

WALL FOUNDATION による耐震架構の開発研究（その5）

——カッティングジョイント壁体による架構の水平加力実験——

菊地利武 小嶋克朗

Development Study on Aseismic Basement Structure by Underground Diaphragm Walls (Part 5)

——Seismic Loading Tests on Cutting Joint Shear Walls——

Toshitake Kikuchi Yoshiro Kobatake

Abstract

The objective of this study is to carry out structural investigations on underground walls made by the cutting joint method using rotary cutter drums operated by hydraulic drive of the Hydrofrase excavator (such a wall hereafter being called “cutting joint shear wall”), and to propose a designing method for this type of shear wall.

This paper is concerned with seismic loading tests of scaled-down models of the concrete walls. These tests were performed in order to investigate influences on structural performance of roughness in vertical construction joint surfaces.

It was possible to confirm structural performances of cutting joint shear walls from these test results. For example, the ultimate strength of a cutting joint shear wall can be evaluated by the shear ultimate strength formula.

概要

この研究の目的は、油圧駆動するカッタードラムで掘削するハイドロフリーズ掘削機を用いて、壁体相互の継手面をカッティングする鉛直継手工法により構築した地中壁体（カッティングジョイント壁体）に、地下構造体としての機能を持たせ、地下外周耐震架構として利用するために、構造性能を検討し設計法を提案することである。

この報告は、地震時水平力が作用する場合を想定した、縮小模型の構面試験体による水平加力実験に関するもので、鉛直継手面のラフネスが構造性能に与える影響について検討するとともに、スクリーン壁体と一体壁の構造性能とも比較検討したものである。試験結果から、鉛直継手面を目荒らししたカッティングジョイント壁体の終局強度は、既往のせん断終局強度式で評価できるなど、カッティングジョイント壁体の構造性能を知ることができた。

1. 序

この研究は、WALL FOUNDATION¹⁾ (OWS - SOLETANCHE 工法によって構築した鉄筋コンクリート地中壁体に地下外壁、耐震壁、基礎ぐいなどの構造機能を単独またはその組合せで持たせた地下構造体) のより合理的な利用技術の確立と利用分野の拡大を図ることを目的としたものである。

開発中の新耐震架構は、油圧駆動でカッタードラムを回転させて地盤を掘削するハイドロフリーズ掘削機により、地中壁端部の脆弱なコンクリートを削るとともに凹凸を形成し、その面を鉛直継手部として単位地中壁相互を打継ぐ工法で構築した壁体を、地下階本体構造外周の頭部つなぎばりと地中ばりに剛接して形成したものである（以下、カッティングジョイント壁体と呼ぶ）。この壁体は、地震時水平力による面内方向の荷重に対して、一体壁としての構造機能を発揮する地下構造体である。カッティングジョイント壁体のタイプには、鉛直継手部に切り欠きを設けたほぞタイプと切り欠きのないフラットタイプの2種があり、設計・施工条件に応じて選択できる。

この報告は、カッティングジョイント壁体の面内力に対

する構造性能を把握することを目的として、カッティングジョイント壁体による地下外壁に地震時水平力が作用する場合を想定した、縮小模型の架構試験体による水平加力実験に関するものである。ここでは、単位地中壁体の鉛直継手面のラフネスが、カッティングジョイント壁体による架構の構造性能に与える影響について比較検討した。

2. 実験の概要

2.1 試験体

試験体一覧を表-1に、試験体の形状・寸法および配筋例を図-1に示す。

試験体は、板厚15 cm、板長さ120 cmの地中壁体を想定したプレキャスト板5枚が連続した全長154 cmのカッティングジョイント壁体を試験部分とする縮小模型の試験体3体、比較のためのスクリーン壁体（単位地中壁体相互で応力伝達がない）と一体壁がそれぞれ1体、合計5体である。その形状は、壁頭部をつなぎばり（以下、頭部つなぎばりと呼ぶ）に、通常のRC造と同様に縦筋を定着し、壁脚部を地中ばりを想定したつなぎばり（以下、脚部つなぎばりと呼ぶ）に、JOF工法²⁾により接合した架構である。

試験パラメータは、①単位地中壁体相互の鉛直継手部の

ラフネス(2種類; R面とS面, 表-1を参照), ②壁の種類(3種類; カッティングジョイント壁体, スクリーン壁体および一体壁)である。左右両端を除く単位地中壁体(以下, 一般部単位地中壁体と呼ぶ)には, ダブル配筋で縦筋に $P_w=2.3\%$ (6-D13と4-D10) または 1.3% (8-D10) を, 横筋に $P_w=0.32\%$ (D6@120) を配した。左右最外端のJOF工法による脚部つなぎばり接合部には, せん断力とねじりモーメントを負担する接合鉄筋として9-D13 ($P_s=1.59\%$) を, その内側の一般部地中壁体の接合部には, 4-D10 ($P_s=0.24\%$) の接合鉄筋を配した。カッティングジョイント壁体の試験体の製作は, ①~③の手順で行なった。①先行地中壁体を平打ちで製作し鉛直継手面の処理を行なってから, これを所定の位置に敷き並べ, ②後行地中壁体を平打ちで打継ぎ一体の地中壁体を成形し, ③頭部つなぎばりと脚部つなぎばりを打継ぎ, 架構を成形した。なお, スクリーン壁体には, 鉛直継手部に10mmのスリットを設け, 一体壁は, 一回のコンクリート打設により各部材を打継ぎのない一体の架構試験体に成形した。

