



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



## 境界はりを有する鉄筋コンクリートL形断面耐震壁に関する実験的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本コンクリート工学会 公開日: 2012-07-18 キーワード (Ja): 鉄筋コンクリート, 耐震壁, L形断面, 境界はり, 二方向, 曲げ耐力 キーワード (En): 作成者: 小島, 雅樹, 荒井, 康幸, 溝口, 光男, 赤石, 達彦 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1301">http://hdl.handle.net/10258/1301</a>

# 論文 境界はりを有する鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁に関する実験的研究

小島雅樹\*1・荒井康幸\*2・溝口光男\*3・赤石彦彦\*4

**要旨**：境界はりを設けた鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁模型 4 体に、定軸圧と二方向水平力を加える曲げ破壊実験を行い、筆者らがすでに提案している L 形断面耐震壁の二方向終局曲げ耐力算定法<sup>1)</sup>の適合性を検討した。その結果、この算定法に境界はりの効果を考慮すれば、実験結果を良く評価できることを確認した。

**キーワード**：鉄筋コンクリート、耐震壁、L 形断面、境界はり、二方向、曲げ耐力

## 1. はじめに

筆者らは平面上二方向に壁板が連続する L 形、コ形などの立体形状を有する鉄筋コンクリート開断面耐震壁の弾塑性挙動に関する研究を進めてきた。弾性域については開断面を形成する各壁板を分割し、壁縁に伸縮力を考えた「一般骨組内の開断面立体耐震壁の解析法」を提案し<sup>2)</sup>、さらに塑性域における強度・変形性状にも検討を加えてきた。現在までに独立した L 形断面耐震壁を対象とした片持ち梁形式の実験を主に行ってきたが<sup>3) 4)</sup>、建造物に組み込まれた耐震壁の挙動を把握するには境界はりの影響を評価することが重要である。本研究では、L 形断面耐震壁の X 壁、Y 壁の両側に境界はりを設けた立体耐震壁模型 4 体に、一定軸力と二方向水平力を与えた実験を行い、境界はりを有する L 形耐震壁の二方向終局曲げ耐力について検討する。

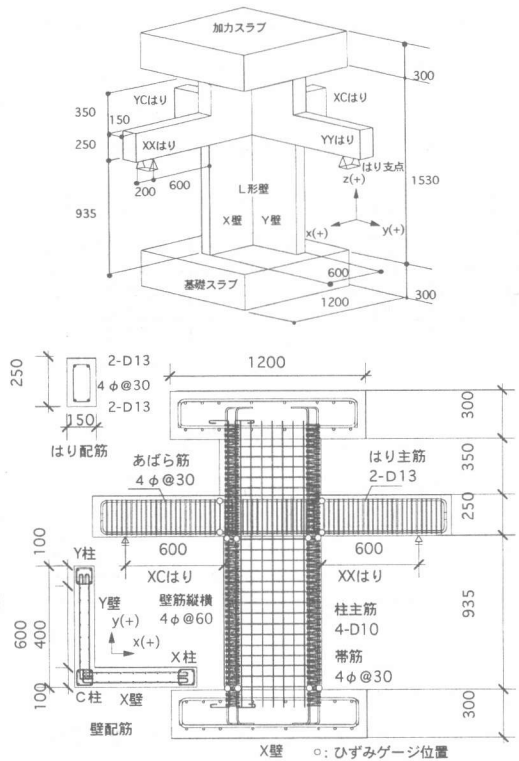


図-1 試験体形状 単位(mm)

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体

試験体は 4 本の境界はりを有する等辺 L 形断面壁で、壁断面の図心に鉛直力を加えるため、上部に加カスラブを設けた。試験体形状および配筋

を図-1 に示す。

\*1 西松建設(株)技術研究所原子力課課長 工修 (正会員)  
 \*2 室蘭工業大学教授 工学部建設システム工学科 工博 (正会員)  
 \*3 室蘭工業大学助手 工学部建設システム工学科 工博 (正会員)  
 \*4 室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻

