室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

鉄筋コンクリート並列L形断面耐震壁の二方向終局曲げ耐力(耐震壁)

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 日本コンクリート工学協会
	公開日: 2022-03-29
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 荒井, 康幸, 溝口, 光男, 賀, 明玄
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00010501

Japan Concrete Institute

コンクリート工学年次論文報告集, Vol.16, No.2, 1994

論　文

[2222] 鉄筋コンクリート並列L形断面耐震壁の二方向終局曲げ耐力

荒井康幸*1・溝口光男*2・賀　明玄*3

1．はじめに

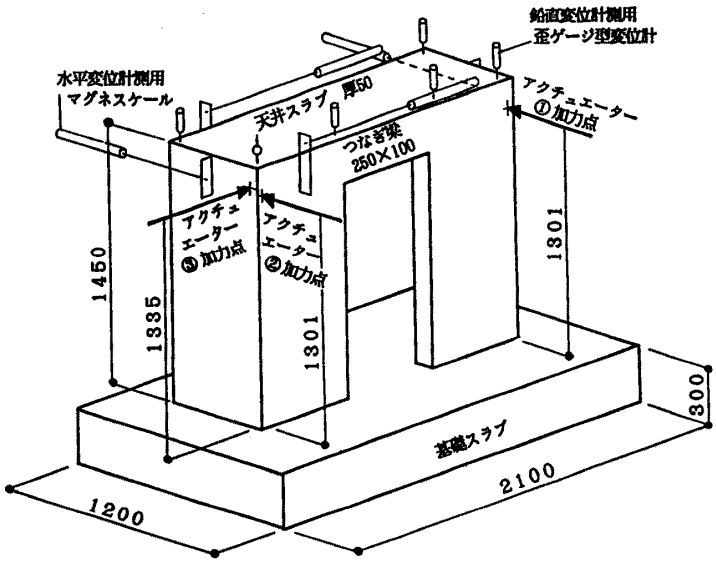
建築構造物にはコア壁などのようにL形断面を有する耐震壁が並立して配置される場合が少なくない。L形断面壁は水平面上二方向に広がりをもつものであるから、耐力や変形の評価に際しても二方向からの検討が必要である。単独のL形断面壁に関しては、筆者らは各種の二方向水平加力実験を行って、二方向終局曲げ耐力を推定する方法を提案している[1～3]。

本研究では、L形断面壁をつなぎ梁で連結した並列L形断面耐震壁に二方向から水平力を与える実験を行って、主として二方向終局曲げ耐力について検討した。

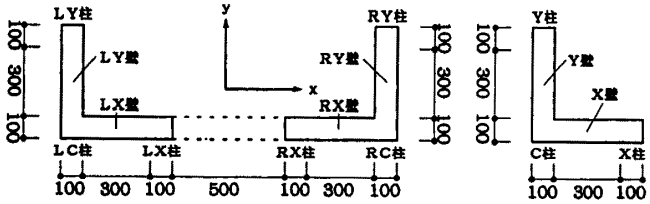
2．実験概要

2．1 試験体

試験体は、図－1に示すような2個のL形断面壁をつなぎ梁によって連結した並列L形断面壁（以後、並列壁と呼ぶ）であり、壁頂部には梁と断面形を保持するための天井スラブを設けた。壁厚は試験体が曲げ破壊するように柱と等厚の10cmに設計した。また、並列壁との比較用として単独のL形断面壁（以後、L形壁と呼ぶ）を作製した。これらの壁の断面および本報告で用いた各部の名称を図－2に示す。コンクリートは、豆砂利普通コンクリート（砂利の最大寸法10mm以下）を使用し、鉛直打ちとした。壁および天井スラブには4φのなまし鉄線を縦横@6cmで配筋し、柱には主筋4-D10にせん断補強筋として4φの角スパイラル筋を@3cmで巻いた。梁の配筋は軸鉄筋4-D10、補強筋4φ@3cmとした。配筋図を図－3に示す。コンクリートと鉄筋の力学的性質はそれぞれ表