2.2 使用材料

使用した鉄筋の性質を表-2に示す。

コンクリートには, 設計基準強度 $F_c=240 \text{ kg/cm}^2$, スランプ18cm, 粗骨材の最大粒径25mmの普通コンクリート

の生コンを使用した。実験時におけるコンクリートの性質を表-2に示す。

2.3 加力方法と測定方法

加力方法を図-2に示す。

加力は, 頭部つなぎばりに荷重を加える片持ばり

(せん断スパン $a=95 \text{ cm}$; 加力芯から脚部つなぎばり上面までの距離)形式により, 曲げとせん断が同時に加わる方法で行ない, 荷重をロードセルで検出した。荷重の加え方は, 地中壁体コンクリートの短期許容せん断応力度 $f_s=8.33 \text{ kg/cm}^2 \{=1.5 \times (3.75+3/400 F_c), F_c=240 \text{ kg/cm}^2\}$ を基準に正負繰返し漸増载荷方式とした。なお, 水平加力に伴う浮き上がりを, 試験床に反力をとった治具で頭部つなぎばり位置で拘束し, 試験部分が主にせん断応力場になるよ

表-1 試験体一覧

試験体名	壁の種類	鉛直継手部のラフネス
CR1	カッティング ジョイント壁体	はつり面
CR2		(R面)
CS	スクリーン壁体	ワイヤーブラシ 掛け面(S面)
S	スクリーン壁体	—
CM	一体壁	—

(注) はつり面(R面): ベニヤ型枠で成形した面をケレンハンマーで目荒しし, 水洗いした面
ワイヤーブラシ掛: ベニヤ型枠で成形した面を水洗いしつつワイヤーブラシ掛けした面