使用材料の力学的性質を表-1, 2に示す。L形壁および境界はりのコンクリートは粗骨材の最大寸法を10mmとした豆砂利普通コンクリートとした。基礎スラブ、加力スラブは普通生コンクリートを、呼び寸法15mmの篩いでウエットスクリーニングを行なった上で打設した。打設は鉛直打ちとし、基礎スラブと壁・境界はりおよび加力スラブ部の3回にわけて行った。壁の配筋は4φのなまし鉄線を縦横30mmの複筋配置、境界はりには片側主筋に2-D13を、柱の全主筋は4-D10を使用し、はり柱ともにせん断補強筋は4φのなまし鉄線を使用した。はりのせん断補強筋は135°フック付きとし、柱は角スパイラル筋とした。

表-1 コンクリートの力学的性質

試験体	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数* (N/mm <sup>2</sup> )
LG-UN	36.0	2.45	27900
LG-VN	35.7	2.44	29400
LG-XN	40.6	3.18	29800
LG-CN	43.2	3.53	28900

\*1/3割線弾性係数

表-2 鉄筋の力学的性質

種別	断面積 cm <sup>2</sup>	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )
D13	1.267	327	493	29	177000
D10	0.713	357	516	28	178000
4φ	0.125	184*	286	48	209000

\*0.2%耐力

## 2.2 加力方法

加力装置の平面図および側面図を図-2, 図-3に示す。二方向水平力は水平面上に配置した3台のアクチュエータによって加力スラブ上の鉄骨フレームに加えた。アクチュエータ2号機、3号機でx, y方向の変形を与え、アクチュエータ1号機でX, Y壁に振れが生じないように制御した。加力スラブにはL形壁の図心位置に定軸力410kN(軸圧比0.1)をリリース弁付き油圧ジャッキにより作用させた。4本の境界はりの支点は、反力計測用のロードセルを組み込んだ

両端をピンとしたロッドによりピン支持としてある。加力の変形方向に対する変位漸増正負繰返しとした。繰返し変位振幅はx方向の部材角で千分の1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30, 45ラジアンとし、最大耐力を確認するまで加力した。

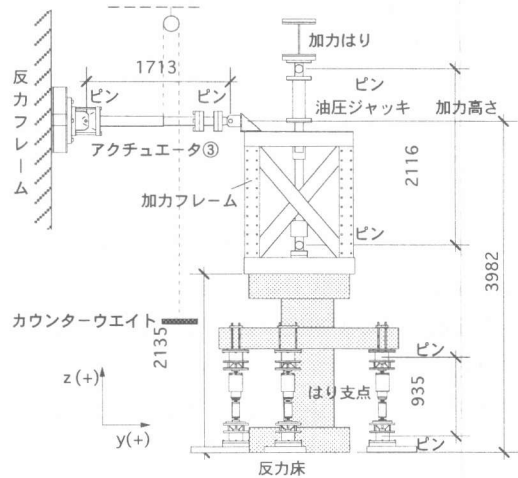


図-2 加力装置側面図 単位(mm)

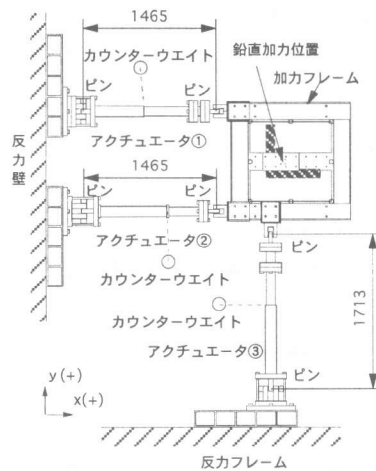


図-3 加力装置平面図 単位(mm)

制御に用いた二方向変位履歴は図-4に示すように、変形方向をu方向(+45°), v方向(-45°), x方向(0°)とした3種と、最初に+45°方向に加力し、円形変位加力を与えた合計4種である。

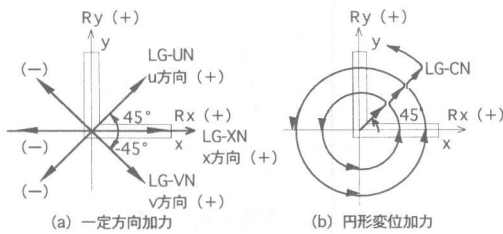


図-4 二方向変位履歴と試験体名

### 2. 3 計測方法

代表的な変位計の設置位置を図-5に示す。x, y方向の水平変位は、はり高さ位置に取り付けた4本の変位計により計測した。また、柱上部とはり支点の鉛直変位、および柱頭、柱脚およびはりの主筋のひずみ度を計測した。なお、以後の考察に用いる水平変位は柱位置の鉛直変位を用いて標点の位置から境界はりの中心位置(1060mm)に補正してある。