図－1　試験体形状（単位：mm）



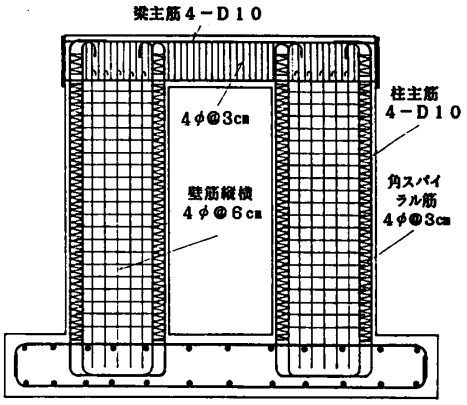
(a)並列壁　　(b)L形壁

図－2　壁断面の形状（単位：mm）

*1　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）
*2　室蘭工業大学助手　工学部建設システム工学科、工修（正会員）
*3　太原工業大学副教授　土木工程系、工修

NII-Electronic Library Service

－１、２に示す。壁頂部に強制変形を与える方向（以後、変形方向と呼ぶ）は図－４に示すようにｘ軸に対して並列壁では 0°,+22.5°,+45°の３方向、Ｌ形壁では 0°,+45°,-45°の３方向とした。Ｌ型壁の±45°方向の実験は、同一試験体に対して始めに+45°方向(以後、弱軸と呼ぶ)、次に-45°方向（以後、強軸と呼ぶ）に交互に正負の繰返し変形を与える方法とした。試験体数は並列壁が３体、Ｌ形壁が２体であり、同図にそれぞれの変形方向に対する試験体名および荷重と変形に関する座標系を示した。



図－３　配筋の概要

２．２ 加力および計測方法

図－５に示すように配置したアクチュエータ②および③によって、壁頂部へｘ、ｙ二方向の変形を与え、アクチュエータ①によって壁頂部が捩れないように制御しながら、変形方向に対して変位漸増正負繰返し加力を行った。なお、負荷重は、ＲＹ壁およびＬＹ壁頂部の梁に設けた穴を通るＰＣ鋼棒を介して加えられる。ｘ方向の加力に関しては、つなぎ梁のひび割れの発生による伸びを拘束しないような配慮をしながら加力を行った。繰返し変位振幅は、変形方向の部材角で千分の1,2,4,6,10,15,20,30,45rad.とした。変位の測定は、図－１に示すように試験体頂部の４ヶ所の水平変位と柱上部の鉛直変位を基礎スラブを基準にして計測した。ｘ方向変位はＬＸ壁中央位置で計測した。この位置では加力装置を避けるため標点を上方に移動して計測したが、ＬＸ壁両側柱の鉛直変位を用いて加力線上の値に補正した。二方向に変形することに伴っ

表－１　ｺﾝｸﾘｰﾄの力学的性状

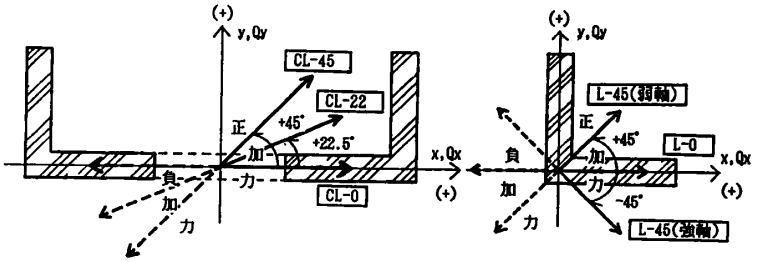
試験体名	σ_B (kg/cm²)	$_c\sigma_t$ (kg/cm²)	$E_{1/3}$ (×10⁵ kg/cm²)
CL-0	203	18.5	1.93
CL-22	218	21.1	2.10
CL-45	228	18.6	2.23
L-0	268	25.5	2.41
L-45	243	24.3	2.40

