

[2063] X型配筋を施した RC 短スパン梁の耐力及びじん性に関する実験的研究

正会員 ○田中 伸幸（清水建設技術研究所）

正会員 坂口 昇（清水建設技術研究所）

吉村 昌宏（清水建設技術開発本部）

正会員 草間伊知郎（清水建設技術開発本部）

1. まえがき

近年、RC造による高層化が進んでいるが、その大部分は柱がほぼ5.0 m間隔に配されたラーメン構造である。一方平面計画から見ると、より自由なプラン（空間）・長スパンが可能な構造としてチューブ構造が考えられる。このチューブ構造をより耐震性、特にじん性の確保を要求される高層RC造に使用する場合、従来の平行配筋を施したRC部材とすると、短スパン梁特有のぜい性的せん断破壊が問題となってくる。このぜい性的な破壊を防ぎじん性を向上させる方法の一つとして、カンタベリー大学のPauley教授が耐震壁の境界梁の配筋法として提案したX型配筋法がある。¹⁾また、国内においてもX型配筋を用いた梁の施工実績が報告されている。²⁾

本報告は、高層RCチューブ構造や耐震壁の境界梁の配筋法としてX型配筋を施した短スパン梁を使用することを想定し、高強度コンクリートを使用した梁部材としてその耐力・変形能及び破壊性状を把握すると共に、横補強筋量による耐力・変形能に与える効果及び部材の復元力特性に関する基礎的資料を得ることを目的として実験を行なった。

2. 実験概要

2. 1 試験体及び使用材料

本実験に用いる試験体は設計基準強度 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ の高強度コンクリートを使用し、コンクリート断面は $B \times D = 32.5 \times 42.5\text{ (cm)}$ 、シアール・スパン比 (M/Qd) が1.40程度の短スパン梁を対象としている。試験体は横補強筋量を0.51%、0.63%、0.79%と変化させた3体とし、主筋はいずれも6-D19とし、そのうち4-D19をX型筋として配している。

図-1に試験体配筋図を、表-1に試験体一覧表を示す。また、使用する鉄筋の主筋はSD40、横補強筋はSD35とし、X型筋の折曲り部には折曲り部拘束筋として降伏強度 $13000\text{kg}/\text{cm}^2$ の高強度鉄筋を入れている。使用材料の力学的性質を表-2に示す。

2. 2 加力方法及び測定方法

加力及び測定方法を図-2に示す。加力は大野式に準ずる正負交番の逆対称加力とした。また、スタブ部にゲージホルダーを取付け、図-2に示す δ を

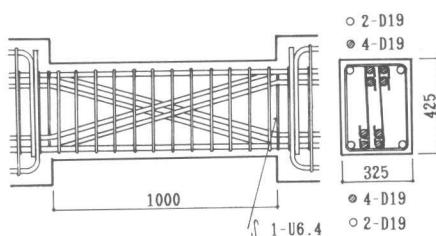


図-1 試験体配筋図

表-1 試験体一覧表

試験体名	主 筋		横 補 強 筋 (横補強筋比)
	平行筋	X型筋	
A-60-50	上・下筋共 2-D19	上・下筋共 4-D19	D10-85 @ ($p_w = 0.514\%$)
A-60-65			D10-70 @ ($p_w = 0.629\%$)
A-60-80			D10-55 @ ($p_w = 0.794\%$)

相対変形とし、部材の曲率及び軸変形を変位形で測定した。また、鉄筋の歪分布を見るため、主筋の端部・中央部及びその中間部に歪ゲージを貼付した。

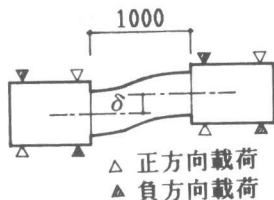


図 - 2 加力及び測定方法

3. 実験結果及び検討

3. 1 破壊性状

ひび割れ発生状況を図 - 3 に最終破壊状況を写真 - 1、写真 - 2 に示す。横補強筋量によるひび割れ及び破壊性状の差はほとんど見られず、いずれの試験体も初めに端部の曲げひび割れが発生し、次に曲げせん断ひび割れ・せん断ひび割れと続き、部材角 $1/400(\text{Rad})$ で X 型筋を平行に折曲げたスタブ際が引張降伏し、以後四隅の平行筋端部の引張降伏、X 型斜め筋端部の引張降伏と続きその後最大耐力に達している。