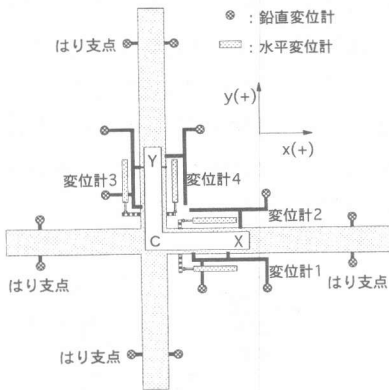
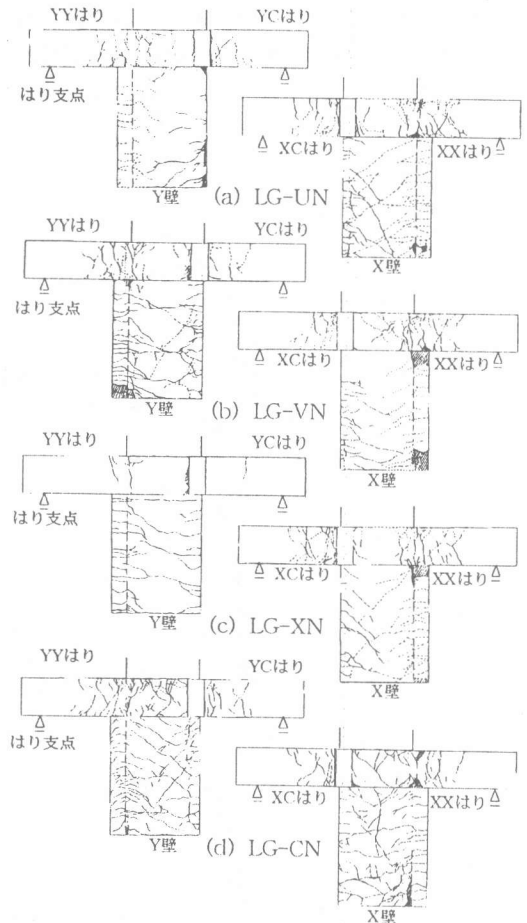


図-5 変位計の設置位置

### 3. ひび割れおよび破壊状況

実験終了時のひび割れおよび破壊状況を図-6に示す。全試験体で最初に境界はりにひび割れが発生し、変形の増大に伴い、ひび割れ数を増していった。境界はりのひび割れ発生後、壁脚にも曲げひび割れが発生し、変形の増大にしたがってその数を増し、ひび割れ幅が増大しさらに斜めひび割れが発生した。全試験体の中で境

界はりが降伏に至らなかったものはLG-XNの負方向加力における2本のはりのみであった。



### 4. 荷重-変形曲線

荷重-変形曲線を図-7に示す。L形断面耐震壁では加力と変形方向が一致しないため、縦軸は一定方向加力の試験体では変形方向荷重 $Q_T$ を、円形変位加力ではx方向荷重 $Q_x$ を取り、横軸は対応する水平部材角を取ったものである。どの試験体も最大耐力に達するまでは、ひび割れの発生、はり・柱の主筋の降伏、壁筋の降伏とともに剛性が低下しながら荷重が上昇する。最大耐力までに柱脚部主筋のすべてが降伏しており、荷重-変形曲線は正負両加力時とも明瞭な降伏現象を示している。変形方向の荷重-変形包絡線を図-8に示す。

正加力では、u方向加力であるLG-UNが最も小さい荷重を示し、また耐力以後の荷重低下も認められる。負加力においては、v方向が大きな荷重を示し、次にu方向、x方向の順で荷重は小さくなっているものの耐力以後の急な荷重の低下は見られない。