σ_B：圧縮強度
$_c\sigma_t$：引張強度
$E_{1/3}$：１／３割線弾性係数

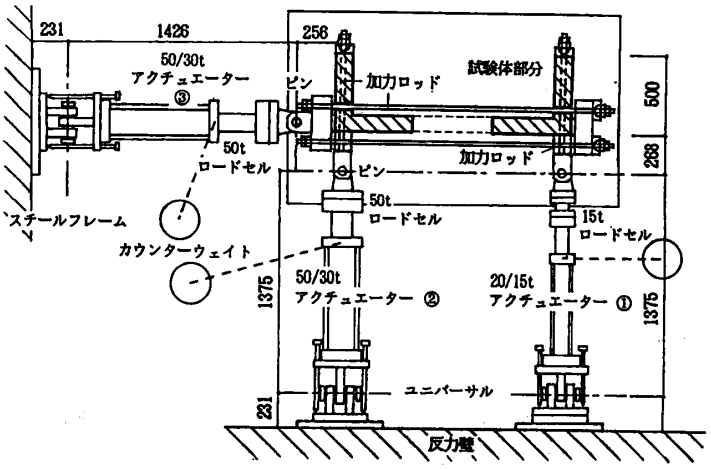
表－２　鉄筋の力学的性状

鉄筋	断面積 (cm²)	降伏強度 (kg/cm²)	引張強度 (kg/cm²)	伸び率 (%)
D16	(1.988)*	3620	5270	28.5
D10	(0.713)*	3880	5440	25.6
4φ	0.124	1810	3160	41.1

（ ）*は公称断面積



図－４　変形方向と試験体名



図－５　加力装置平断面図（単位：mm）

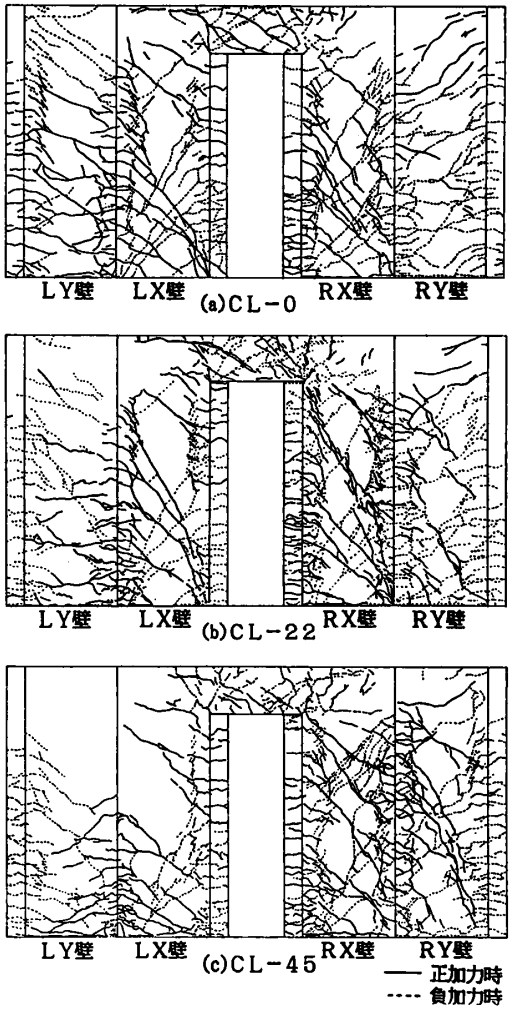
NII-Electronic Library Service

て荷重は二方向成分を持つため、各加力装置の荷重をx、y方向成分に分解し、これらを加え合わせてx、yそれぞれの方向の荷重とした。また、壁脚部の柱主筋と壁筋およびつなぎ梁両端の梁軸筋のひずみ度をW.S.G.（検長2mm）を用いて計測した。

