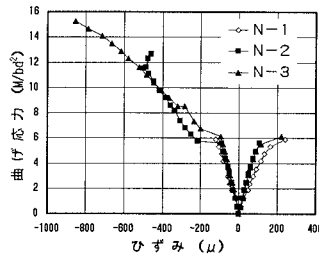


図-2 上下縁コンクリートひずみ
(N試験体)

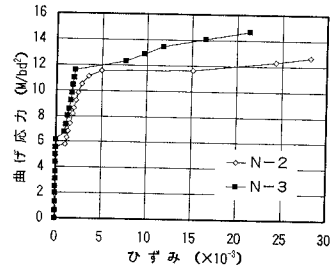


図-3 X形鉄筋中央点ひずみ
(N試験体)

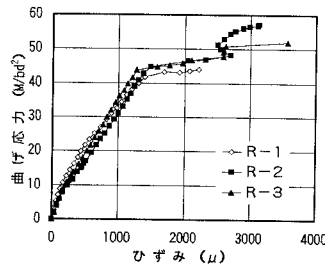


図-4 上縁コンクリートひずみ
(R試験体)

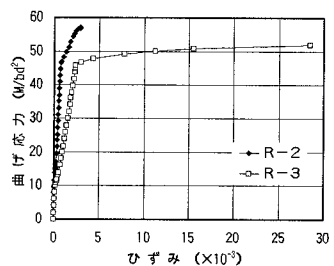


図-5 X形鉄筋中央点ひずみ
(R試験体)

表-4 実験結果

試験体	ひびわれ荷重 P_{cr} (tf)	ひびわれ応力 M/bd^2 (kgf/cm ²)	降伏荷重 P_y (tf)	降伏応力 M/bd^2 (kgf/cm ²)	降伏時曲率 ψ_y ($\times 10^{-4}$ /cm)	終局荷重 P_u (tf)	終局曲げ力 M_u (tf·m)	終局曲げ応力 M/bd^2 (kgf/cm ²)	終局時曲率 ψ_u ($\times 10^{-4}$ /cm)	じん性率 ψ_u/ψ_y
N-1	5.03	5.90	—	—	—	5.35	0.535	6.27	—	—
N-2	4.54	5.59	7.96	9.80	—	10.68	1.068	13.75	—	—
N-3	5.03	6.14	9.50	11.59	—	12.90	1.290	15.74	—	—
R-1	2.44	9.90	10.48	42.51	1.72	12.54	3.762	50.87	13.52	7.86
R-2	2.51	9.73	11.53	44.70	1.59	14.96	4.488	58.00	14.44	9.08
R-3	2.51	9.98	11.04	43.90	1.67	14.16	4.248	56.31	13.64	8.17

そこで、主鉄筋比は X形鉄筋の角度より換算し、ストレスブロック係数は応力-ひずみ曲線の降下域をモデル化して断面切断法により釣り合いを検証しストレスブロック係数に換算することで実験値と照合した。X形鉄筋のじん性効果は、曲げ区間のみに配置した方が降伏耐力以降ひび割れの進展を有効に抑え、より堅実に圧縮側と引張側を結ぶことでコンクリートの特性を引き出したものと考えられる。

5. まとめ

本実験は、RCはりに X形配筋を施し、はりの曲げ挙動に及ぼす X形配筋の効果について検討したものである。破壊に至るまでの変形挙動から得られた所見は以下のとおりである。

- (1) 短形で施したN-2はりの破壊形態は、せん断破壊であった。施工時にはX形鉄筋の定着長あるいはX形鉄筋定着近傍のせん断補強が不可欠である。
- (2) R-2 および R-3試験体は、降伏耐力までは R-1試験体とほぼ同様の挙動を示すが、R-2試験体の X形鉄筋のじん性効果は降伏耐力以降が特に顕著である。
- (3) X形配筋を施した RCはりの終局耐力の算定は、主鉄筋比をX形鉄筋の角度で換算し、じん性効果を考慮したストレスブロック係数を用いることでHognestadの提案式より算定することができる。

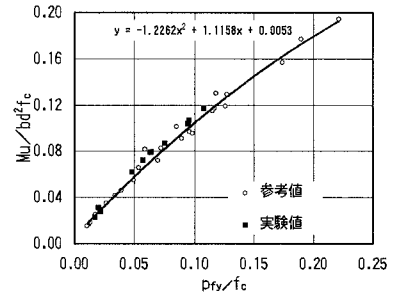


図-6 終局耐力との相関関係