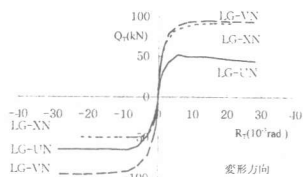


図-8 荷重-変形包絡線

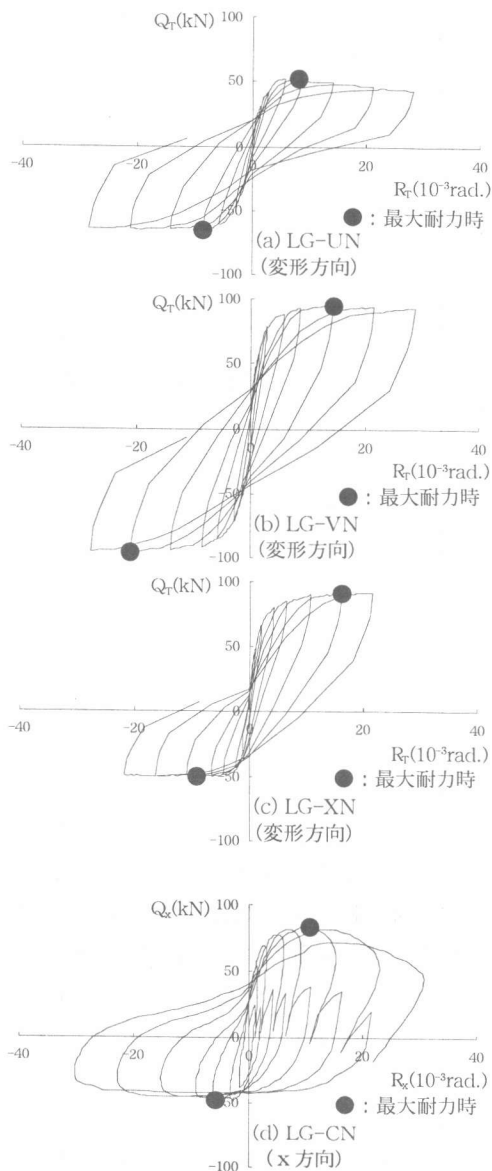


図-7 荷重-変形曲線

### 5. 境界はりのせん断力

4本の境界はりに働くせん断力と試験体のx方向部材角の関係の一例を図-9に示す。同図は、縦軸には境界はりに働くせん断力 $Q_b$ を、横軸はL形耐震壁の変形に対する境界はりのせん断力の推移および変形方向によるせん断力の差異を明らかにするため試験体のx方向部材角 $R_x$ とした。 $Q_b$ は各はり支点の反力であり、はり下端が引張となる時を正とした。図中の破線は、RC規準によるはりの曲げ終局強度略算式による値 ${}^cQ_b(27.3\text{kN})$ である。LG-VNの正加力時のYCはり、LG-XNの負加力時のYYはり、YCはりを除けば、せん断力は変形方向の最大耐力時以前に計算値 ${}^cQ_b$ を超えており、その後のx方向水平部材角 $R_x$ の増大に対しほぼ一定の値を示す。全試験体の実験値と計算値の比は0.84-1.6、全平均1.19である。