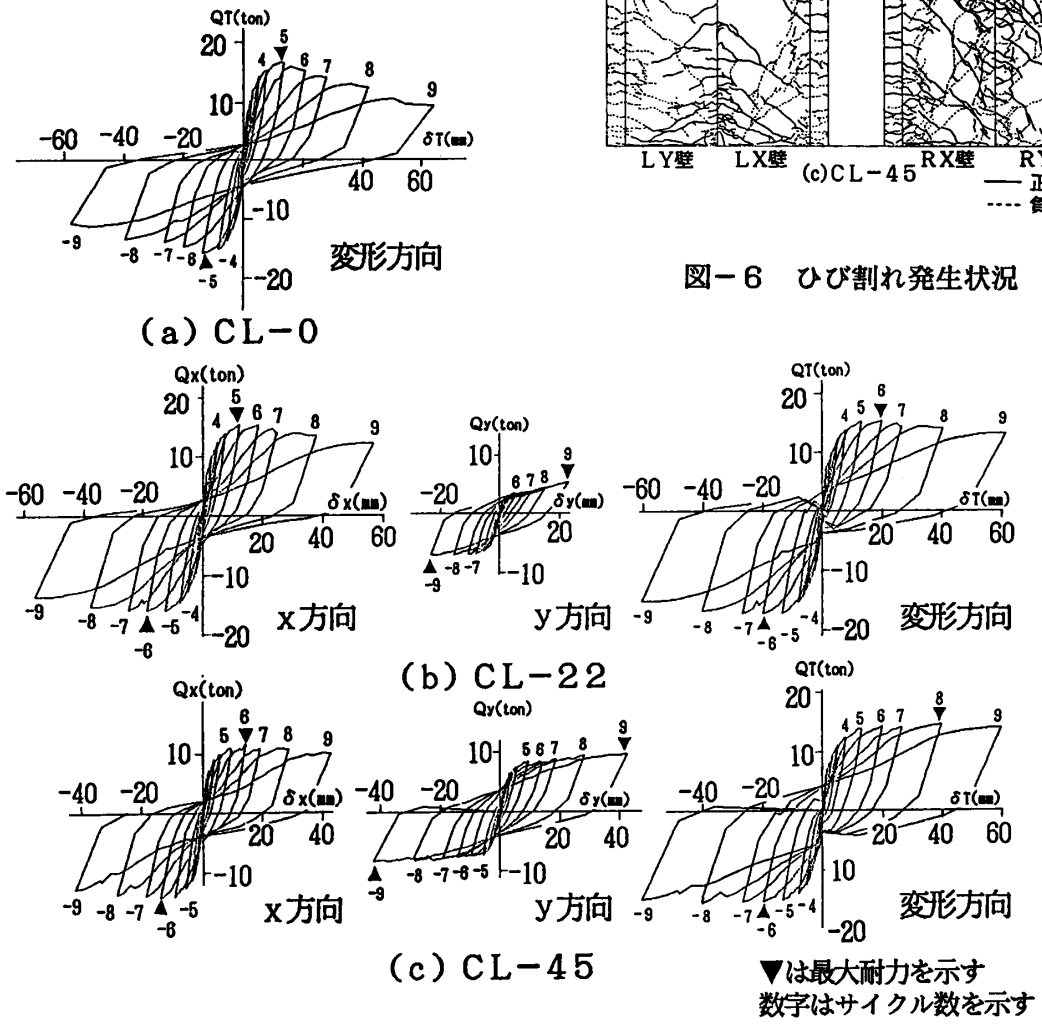
3．実験結果および検討

3．1 ひび割れおよび破壊状況

並列壁の実験終了時のひび割れ状況を図－6に示す。並列壁では3体とも壁脚部およびつなぎ梁両端に曲げひび割れ発生後、各壁およびつなぎ梁に斜めひび割れが発生した。その後、壁脚部およびつなぎ梁両端の鉄筋が降伏し、最大耐力に達している。なお、最大耐力以前に発生した斜めひび割れが開口するのは全て最大耐力以後であった。