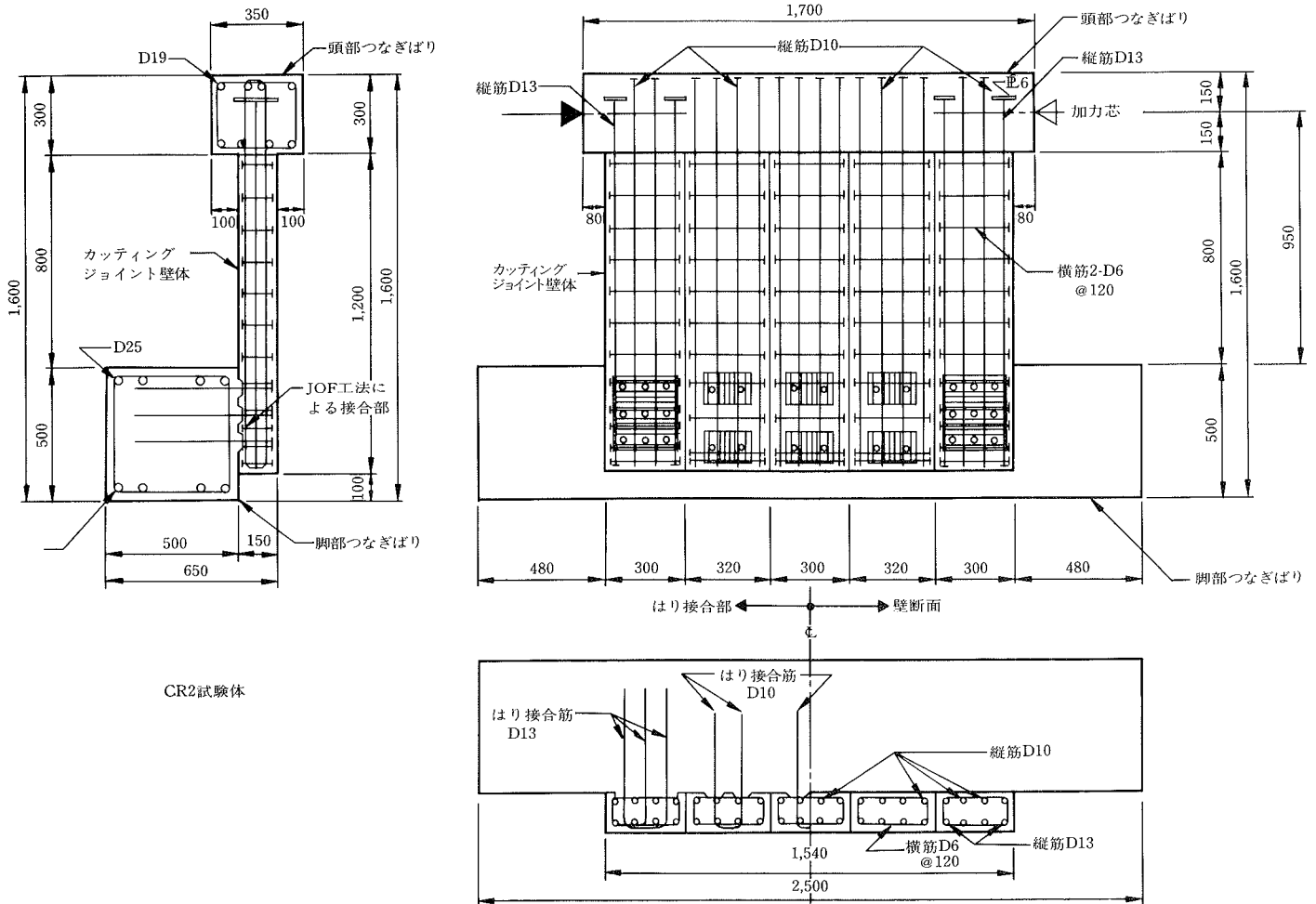


図-1 試験体の形状, 寸法および配筋

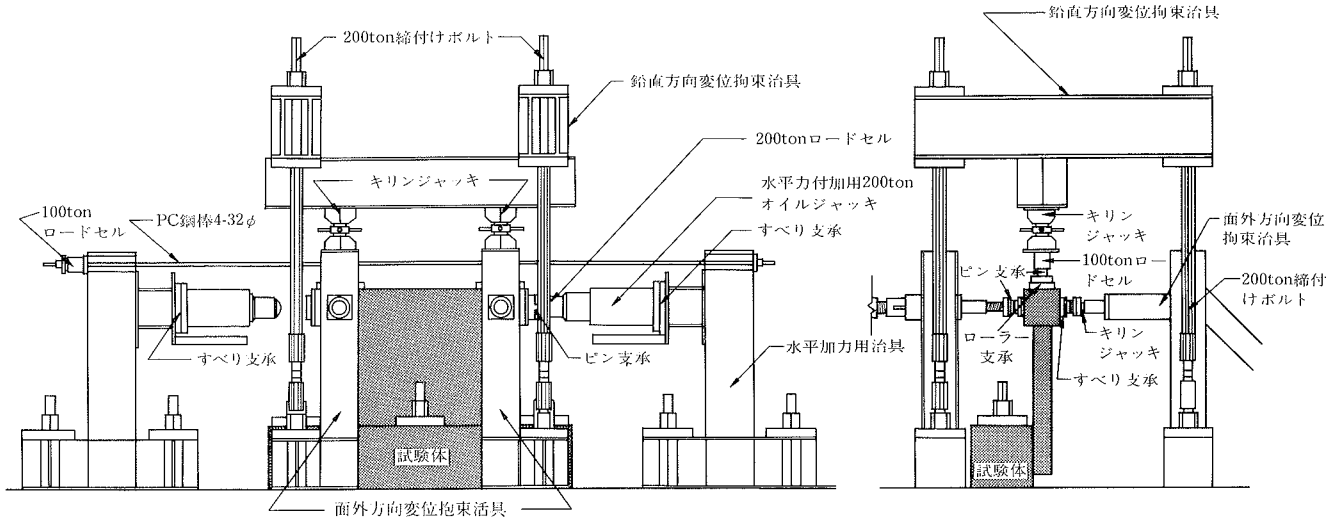


図-2 加力方法

うに、また、偏心加力に伴う面外方向へのねじり変形を拘束し、その影響がないように加力装置を計画した。CR2、CS および S 試験体については、地中壁に作用する地盤反力による拘束効果を考慮し、最外縁の単位地中壁体の下端に転倒モーメントによる圧縮力を支持するように支承を挿入した。

測定は、変位として、頭部つなぎばり中央で加力芯位置における脚部つなぎばりに対する相対水平変位を高感度型変位計で、ひずみとして鉄筋の軸ひずみを W. S. G. で行った。

