

報 告

[2117] 幅広梁・柱部分架構の水平加力性状に関する実験研究

正会員○木野本圭児（戸田建設建築設計統轄部）

伊藤 光康（戸田建設技術研究開発室）

大井 貴之（戸田建設建築設計統轄部）

正会員 佐藤 則勝（戸田建設建築設計統轄部）

1. はじめに

柱幅より広い梁幅を有する幅広梁の実用化は、建物高さの低減及び階高の有効利用の観点から、有利な手段として、最近注目されている。しかしながら、このような幅広梁で形成される架構の場合、柱幅より外側に梁が存在するために、通常のRC柱・梁架構に比べて、梁主筋の曲げモーメントの分担、ねじりによる応力伝達及び応力の分布特性など応力伝達機構が複雑であり、この種の架構の基本的特性を解明することは、実用上、非常に重要である。

本報では、この種の架構の復元力特性、破壊性状等の耐震性能を把握するために行った梁幅及び直行梁の有無を要因とした形状の違う幅広梁・柱部分架構の繰り返し水平加力実験に関して報告する。なお、ここでは主として、直交梁の有無について検討した結果を示す。

2. 実験概要

2. 1 試験体

表－1 に試験体一覧、表－2 に材料試験結果、表－3 に試験体形状及び図－1 に試験体図を示す。試験体は、実物を1/3縮尺した幅広梁・柱部分架構模型である。柱寸法は20cm×20cmの正方形断面、幅広梁成は15cmに統一した。また、梁主筋の鉄筋比、あばら筋比については各試験体ともほぼ同じ値とし、柱主筋(16-D16)、帯筋(D6@50)の配筋については各試験体で同一とした。

表－1 試験体一覧

No.	試験体名	梁			直 交 梁		
		B・D	主 筋 あばら筋	Pt (%) Pw (%)	B'・D'	主 筋 あばら筋	Pt (%) Pw (%)
1	1A-3	60×15	14-D10 4-D6@100	1.30 0.21	20×15	4-D10 D6@100	1.22 0.48
2	1B-3	60×15	4-D13 8-D10 4-D6@100	1.40 0.21	20×15	4-D10 D6@100	1.22 0.48
3	1C-3	60×15	4-D13 8-D10 4-D6@100	1.40 0.21	20×15	2-D13 D6@100	0.58 0.48
4	1A-2	40×15	10-D10 4-D6@100	1.40 0.25	20×15	4-D10 D6@100	1.12 0.32
5	2A-2	40×15	10-D10 4-D6@100	1.40 0.25	20×25	4-D10 D6@100	0.88 0.32
6	2A-3	60×15	14-D10 4-D6@100	1.30 0.21	20×25	4-D10 D6@100	0.88 0.32
7	3A-2	40×15	10-D10 4-D6@100	1.40 0.25	40×15	10-D10 D6@100	0.32
8	4A-2	40×15	10-D10 4-D6@100	1.40 0.25	20×25	4-D10 D6@100	0.32

注) 複筋比 $\gamma = 1$

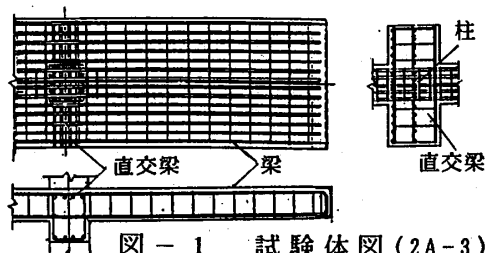
表－2 材料試験結果

・鉄筋

鉄 筋	降伏強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)
D 6	4320	5490	1.90
D 10	3400	4780	1.82
D 13	4100	5880	1.83
D 16	3400	5870	1.81

・コンクリート

試験体名	圧縮強度 (kg/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)
1A-3, 1B-3, 1C-3	260	2.68
1A-2, 2A-3, 2A-2 3A-2, 4A-2	287	2.67



図－1 試験体図(2A-3)

タイプ1～3の試験体は、内柱部分架構をタイプ4は外柱部分架構を対象としている。タイプ1は1方向幅広梁、タイプ3は2方向幅広梁及びタイプ2，4は柱側面に従来型の直交梁が付いたものである。1B-3，1C-3試験体は幅広梁の柱幅内の主筋を集中配筋とし、他の試験体は梁全幅にわたって均等配筋とする。また、1C-3は、1B-3に比べて柱側面を貫通する直交筋量が少ない。

梁幅の柱幅に対する比としては、2，3の2ケースである。

2.2 加力方法

加力装置は図-2に示すように、柱の上下端及び梁の両端をピン支持とし、加力は柱の上端部に取り付けた押し引きオイルジャキにて、正負繰り返し水平加力した。

また、柱軸力を導入した。この柱軸力は、アンボンドPC鋼棒を柱下端に定着し、柱上部にオイルジャキを用いて常時30Kgf/cm² (12tonf)を保持する。図-3には、載荷履歴を示す。