図－6　ひび割れ発生状況



図－7　荷重－変形曲線

NII-Electronic Library Service

３．２ 荷重－変形曲線

並列壁のｘ方向、ｙ方向および変形方向の荷重－変形曲線を図－７に示す。ＣＬ-０は変形方向（ｘ方向）の荷重－変形曲線のみを示しているが、ｙ方向に関しては壁頂の変位が０になるように制御しているため、繰返し加力によって荷重のみが変動する。ｘ方向および変形方向の荷重－変形曲線は、全試験体ともひび割れの発生や引張側主筋の降伏により剛性が低下し、その後に最大耐力に達した。最大耐力後の保持力は壁脚部の圧壊により徐々に低下した。ｙ方向の荷重－変形曲線は±９サイクルでも荷重の低下は見られないが±５サイクル付近から荷重の増加は緩やかになっている。

３．３ 変形方向終局曲げ耐力

並列壁の変形方向最大荷重実験値$_tQ_{BU}$ を表－３に示す。前記の破壊状況や荷重－変形曲線から明らかなように、試験体は全て鉄筋が引張降伏して最大耐力に至っているので、同表には以下の方法によって求めた計算値$_cQ_{BU}$ も示した。図－８に示すように、並列壁をつなぎ梁の反曲点位置(梁中央）で左右のＬ形壁に分割し、この位置につなぎ梁のせん断力Q_b を作用させて、変形方向の軸線上に鉄筋の位置とQ_b の位置を投影し、×印で示す圧縮合力中心位置について、両壁毎に式(１)によって算出した値を足し合わせて計算値$_cQ_{BU}$ とした。

$$_cQ_{BU}=\{\sum_i(a_{s,i}\cdot\sigma_{sy,i}\cdot l_i)+Q_b\cdot l_b\}/h \quad \cdots (1)$$

ただし、$a_{s,i}$ ：鉄筋i の断面積

$\sigma_{sy,i}$ ：鉄筋i の降伏強度

l_i ：鉄筋i までの距離

Q_b ：つなぎ梁のせん断力

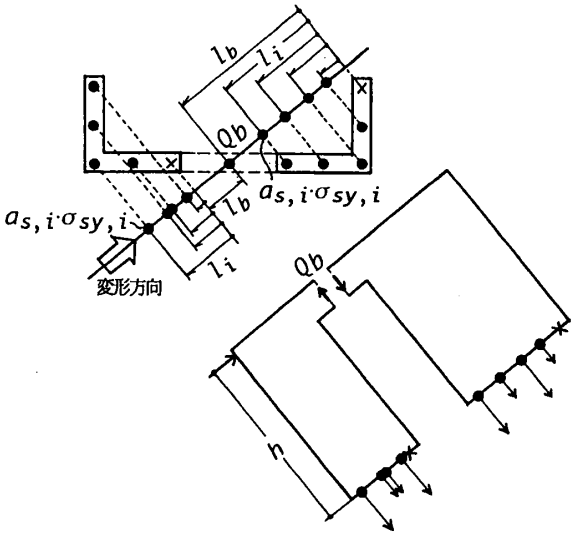
l_b ：つなぎ梁のせん断力の作用点までの距離

h ：加力点高さ

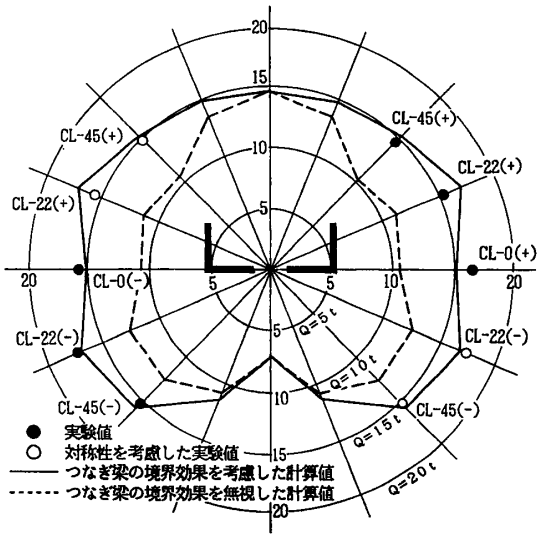
圧縮合力中心位置は、各壁幅両端の１０cm角を柱として(図－２参照)、加力側から変形方向に最遠端となる柱中心とした。また、Q_b はつなぎ梁両端の曲げ降伏時の値（天井スラブ筋は無視）とするが、本実験の加力方法ではつなぎ