3. 2 荷重 - 変形曲線とじん性

各試験体の荷重 - 変形曲線を図 - 4 に、耐力低下を図 - 5 に、等価粘性減衰定数 - 部材角関係を図 - 6 に示す。履歴曲線はどの試験体も安定したエネルギー吸収の大きい紡錘形をしたループを描いている。また、変形の増加・くり返し回数による耐力低下は最終サイクル（部材角 $1/8(\text{Rad})$ ）に到るまでほとんど見られず、むしろ耐力は変形の増大に伴い増加している。また、部材の履歴エネルギー消費能を表わす指標となる等価粘性減衰定数も、変形の増大に伴い増加しており、くり返しによる低下もほとんどなく、エネルギー吸収が大きく安定したじん性の高い部材であることがわかる。

3. 3 剛性と耐力

各試験体の初期剛性と曲げひび割れ発生時せん断力及び部材角 $1/100(\text{Rad})$ までの最大せん断耐力³⁾を計算値と比較したものを表 - 3 に示す。実験結果は、

曲げひび割れ時せん断力は計算値より 40~50% 大きい、初期剛性は計算値の 83~91% と良く一致している。また部材角 $1/100(\text{Rad})$ までの最大せん断耐力は、いずれも計算値を 10% 程度上廻っていた。

表 - 2 使用材料の力学的性質

コンクリート	設計基準強度 (kg/cm^2)	圧縮強度 F_c (kg/cm^2)	ヤング係数 E_c (kg/cm^2)	ポアソン比 ν
	420	437	$\times 10^6$ 0.385	0.216
鉄	材料定数 使用箇所	降伏応力度 σ_{sy} (kg/cm^2)	ヤング係数 E_s (kg/cm^2)	引張強度 σ_{su} (kg/cm^2)
	主筋	4200	$\times 10^6$ 2.03	6000
	筋横補強筋	4030	$\times 10^6$ 1.92	5660
	X 型拘束筋	12330	$\times 10^6$ 1.74	13117

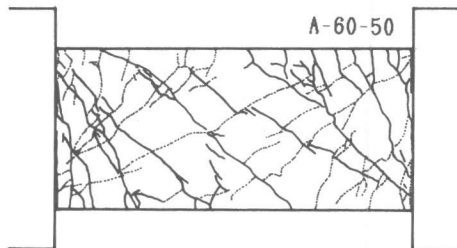


図 - 3 ひび割れ発生図 ($R = 6/400\text{Rad}$ まで)

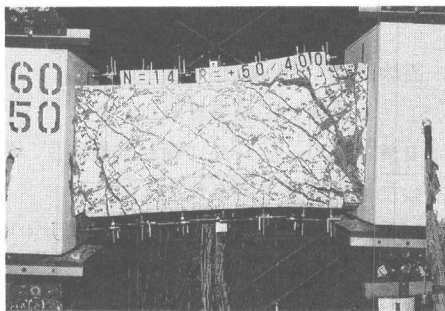


写真 - 1 最終破壊状況 (A - 60 - 50)

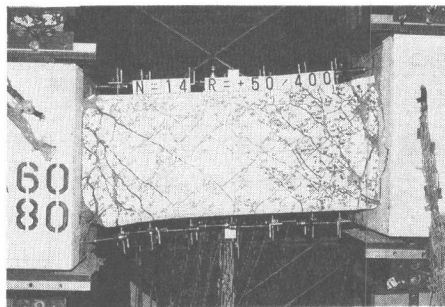


写真 - 2 最終破壊状況 (A - 60 - 80)