3. 実験結果とその検討

3.1 破壊経過

最終破壊状況を写真-1 に示す。

カッティングジョイント壁体の試験体に加力すると、曲げひび割れが $Q=15\sim 17$ ton で脚部つなぎばり上面近傍に発生し、荷重が上昇するに従ってその一部が曲げせん断ひび割れにと進展した。更に、加力すると、せん断ひび割れが $Q=45\sim 52$ ton で加力点側の壁隅角部を起点にして、壁せい中央を加力方向に対し、約45度の角度で横切って発生したが、剛性が急激に低下することなく、荷重の上昇とともにせん断ひび割れが増加進展していった。しかし、CS 試験体では、単位地中壁体相互の鉛直継手部が局部的にすべり、その一体性が損なわれたと思われるひびわれが発生した。そして、引張最外縁の縦筋は、 $Q=66\sim 72$ ton 時に脚部つなぎばり上面位置で降伏した。その後も、荷重は上昇して行き、CR2 と CR1 試験体では $Q=98$ と 82 ton でカッティングジョイント壁体がせん断破壊したが、前者は、一体壁に近い破壊パターンであったが、後者は、せん断破壊しているものの一体性が損なわれている部分が認められた。しかしながら、両者は、第4サイクルの最大荷重 $Q=77$ ton までは、一体壁とほぼ同じひび割れパターンを示しており、一体壁に近い破壊経過であったと言える。

一方、CS 試験体では、 $Q=80$ ton が終局強度となった

表-2 使用材料の性質

材質と 呼び径	降伏点 σ_y^* (kg/cm ²)	引張強度 σ_{max}^* (kg/cm ²)	弾性係数 E_s^* ($\times 10^5$ kg/cm ²)	使用部位
SD30・D6	3450	5500	1.89	壁横筋
SD30・D10	3580	4940	1.93	壁縦筋
SD30・D13	3680	5510	1.88	頭部と脚部つなぎばりの帯筋
SD30・D19	3500	5210	1.92	頭部つなぎばりの軸方向筋
SD30・D25	3640	5500	1.96	壁縦筋と脚部つなぎばりの軸方向筋

試験体	圧縮強度 σ_b (kg/cm ²)			弾性係数 E_c ($\times 10^5$ kg/cm ²)		
	先打部	後打部	平均	先打部	後打部	平均
CR1	330*	332	331	2.35*	2.29	2.32
CR2	327*		330	2.39*		2.34
CS	324*	329	327	2.28*	2.13	2.21
S	304		317	2.22		2.18
CM	308		—	2.17		—

(注) *印の値は、地中壁先打部と地中壁後打部の平均値
材令：先打部117日～155日、後打部(CM試験体を含む)72日～92日

が、単位地中壁体相互の鉛直継手部のすべりが進行するとともに、個々の壁に破壊が進行する破壊経過を示したが、終局強度 $Q=80$ ton に達した後も、ほとんど耐力低下がなく荷重レベルは小さいものの変形能に富む性状であった。

スクリーン壁体の S 試験体に荷重を加えると、曲げひび割れが、 $Q=7.5$ ton で単位地中壁の脚部つなぎばり上面近傍、頭部打継ぎ部あるいは打継ぎ近傍に発生した。荷重が上昇するに従って曲げひび割れが増加するとともに、曲げせん断ひび割れにと進展した。更に、加力すると、 $Q=39$ ton 時に単位地中壁の最外縁頭部縦筋の一箇所が引張降伏し、それ以後の荷重履歴で頭部縦筋が次々に引張または圧縮降伏した。なお、接合鉄筋も $Q=-34$ ton で降伏し、縦筋同様に次々に降伏して行った。終局強度 $Q=49$ ton に達した

後も、最大相対変位 $\delta=4.75$ cm (部材角 $R=1/20$ rad.) まで加力したが、その耐力低下は、極めて小さく典型的な曲げ破壊型の矩形ラーメン架構にみられる変形能に富む変位性状を示した。

一体壁の CM 試験体に荷重を加えると、曲げひび割れが $Q=15$ ton で、脚部つなぎばり上面近傍の壁脚部に発生した。荷重が上昇するに従って、曲げひび割れが増加するとともにその一部は、曲げせん断ひび割れにと進展した。更に、加力すると、せん断ひび割れが $Q=49$ ton で発生したが、急激に剛性が低下することなく、荷重が上昇するとともにせん断ひび割れが増加進展した。そして、 $Q=110$ ton でせん断破壊し急激に荷重が低下した。

3.2 諸強度

せん断ひび割れ強度 Q_{sc} と終局強度 Q_u をまとめて表-3 に示す。

カッティングジョイント壁体の CR1, CR2 および CS 試験体のせん断ひび割れ強度 Q_{sc} (実 τ_{sc}) は、それぞれ Q_{sc} (実 τ_{sc}) = 52 (22.5), 45 (19.5) および 45 ton (19.5 kg/cm²) でほぼ同じ荷重レベルでせん断ひび割れが発生した。また、これらの値は、一体壁 CM 試験体の $Q_{sc}=49$ ton (実 $\tau_{sc}=21.2$ kg/cm²) にほぼ対応していた。実験値の計算値に対する比率は、0.89~1.03倍 (平均0.94倍) でよい対応を示し、既往の算定式で評価できると考えられる。