表－３　変形方向終局曲げ耐力

試験体名	方向	サイクル	実験値 $_tQ_{BU}$ (ton)	計算値 $_cQ_{BU}$ (ton)	計算値 $_tQ_{BU}/_cQ_{BU}$
CL－0	＋	5	16.55	15.14	1.09
	－	5	15.66	15.14	1.03
CL－22	＋	6	15.33	16.76	0.91
	－	6	17.19	16.89	1.02
CL－45	＋	8	14.47	15.14	0.96
	－	6	15.12	15.63	0.97
平均					1.00



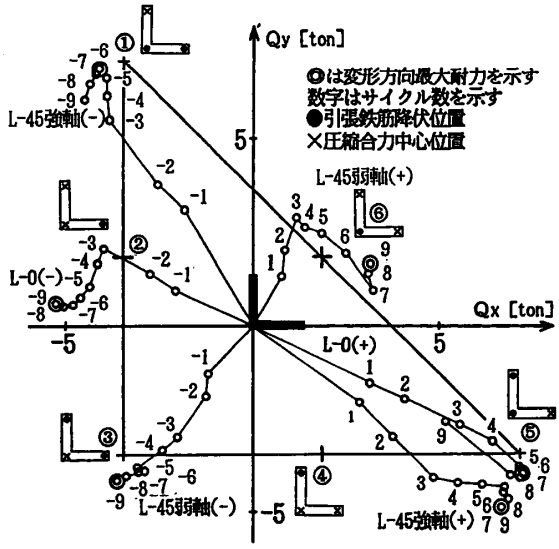
図－８　変形方向曲げ耐力計算法



図－９　変形方向曲げ耐力図

NII-Electronic Library Service

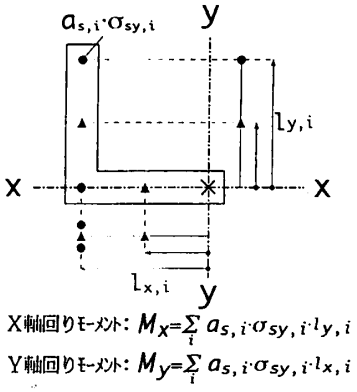
梁に軸力が加わるので、降伏モーメントは加力点と反対側の壁の負担せん断力の梁軸方向成分を軸力として、日本建築学会ＲＣ規準の柱の曲げ終局強度略算式[4]によって求めた。実験値と計算値を比較すると${}_tQ_{BU}/{}_cQ_{BU}$ は0.91～1.09、平均1.00となっており非常によく一致している。以上の変形方向とその最大荷重を、試験体の対称性を考慮に入れて極座標上にプロットすると図－９のようになる。一方、同図にはつなぎ梁の境界効果を無視した場合の計算値も示してあるが、これより境界効果の影響が大きいことが解る。