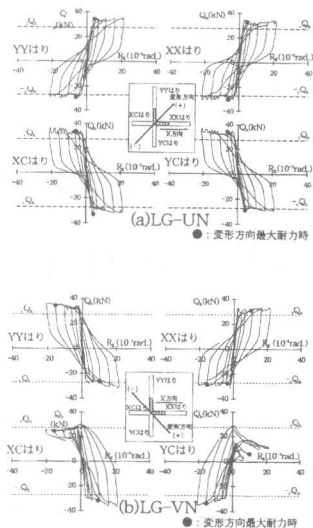


図-9 境界はりの反力と水平部材角

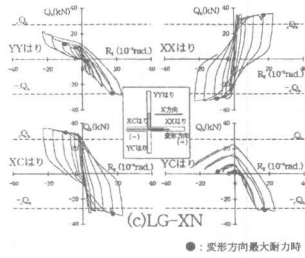


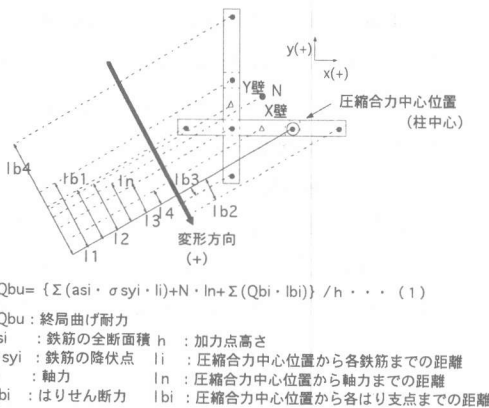
図-9 境界はりの反力と水平部材角

### 6. 変形方向終局曲げ耐力

すべての試験体は柱脚部の曲げ降伏により最大耐力に至った。変形方向終局曲げ耐力の実験値と計算値を表-4に示す。計算値は図-10に示すように、L形断面を変形方向の軸線上に投影し、投影された鉄筋位置、はり支点の反力 $Q_b$ および軸力位置から圧縮合力中心までの距離を考慮し、(1)式で算出した値である。表-4の値を極座標で表したものを図-11に示す。変形方向によらず実験値と計算値はほぼ一致している。

表-4 変形方向終局曲げ耐力の比較

試験体名	正負	最大荷重時のサイクル	実験値 $iQ_T$ (kN)	計算値 $eQ_T$ (kN)	$iQ_T/eQ_T$
LG-UN	+	3	52.0	49.2	1.06
	-	4	-65.2	-62.4	1.04
LG-VN	+	5	94.7	90.2	1.05
	-	6	-96.0	-90.2	1.06
LG-XN	+	6	91.2	94.3	0.97
	-	5	-50.4	-44.2	1.14
LG-CN		5	86.7		



$$eQ_bu = \{ \Sigma (asi \cdot \sigma_{syi} \cdot li) + N \cdot ln + \Sigma (Q_{bi} \cdot l_{bi}) \} / h \dots (1)$$

$eQ_bu$  : 終局曲げ耐力

$asi$  : 鉄筋の全断面積  $h$  : 加力点高さ

$\sigma_{syi}$  : 鉄筋の降伏点  $li$  : 圧縮合力中心位置から各鉄筋までの距離

$N$  : 軸力  $ln$  : 圧縮合力中心位置から軸力までの距離

$Q_{bi}$  : はりせん断力  $l_{bi}$  : 圧縮合力中心位置から各はり支点までの距離

図-10 変形方向終局曲げ耐力計算法

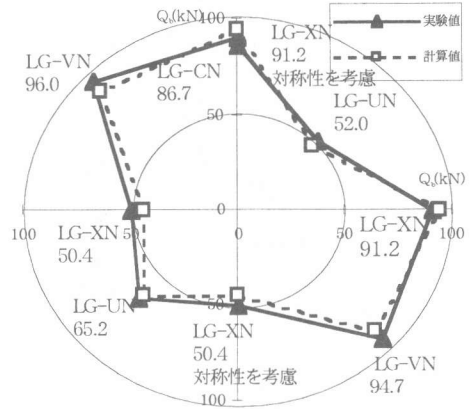


図-11 変形方向終局曲げ耐力

### 7. 二方向終局曲げ耐力

図-12はx方向荷重 $Q_x$ とy方向荷重 $Q_y$ をそれぞれ横軸、縦軸に取り、実験開始から実験終了時までの荷重履歴曲線を描いたものである。図中には既に発表している二方向曲げ耐力算定法から求まる三角形<sup>1)</sup>と、この三角形にはりの効果を考慮して求められる多角形を示した。はりの効果は、はり支点に作用するはりのせん断力をRC規準によるはりの曲げ終局強度略算式による値として図-13に示すように圧縮合力中心位置とはり支点間の距離を考慮して算定した。この時、はりせん断力の向きは図-12(a)の模式図のように仮定した。図の○印は、はりが上端で降伏する時を、●印は下端で降伏する時を示す。図-12によると、実験値は、ほぼこの耐力図の中に収まっており、はり付きL形断面耐震壁の二方向終局曲げ耐力図はこの多角形でおおむね押さえることができる。

### 8. むすび

境界はりを設けた鉄筋コンクリートL形断面耐震壁模型4体に定軸圧と二方向水平力を加えて曲げ破壊実験を行った。曲げ終局強度については、従来提案してきた算定法<sup>1)</sup>に境界はりの効果を考慮した算定法でL形断面耐震壁の二方向終局曲げ耐力が評価できることを確認した。