カッティングジョイント壁体のせん断ひび割れ強度は、一体壁のものと同等の値で、この荷重レベルでは、一体の壁としてせん断強度を発揮していたものと考えられる。

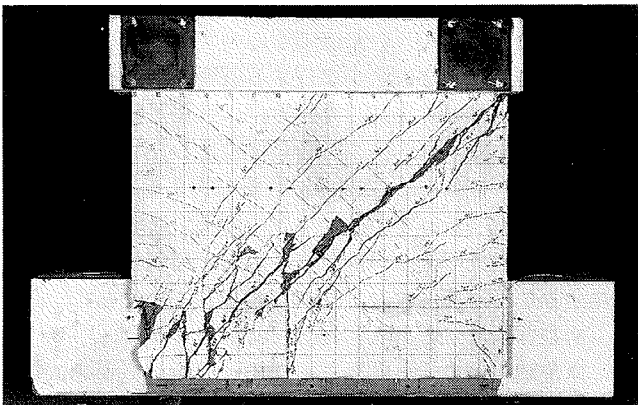
カッティングジョイント壁体の CR1, CR2 および CS 試験体の終局強度 Q_u (実 τ_u) は、それぞれ Q_u (実 τ_u) = 82 (35.5), 98 (42.4) および 80 ton (34.6 kg/cm²) であり、明瞭なせん断破壊を示した CR1.3 試験体が他のものよ

表-3 諸強度一覧

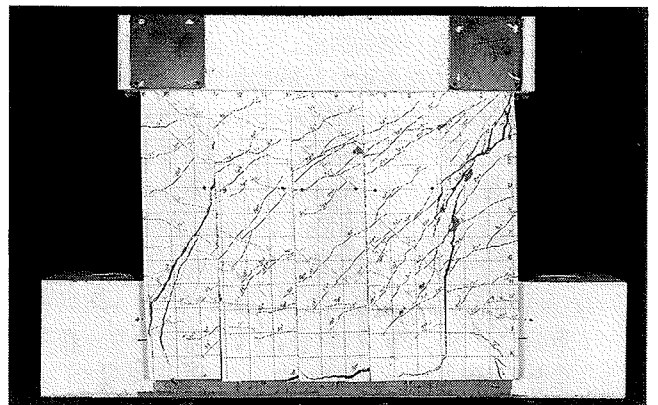
試験体名	せん断ひび割れ強度				終局強度					
	実験値		計算値	比率	実験値		計算値	比率	計算値	比率
	実 Q_{sc} (ton)	実 τ_{sc} (kg/cm ²)	計 Q_{sc}^* (ton)	実 Q_{sc} 計 Q_{sc}	実 Q_u (ton)	実 τ_{su} (kg/cm ²)	計 Q_{su}^* (ton)	実 Q_u 実 Q_{su}	計 Q_{su}^* (ton)	実 Q_u 計 Q_{su}
CR1	52	22.5	50.5	1.03	82	35.5	96.3 91.7	0.85 0.89	—	—
CR2	45	19.5	50.6	0.89	98	42.4	88.2 83.6	1.11 1.17	—	—
CS	45	19.5	50.1	0.90	80	34.6	95.5 91.0	0.84 0.88	—	—
S	—	—	—	—	49	21.8	—	—	50.1	0.98
CM	49	21.2	49.3	0.99	110	47.6	85.8	1.28	—	—

(注) 計算値の算定式
 *1 曲げひび割れ強度 : 計 $Q_{bc} = \text{計} M_{bc} / a$, 計 $M_{bc} = 1.8 \sqrt{F_c \cdot Z_c} \cdot F_c$ (実験時の圧縮強度)
 *2 せん断ひび割れ強度 : 計 $Q_{sc} = t \cdot l_e \sqrt{\sigma_t^2 + \alpha \cdot \sigma_c} / S_{max}$, $\alpha = 1.8 \sqrt{F_c}$
 *3 せん断終局強度 : 計 $Q_{su} = \{ 0.0679 \text{pt}^{0.23} (F_c + 180) / \sqrt{M/Q \cdot D + 0.12 + 2.7 \sqrt{\sigma_{wh} \cdot P_{wh}}} \} \cdot b \cdot j$
 *4 曲げ終局強度 : 計 $Q_{bu} = \text{計} M_{bu} / a$, 信 $M_{bu} = 0.9 \alpha t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.4 \alpha_{wh} \cdot \sigma_{wh} \cdot D$
 カッティングジョイント壁体のせん断終局強度計算値の上段の値は $M/QD=0.62$, 下段の値は $M/QD=0.75$ と仮定して求めた値、スクリーン壁体の曲げ強度計算値は、せん断スパン a を頭部つなぎばり下端から脚部つなぎばり接合部中央までの距離の半分 $a=50$ cm と仮定して求めた値