測定項目としては柱の部材角、梁の各部の鉛直変位、主筋及びせん断補強筋のひずみ度、梁のせん断力及び柱に加わる水平力である。

3. 実験結果

3.1 ひび割れと破壊状況

全ての試験体で梁主筋の降伏型になっている。

(パネルは柱幅×梁幅として、その降伏時のせん断応力度 τ_v は約75kg/cm²程度となっている。)

また、柱にはほとんどひび割れはない。

図-4に、最終段階での梁幅/柱幅=2，3 (以下、梁幅2，3と称す)について、それぞれ直交梁の有無による試験体の梁上面及び側面のひび割れ図を示す。

表-3 試験体形状

タイプ1	1A-3, 1B-3, 1C-3, (1A-2) 600 [1200 1200] (400) 200	タイプ3	3A-2 400 [1200 1200] 200 800
タイプ2	2A-3 (2A-2) 600 [1200 1200] (400) 200	タイプ4	4A-2 400 [200 1400] 200

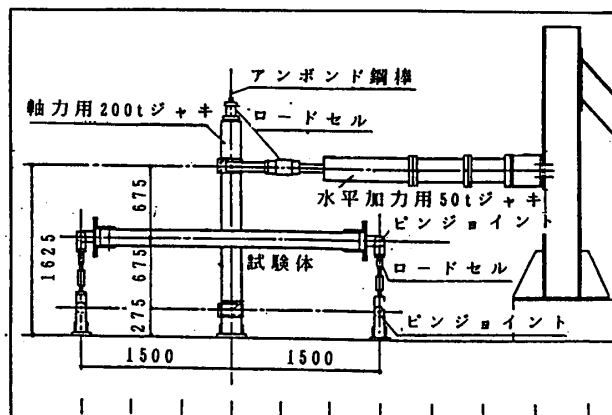


図-2 加力装置

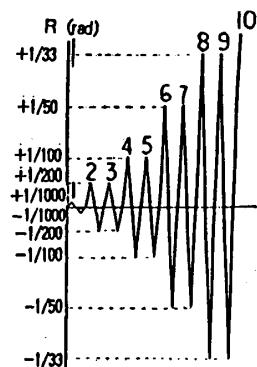


図-3 載荷履歴

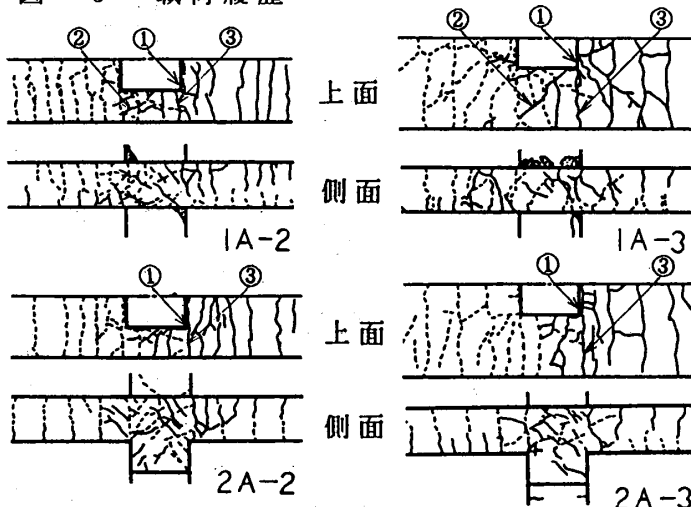
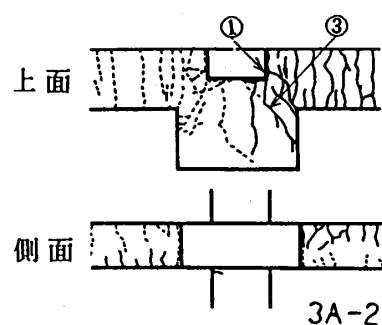


図-4 ひび割れ図

初期ひび割れは、各試験体とも柱・梁接合部の隅角部より発生した(①)。柱・梁接合部より離れた位置でのひび割れは、荷重増加に伴い加力方向と直交方向に、あばら筋にそってほぼ10cm間隔で梁全幅に伸びていった。また、ねじれによって生じたと思われるひび割れが柱面に対して約45°の角度を持ち隅角部より自由辺に向かって進展した(②)。この斜めひび割れは直交梁の無い場合に顕著に見られた。終局時では梁幅2の場合は、柱の付け根に生じた梁・柱接合部でのひび割れ幅が拡大して終局に至った(③)。梁幅3の直交梁の無い1A-3は、2A-3に比べて、梁・柱接合側面の斜めひび割れ幅が、終局時に大きくなった(②)。