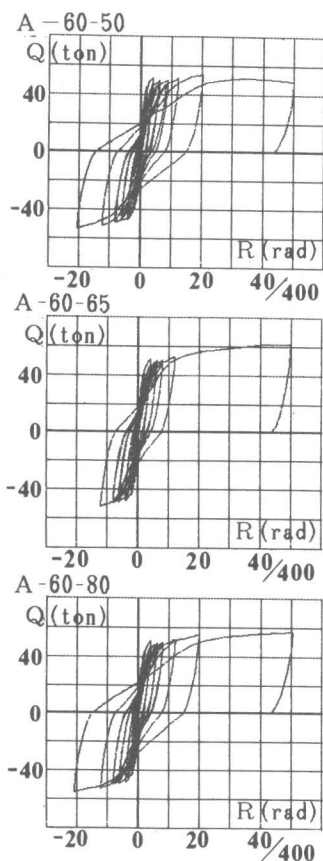


図-4 荷重-変形曲線

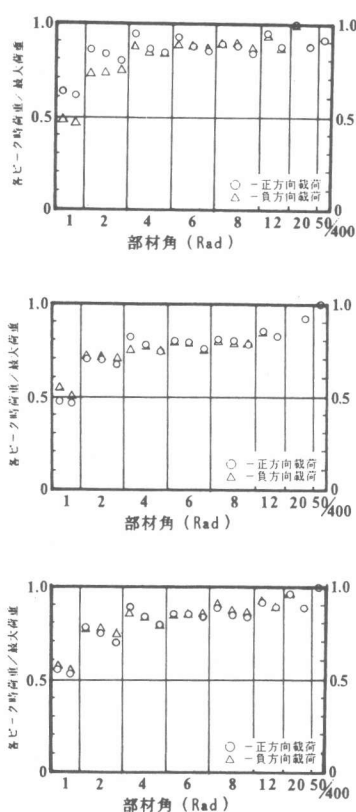


図-5 耐力低下図

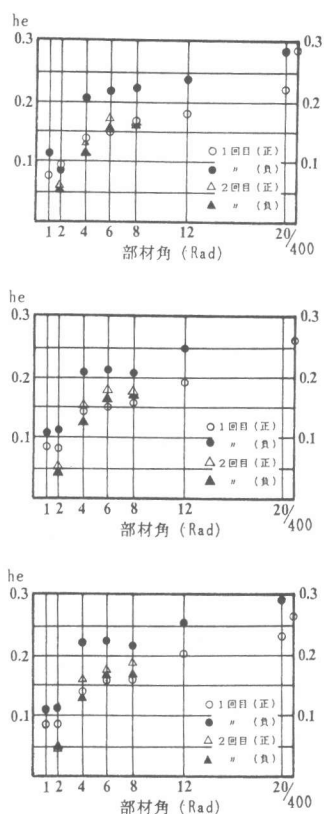


図-6 等価粘性減衰定数

- 部材角関係

また、曲げひび割れ時以後の剛性は、RC断面部は四隅の平行筋を考慮し、曲げひび割れ時及び鉄筋降伏時をそれぞれ第1・第2折れ点とするトリ・リニアースケルトンとし、X型筋は引張鉄筋が降伏する点を折れ点とするバイ・リニアースケルトンとし、これらを重ね合わせて求めた。図-7に示す様に計算値より求めた各剛性は実験結果の履歴曲線の包絡線と良く一致している。また、降伏時剛性低下率は同一主筋量の平行筋のみの梁を短柱に関する推定式⁴⁾で求めたものと比較して30%程度剛性が増加する。

3. 4 変形成分

A-60-50試験体の全体変形を曲げ変形とせん断変形に分離した変形比率を図-8に示す。設計で対象となる部材角 2/400~6/400(Rad)では、曲げ変形が60~80%占めており、曲げ変形が支配的である。

3. 5 鉄筋の歪分布

表-3 実験結果一覧

試験体名	初期剛性 K_i (t/cm)	せん断力 (ton)		
		曲げひび割れ時 Q_c	$R=1/100$ まで Q_u	最大耐力 $Q_{u \max}$
A-60-50	418 (0.91)	13.0 (1.42)	51.7 (1.13)	54.1 (1.19)
A-60-65	392 (0.85)	13.2 (1.44)	50.9 (1.12)	61.8 (1.36)
A-60-80	381 (0.83)	14.2 (1.55)	51.0 (1.12)	57.4 (1.26)