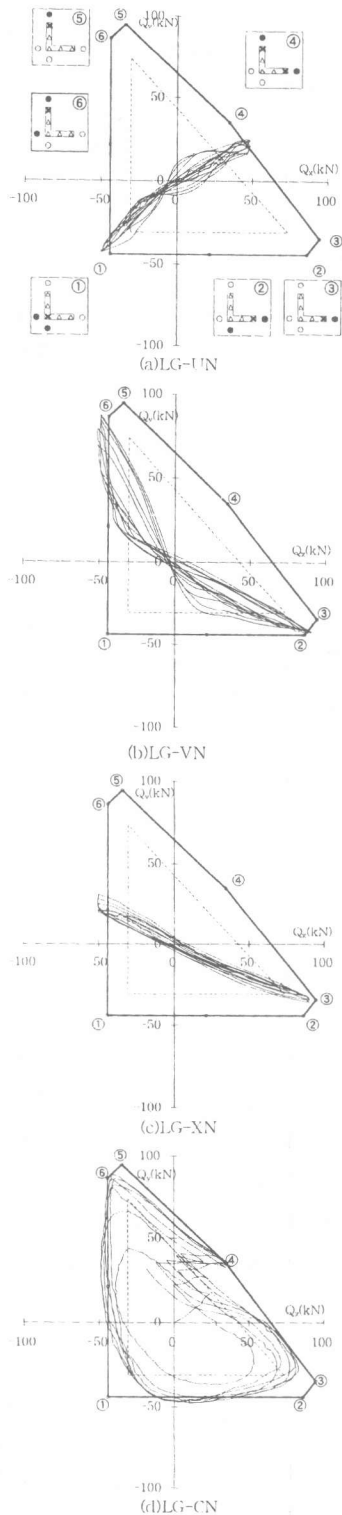
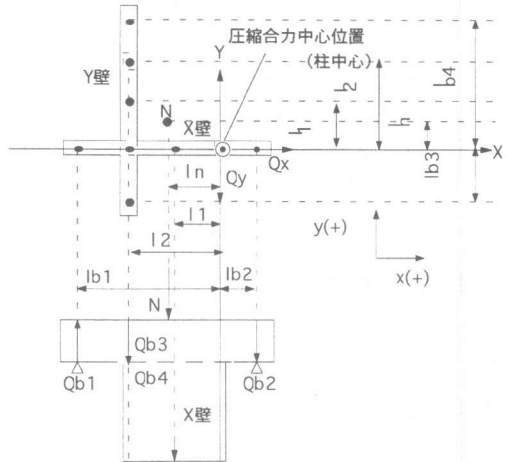


図-12 二方向荷重履歴曲線と曲げ耐力図



$$cQ_x, y = \{ \Sigma (a_{si} \cdot \sigma_{syi} \cdot l_i) + N \cdot l_n + \Sigma (Q_{bi} \cdot l_{bi}) \} / h \cdot \cdot \cdot (2)$$

cQ<sub>x</sub>, y : x 方向, y 方向の終局曲げ耐力  
他の記号は図-10に同じ

図-13 二方向終局曲げ耐力計算法

### 参考文献

- 1) 溝口光男・荒井康幸：二方向水平力を受ける鉄筋コンクリート L 型開断面耐震壁の弾塑性性状に関する実験的研究（その 2）二方向曲げ終局強度について，日本建築学会構造系論文集，第 464 号，pp.101～108，1994.10
- 2) 荒井・柴田：一般骨組内の開断面立体耐震壁の解析について，日本建築学会論文報告集，No313，1982.3
- 3) F.Khairallah, Y.Arai, M.Mizoguchi and C.Takeda : Flexural Behavior of RC L-Shaped Shear Walls under A Normal Force and Bi-Directional Reversal Forces : コンクリート工学年次論文報告集，17-2, pp.553～558, 1995.6
- 4) 荒井康幸・溝口光男・フォード・カイララ・山田基彦：二方向水平力と軸圧を受ける鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁の曲げ終局強度，コンクリート工学年次論文報告集 18-2, pp.1037～1042, 1996.6