3. 2 復元力特性

表-4に実験結果一覧及び図-5に荷重-変形関係を計算値と比較して示す。曲げ終局耐力の計算値は、梁の降伏線を柱フェースに仮定し、(1)式及びe関数法により算定した(*1)。なお、梁、柱の変形は曲げひび割れによる剛性低下(*2)及び主筋降伏を考慮したトリリニア型を、パネルのせん断変形は完全弾性と仮定して求めた。ひび割れ発生荷重は(2)式によって算定した(*3)。計算値と実験値を比較すると、ひび割れ発生荷重は全ての試験体ではほぼ一致した。また、降伏荷重は梁幅2及び直交梁を設けた梁幅3で計算値と一致し、直交梁の無い梁幅3で計算値を下回った。

表-4 実験結果一覧(*4) 単位(t)

試験体	1A-3	1B-3	1C-3	1A-2	2A-2	2A-3	3A-2	4A-2
実験値	5.73	6.15	5.70	4.35	4.53	6.13	4.60	2.40
略算式								
計算値	6.13	7.24	7.24	4.38	4.38	6.13	4.38	2.19
実験値/計算値	0.93	0.85	0.79	0.99	1.08	1.00	1.05	1.10
e関数								
計算値	6.19	7.19	7.19	4.40	4.40	6.19	4.40	2.20
実験値/計算値	0.93	0.86	0.79	0.99	1.03	0.99	1.05	1.09

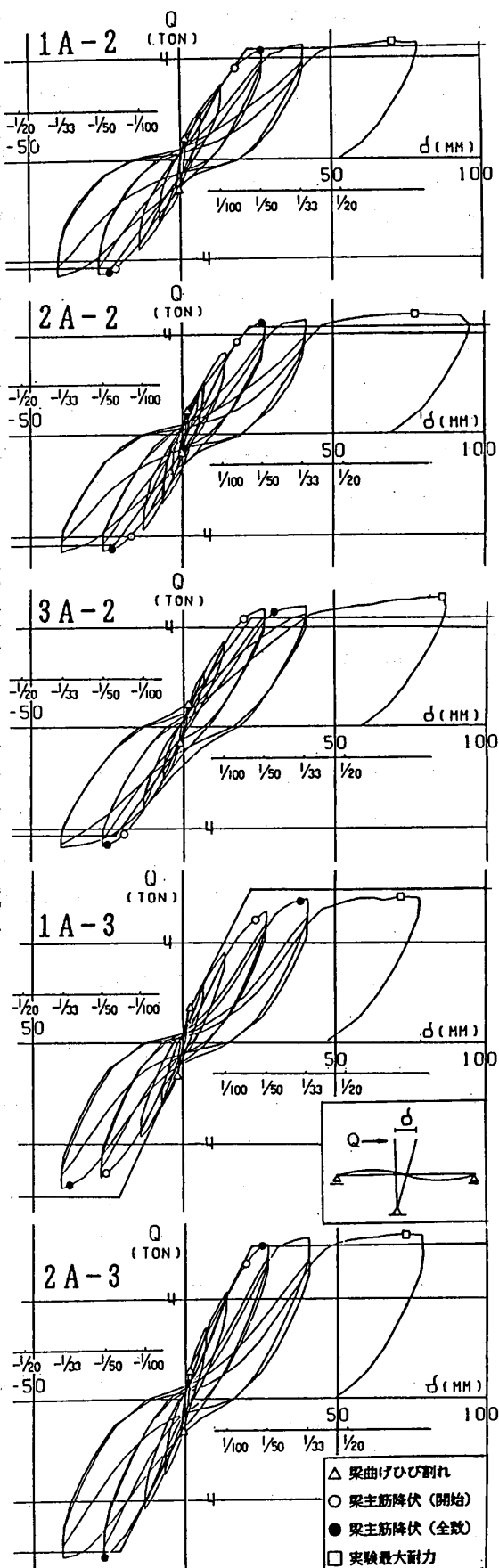
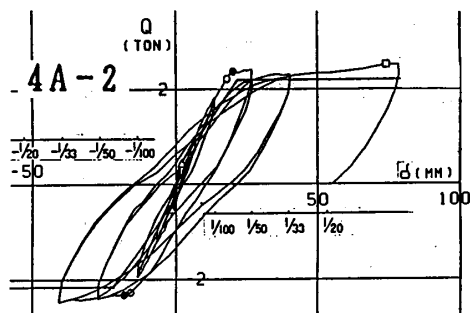