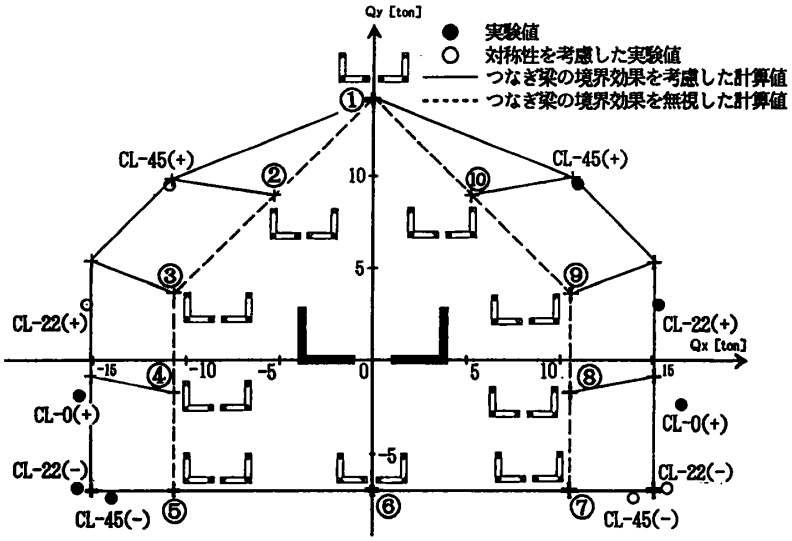
図－10　Ｌ形壁の二方向曲げ耐力図

３．４　Ｌ形壁の二方向終局曲げ耐力

図－10にＬ形壁の各サイクルピーク時のｘ方向荷重Q_xとｙ方向荷重Q_yをｘ－ｙ座標上にプロットして示した。この図には、既に報告したＬ形壁の二方向曲げ耐力図[2～3]（同図中の三角形。以後、耐力図と呼ぶ）も同時に示した。この耐力図は、１本の柱が圧縮端となる３とおりの曲げ破壊パターン（図中①③⑤）を設定して、図－11に示すように各パターンで圧縮合力中心を通る直交二軸をとり、引張降伏している鉄筋の軸回りモーメントからQ_x、Q_yを求めたものである。また、Ｌ形壁の曲げ破壊パターンには２本の柱が圧縮端となる場合（図－10中②④⑥）も考えられるが、その時のQ_x、Q_yは耐力図の辺上にある。なお、この場合２つの圧縮端には均等に圧縮力が分担されるものとして＋印で示してある。実験結果では、２本の柱が圧縮端となるＬ－４５弱軸（＋）のQ_x、Q_yは３サイクル付近から耐力図の斜辺上付近を斜辺に平行に移動しているが、これはｘ、ｙ方向の壁の破壊状況の差などによって、２つの圧縮端のバランスが崩れて圧縮力が均等になっていないためと考えられる。３～４サイクル以降の各変形方向のQ_x、Q_yは、耐力図のやや外側にあるものの三角形の辺上付近に分布している。したがって、圧縮合力中心位置の仮定に多少の検討を要すると思われるが、本実験のＬ形壁についても、二方向終局曲げ耐力は３とおりの曲げ破壊パターンから求められる耐力図