りも大きい強度を示した。これは、単位地中壁相互の鉛直継手部のラフネスの違い、最外縁の単位地中壁の下端に挿入して、転倒モーメントによる圧縮力を支持する支承の有無 {CR2 (あり) と CR1 (なし)} によるものと考えられる。即ち、CR2 試験体では、鉛直継手部のラフネス (ケレンハンマーによる目荒らし) の効果、挿入した支承が発揮する接合部に生じる軸方向変形の拘束効果により、単位地中壁体相互の鉛直継手部のすべりが押えられ一体性が確保されたものと考えられる。CR1, CR2 および CS 試験体の実験値は、一体壁 CM 試験体の $Q_u=110$ ton に対する比率でみると、それぞれ 0.75, 0.89 および 0.73 倍でカッティングジョイント壁体がやや小さい値を示した。これは、単位地中壁体の鉛直継手部の有無 (横筋の配筋仕様の相違)、単位地中壁と脚部つなぎばりとの接合部の有無が、終局強度に影響を与えていることを示しているものと考えられる。また、スクリーン壁体 S 試験体 $Q_u=49$ ton に対する比率



CR2 試験体



CS 試験体

写真-1 最終破壊状況

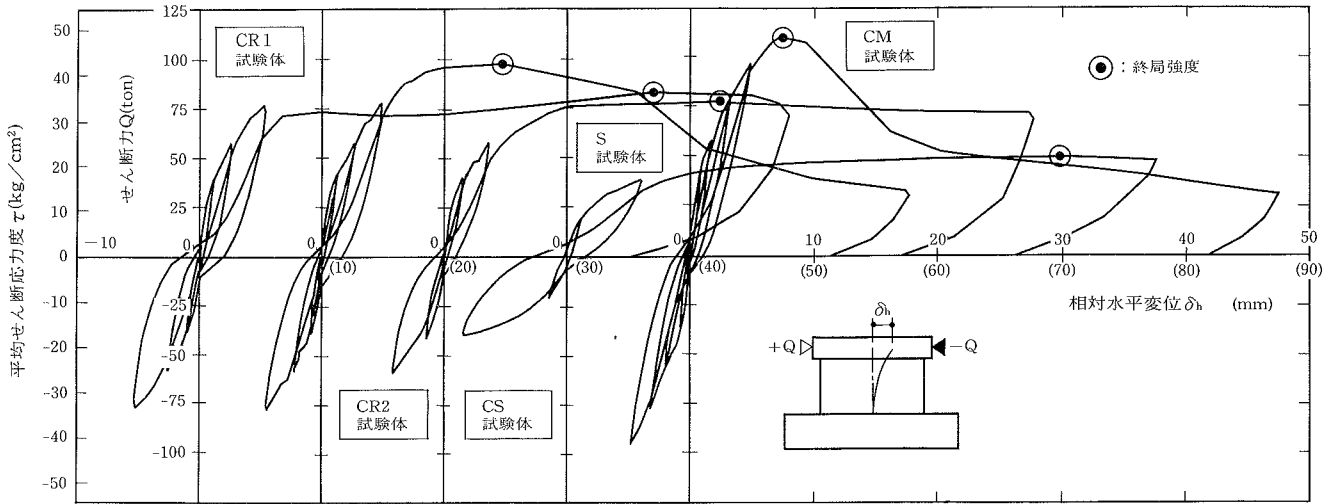


図-3 せん断力 Q～相対水平変位 δ_h 関係

でみると、それぞれ、1.67、2.00および1.63倍でカッティングジョイント壁体が大い値を示した。

カッティングジョイント壁体における実験値は、M/QD=0.75(せん断スパンを加力心から脚部つなぎばり接合部中央までの距離 a=115 cm と仮定)とした時の計算値に対する比率でみると、0.88～1.17倍(平均0.98倍)であり、カッティングジョイント壁体の終局強度は、脚部つなぎばり部における固定端を接合部の中央位置と仮定して、このせん断終局強度式でほぼ評価できるものと考えられる。なお、一体壁 CM 試験体の実験値は、計算値(a=95 cm と仮定)に対する比率で1.28倍と大きく、この計算値は、かなり安全側の評価を与えている。

スクリーン壁体 S 試験体の実験値は、実 Qu=49 ton (実 τu=21.8 kg/cm²)であった。実験値の計算値(せん断スパンを頭部つなぎばり下端から脚部つなぎばり接合部中央位置までの距離の 1/2 と仮定、a=50 cm)に対する比率は 0.99倍で、実験値は、単位地中壁と頭部および脚部つなぎばりとして構成する矩形ラーメン架構が耐力を発揮するものとして求めた曲げ終局強度式で評価できた。

3.3 変位

各試験体のせん断力 Q～相対水平変位 δ_h 関係を図-3 に示す。

初期剛性の計算値は、カッティングジョイント壁体を一体壁と仮定して鉄筋を考慮した弾性曲げ剛性と弾性せん断剛性から求めた値である。

カッティングジョイント壁体(CR1, CR2 および CS 試験体)の弾性剛性 実 Ke は、それぞれ 実 Ke=940, 830 および 950 ton/cm で、一体壁 CM 試験体の 実 Ke=830 ton/cm に対する比率でみると、1.13、1.00 および 1.14 倍となり、一体壁とほぼ同等の弾性剛性であった。