図-5 荷重-変形関係

+字型試験体は多少のスリップ性状を示し、4 A-2 は紡錘型の性状を示す。また、いずれの試験体とも大変形時まで耐力低下は認められず靱性に富んでいる。

図-6 に、各載荷履歴のピーク時でのエネルギー消費量を示す。梁幅2 の場合は直交梁を有する試験体の方が、無い試験体に比較してエネルギー消費量が多い。

図-7 には、各載荷履歴の梁の有効幅係数を示す。この値は、梁の降伏線における梁主筋のひずみより求めた曲げモーメントを、梁の全主筋が柱を貫通する梁主筋のひずみと同じであると仮定して求めた曲げモーメントで除したものである。梁幅3 の場合は、直交梁を有する2 A-3 方が、直交梁の無い1 A-3 に比較して、早い段階で梁主筋は曲げに対して一様に効いていると考えられる。

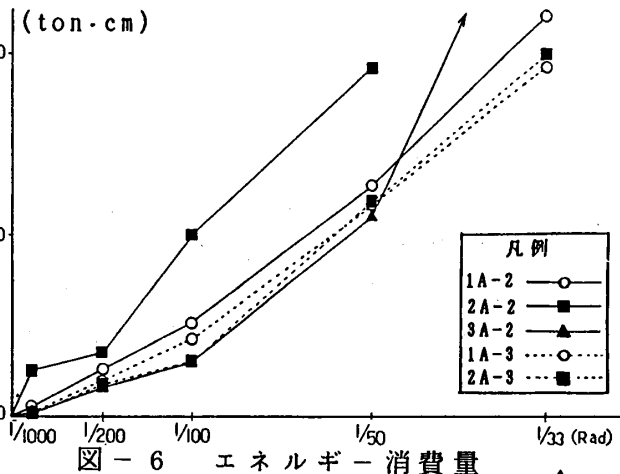


図-6 エネルギー消費量

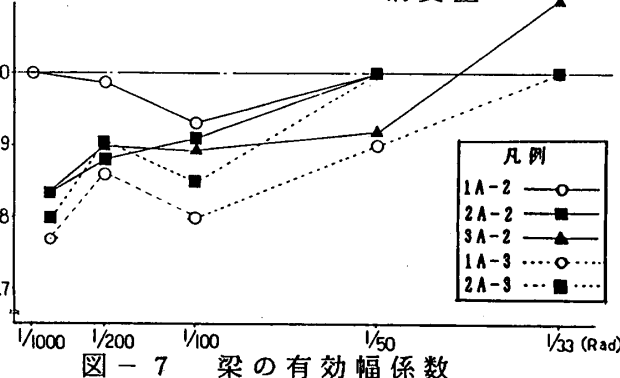


図-7 梁の有効幅係数

4. 結論

本実験の結果は次のように要約される。

- 1) 梁幅2 (梁幅/柱幅=2) の試験体では直交梁の有無に関わらず梁主筋が全て降伏するとして求めた曲げ耐力を発揮する。梁幅3 (梁幅/柱幅=3) の試験体は従来型の直交梁を設けることにより梁幅2 と同様に曲げ耐力を発揮することができる。
- 2) 復元力特性は、RC 規準で示されている剛性低下率等で評価すればほぼ推定できる。
- 3) 幅広梁で形成される架構は、スリップ性状を示すものの大変形時まで耐力の低下は認められず靱性に富んだ架構である。

今回は主に直交梁の有無による性状の違いについて考察した。文献1)及び今回の実験全体を総合的に判断すると、実用的には梁幅の3 倍程度まで拡げることが可能である。ただし、2 倍を越える場合は直交梁を設けることが有効な手段である。

$$\begin{aligned} * 1 \quad & M_y = 0.9 \cdot a_t \cdot \sigma_y \cdot d \\ & Q_y = (M_y / \ell) \times (L / H) \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

ℓ : 梁支点から柱面までの距離
 L : 梁支点間距離
 H : 柱支点間距離

$$\begin{aligned} * 2 \quad & \text{梁 } \alpha_y = (0.043 + 1.64npt + 0.043a/D)(d/D)^2 \\ & \text{柱 } \alpha_y = (0.043 + 1.64npt + 0.043a/D + 0.33\eta_0)(d/D)^2 \\ * 3 \quad & M_c = 1.8 \sqrt{f_c} \cdot Z_e \\ & Q_c = (M_c / \ell) \times (L / H) \end{aligned} \quad \text{----- (2)}$$

* 4 (図-5 の ● 印の値)

[謝辞] 本研究を行うにあたり貴重な御助言を頂きました東京理科大学 松崎育弘教授に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 松崎育弘、他：幅広梁・柱部分架構の復元力特性に関する実験研究、コンクリート工学年次論文報告集 10-3 1988
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説