図－11　二方向曲げ耐力計算法



図－12　並列壁の二方向曲げ耐力図

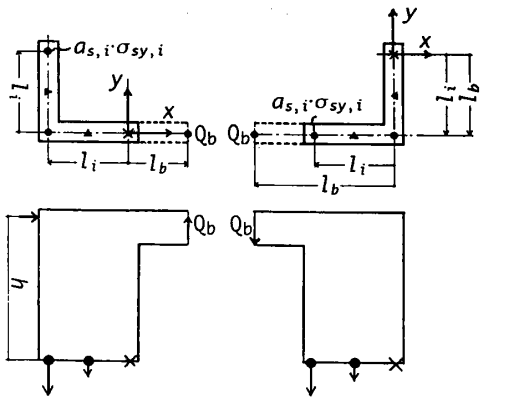
NII-Electronic Library Service

Japan Concrete Institute

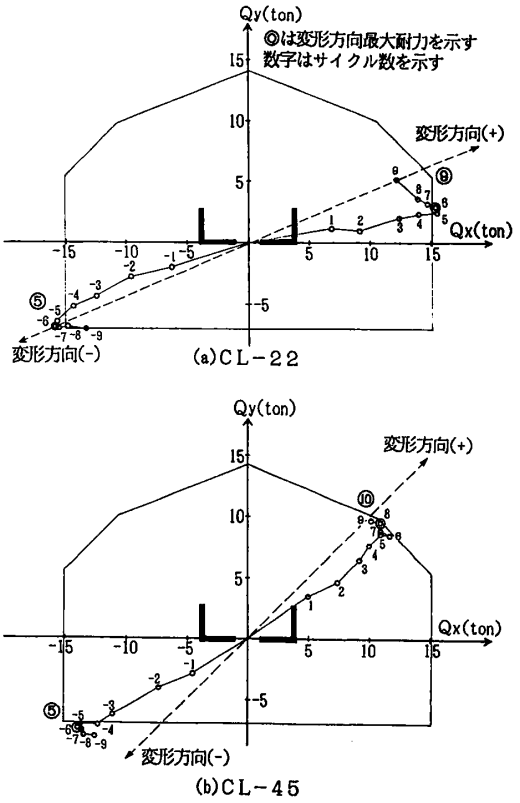
で概ね表されると言えよう。

３．５ 並列壁の二方向終局曲げ耐力

並列壁に前述したＬ形壁の６通りの曲げ破壊パターンを当てはめると、図－12に示す①～⑩の10通りの曲げ破壊パターンが得られる。この10通りの曲げ破壊パターンに対して図－13で示すように並列壁をつなぎ梁の反曲点位置で左右のＬ型壁に分割し、この位置につなぎ梁のせん断力Q_b（Q_bの算定は前記の変形方向曲げ耐力計算法に同じ）が作用するとして、各パターンで圧縮合力中心を通る直交二軸をとり、Ｌ形壁の場合と同様にして引張降伏している鉄筋の軸回りモーメントからQ_x、Q_yを求める。この結果をｘ－ｙ座標上にプロットし、その10点を結ぶと並列壁の二方向曲げ耐力図（以後、並列壁の耐力図と呼ぶ）を得る。並列壁の耐力図上に前述の変形方向最大荷重時のQ_x、Q_yを試験体の対称性を考慮してプロットすると、実験値はほぼ並列壁の耐力図上に位置している。図－14には、ＣＬ-２２とＣＬ-４５の各サイクルピーク時のQ_x、Q_yを示した。この図に前記の並列壁の耐力図を重ね合わせると、Q_x、Q_yは±５サイクル付近からほぼ並列壁の耐力図上に位置している。ＣＬ-２２(＋）では６サイクルからｘ方向の荷重は低下するが、ｙ方向の荷重は上昇している。しかし、両試験体ともこの並列壁の耐力図からQ_x、Q_yは大きく飛び出すことはなく、並列壁のQ_x、Q_y の最大値はこの耐力図で押さえることができると言える。



図－13　並列壁の二方向曲げ耐力計算法



図－14　二方向合力の推移

４．むすび

並列Ｌ形断面耐震壁の二方向水平加力実験を行い、主として曲げ耐力について検討した。得られた結果を要約すると、1)変形方向の曲げ耐力実験値は、つなぎ梁の境界効果を考慮にいれた計算値に非常によく対応する。2)既に提案しているＬ形壁の二方向曲げ耐力計算法を並列壁に応用して作成した二方向曲げ耐力図は、終局時のｘ方向とｙ方向の荷重の関係を適切に表現している。

［謝辞］　本研究に多大なご協力をいただいた(株)竹中工務店　鈴木　博氏、室蘭工業大学大学院生　武田　力君ならびに多くの卒論生に深く感謝いたします。

［参考文献］　1)荒井康幸ほか：二方向水平力を受ける鉄筋コンクリートＬ型開断面耐震壁の曲げ破壊性状（その１～３）、日本建築学会大会梗概集、pp.1959～1964、1984　2)荒井康幸ほか：各種の二方向変位履歴を受けるＬ型開断面耐震壁の弾塑性性状（その１～２）、日本建築学会大会梗概集Ｃ、pp.303～306、1986　3)荒井康幸ほか：二方向水平力を受ける鉄筋コンクリート不等辺Ｌ型開断面耐震壁の曲げ破壊性状（その１～２）、日本建築学会大会梗概集Ｃ、pp.585～588、1989　4)日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、pp.615、1991

NII-Electronic Library Service