() 内は、実験値/計算値を示す。

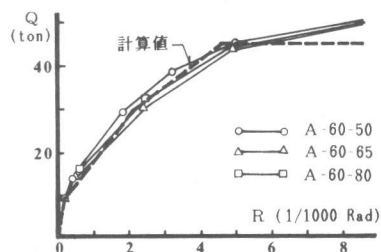


図-7 履歴曲線包絡線と計算値

X型筋及び平行筋の歪分布をA-60-50試験体について図-9 i)に、また横補強筋の各試験体の歪分布を図-9 ii)に示す。平行主筋の歪は部材角1/300(Rad)で端部引張鉄筋が降伏しているが、圧縮側の鉄筋の歪は小さく最終サイクルまで降伏歪に到らなかった。X型引張鉄筋は部材角1/400(Rad)で平行部が、部材角1/200(Rad)で端部が降伏しているが中央部が降伏するのは1/50~1/33(Rad)である。また、X型圧縮鉄筋の歪は引張側に比べて小さく圧縮側コンクリートが有効に効いているためと考えられる。横補強筋の歪は図-9 ii)に示す様に部材角1/50(Rad)でA-60-80以外は降伏しており、端部に近い補強筋ほど歪が大きいが、補強筋が少ない試験体は中央部の歪も大きい。

4. まとめ

以上、実験結果より以下の結論を得た。

- ① チューブ構造の様な短スパンRC梁には、耐力低下のない変形能に富み、しかもエネルギー吸収の大きいX型配筋を施した梁が有効と考えられる。
- ② 横補強筋量の多少による差は若干あったが、平行筋が圧縮及び引張りで同時降伏する時に必要とする最小補強筋量⁵⁾($p_w = 0.51\%$)を入れた試験体でも良い性状を示した。これは、圧縮側平行主筋の歪が小さく降伏しなかったこと及び横補強筋の実際の強度が設計時($\sigma_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$)より大きかったことにより、横補強筋に生じた余裕分がコンクリートを拘束し、部材のじん性の確保に寄与したためと考えられる。
- ③ 部材の剛性の計算値は実験結果とよく一致している。
- ④ X型筋を有するRC短スパン梁の部材塑性率として、4.0以上は十分に期待できる。

(参考文献)

- 1) P. Rark and Pauley: Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, P653, 1975
- 2) 今野知則, 上仲茂生: 高級コンクリートおよび種々の新工法を用いたRC建物の施工, コンクリート工学, No.10, P 35~P 41, Vol. 20, Oct. 1982
- 3) 加藤勉, 称原良一: 鉄筋コンクリート部材の耐力(圧力場理論の適用), 日本建築学会大会学術講演梗概集, P1731-1732, 1978
- 4) 菅野俊介, 山口育雄他: 鉄筋コンクリート短柱の崩壊防止に関する総合的研究(その18: 初びわれ時及び降伏時の剛性), 日本建築学会大会学術講演梗概集, P1323-1324, 1974
- 5) 若林實, 南宏一他, 高圧縮力を受けるX型配筋柱の強度と靱性, 第8回コンクリート工学年次講演会論文集, P821-824, 1936

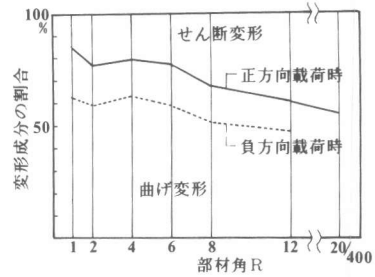


図-8 全体変形に占める各変形成分比 (A-60-50)

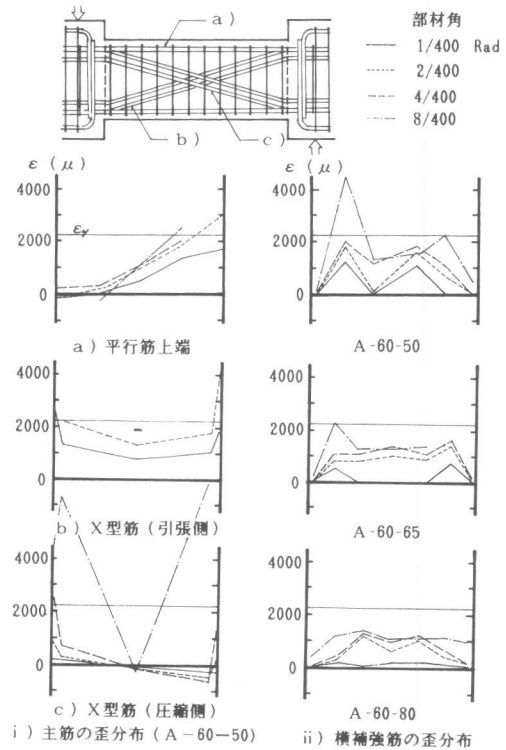


図-9 主筋及び横補強筋の歪分布