スクリーン壁体 S 試験体を除いた 4 試験体の実験値は、加力心から脚部つなぎばり上面までの距離 a=95 cm を、せん断スパンとして求めた計算値¹⁾に対する比率でみると、0.69～0.82倍(平均0.77倍)で計算値より小さい値を示し

表-4 弾性剛性一覧

試験体名	実験値	計算値(1)	比 率	計算値(2)	比 率	計算値(3)	比 率
	実Ke (ton/cm)	計 ₁ Ke (ton/cm)	実Ke 計 ₁ Ke	計 ₂ Ke (ton/cm)	実Ke 計 ₂ Ke	計 ₃ Ke (ton/cm)	実Ke 計 ₃ Ke
CR1	940	1180	0.80	880	1.07	—	—
CR2	830	1200	0.69	890	0.93	—	—
CS	950	1160	0.82	860	1.10	—	—
S	330	—	—	—	—	400	0.83
CM	830	1100	0.75	810	1.02	—	—

(算定式)

$$\text{計}Ke = \frac{1}{1/K_B + 1/K_S}, K_B = \frac{Q}{\delta_B}, \delta_B = \frac{Q \cdot a^3}{3E \cdot I_e}, K_S = \frac{Q}{\delta_S}, \delta_S = k \frac{Q \cdot a}{G \cdot A}, k=1.5$$
 計算値(1): a=95cmの片持ばりと仮定、計算値(2): a=115cmの片持ばりと仮定
 計算値(3): a=50cmの連続矩形ラーメンと仮定

た。これは、乾燥収縮の影響や計算上の仮定と実際の試験体との相違、即ち、地中壁と脚部つなぎばりとの支持形式の違いやせん断スパンの設定のしかたによるものと考えられる。そこで、せん断スパンを加力心から脚部つなぎばり接合部の中央までの距離 a=115 cm、として求めた計算値²⁾と実験値とを比較すると、実験値の計算値に対する比率は、0.93～1.10倍(平均1.03倍)で両者はよい対応を示した。

カッティングジョイント壁体の履歴曲線は、CS 試験体の剛性が他のものよりもやや小さいものの、3 試験体とも第 3 サイクル(最大荷重 Q=58 ton)の繰り返しまでは、曲げひび割れやせん断ひび割れが発生し、これらが増加進展しても急激に剛性が低下することなく、ほぼ同じような履歴特性を示した。しかしながら、CS 試験体では、第 4 サイクルにおいて鉛直継手部のすべりが大きく進行し、急激に剛性が低下して終局強度に達したが、最大変位まで耐力低下の小さい変形能に富む変位性状であった。

一方、CR1 と CR2 試験体では、第 4 サイクル(最大荷重 Q=77 ton)の繰り返しまで極めて類似した変位性状を示したが、その後 CR1 試験体では、第 5 サイクルにおいて第 4 サイクルの最大荷重 Q=77 ton に達する以前に大きく変位が増大し、いったん低下した荷重が上昇して終局強度に達

する変位性状を示した。これに対して、CR2 試験体では、第5サイクルにおいて徐々に耐力低下をきたしながら終局強度に達し、CM 試験体ほどではないが急激に剛性が低下する変位性状を示した。

スクリーン壁体 S 試験体の弾性剛性は $K_e = 330 \text{ t/cm}$ で一体壁の約40%を保有しており、この実験値は、計算値(3)に対する比率でみると、0.83倍でやや小さいがほぼ対応していた。スクリーン壁体 S 試験体は、曲げ破壊型のラーメン架構にみられる変形能に富む典型的な変位性状を示した。

3.4 鉄筋のひずみ

各サイクルの最大荷重における壁縦筋のひずみ分布を図-4に示す。

カッティングジョイント壁体 CR1 と CR2 試験体のひずみ分布は、定性的にみると第4サイクル (最大荷重 $Q = 77 \text{ ton}$) においても、一体壁 CM 試験体のひずみ分布とほぼ同じ性状を示しており、 $Q = 77 \text{ ton}$ レベルまでは、カッティングジョイント壁体の一体性が維持されていたものと考えられる。しかしながら、最大荷重時の分布は、一体壁としての分布形が損なわれ、個々の単位地中壁が単独に耐力を発揮する矩形ラーメン的な挙動を示す部分が認められた。これに対して、CS 試験体の分布は、第2サイクル(最大荷重 $Q = 39 \text{ ton}$) までは、一体壁としての性状を示しているもののその後のサイクルでは、その挙動が矩形ラーメン的なものに移行した。このように、一体性が比較的小さい荷重レベルでそこなわれたのは鉛直継手部のラフネスの影響によるものと考えられる。

カッティングジョイント壁体の横筋のひずみは、せん断ひび割れの発生にともなって生じ、そのひび割れが増加進展するとともに増大した。また、最大荷重時には、横筋は降伏しており、単位地中壁体ごとに横筋が切れていても一体の場合と同様に、応力が負担できるものと考えられる。

4. 結び

単位地中壁端部のコンクリートを機械的に削って凹凸を成形し、その面で単位地中壁相互を鉛直継手したカッティングジョイント壁体による地下耐震架構の地震時の面内水平力を受けた時の構造性能について、縮小模型の試験体による架構の水平加力実験を行なって検討した。この実験結果をまとめると以下のである。

①単位地中壁体の鉛直継手面が R 面 (ケレンハンマーで目荒らした面) のカッティングジョイント壁体の構造性能は、第4サイクルの最大荷重 $Q = 77 \text{ ton}$ ($\tau = 33.3 \text{ kg/cm}^2$) までは、一体壁とほぼ同じ性能を有する。

②カッティングジョイント壁体における単位地中壁相互の鉛直継手部のラフネスは、その構造性能に影響を与えており、カッティングジョイント面の凹凸は、一体性を確保する上で重要な働きをしている。

③カッティングジョイント壁体の終局強度は、一体壁の終局強度よりもやや小さい値であったが、その終局強度は、

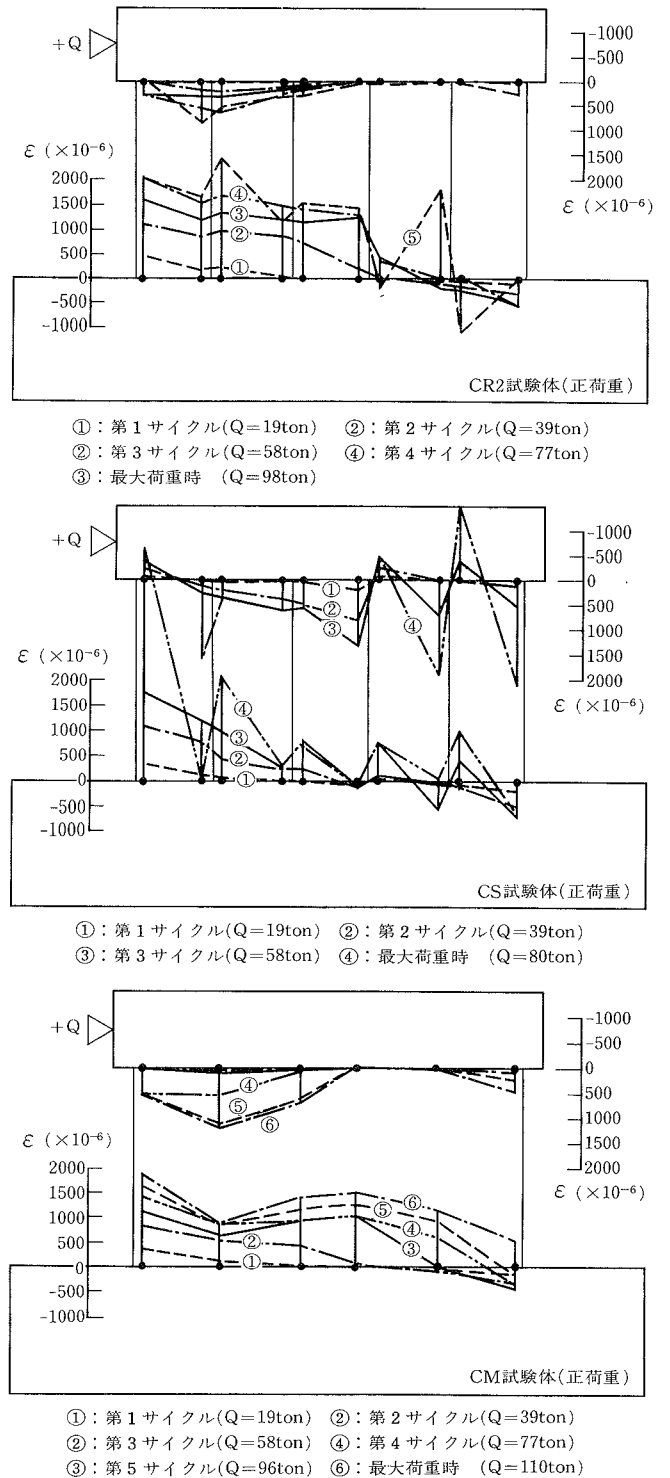


図-4 壁縦筋のひずみ分布

既往のせん断終局強度式でほぼ評価できる。

参考文献

- 1) 武田, 小島: 地中連続壁の地下構造体としての利用, コンクリート工学, Vol. 13, No. 2, (Feb. 1975)
- 2) 広沢雅也: 既往の鉄筋コンクリート造耐震壁に関する実験資料と解析, 建築研究資料, No. 6, (1975)