

清水建設株式会社 岡田 武二

大谷 国顕

正 武川 芳広

1. まえがき 地下連続壁を構造本体そのものに利用する場合、施工上生ずる単位壁体相互の接合部（垂直継手）の構造的な一体性をいかに確保するかが重要な課題となる。従来開発されている接合部の構造機能は耐震壁を対象とした面内せん断抵抗能を有するものが多い。地下タンクや井筒基礎などへの利用ではさらに面外せん断抵抗機能が必要であり、確実な施工性および経済性を有する接合形式の選定が重要となる。本研究では2種類の接合方法を取りあげ、実物大模型試験体によるPush-off実験を行い、接合部の面外せん断耐力の比較を行った。

2. 実験概要 垂直継手の接合方法はSSタイプとCCIタイプの2種類である。さらにせん断耐力の比較資料を得るために接合部を有しない一体試験体（Mタイプ）についても実験した。

SSタイプ； 接合面に先打ちコンクリート打設時の型わく兼用の平滑鉄板（ $\Phi 6\text{mm}$ ）を設置し、鉄筋（SD35， $D25\text{mm}$ ）を貫通させたもの、主鉄筋は4本とし、せん断補強用鉄筋（ $D25$ ， $\ell = 300\text{mm}$ ，片側6本）を2本または4本増加したものも加えた。

CCIタイプ； 上記平滑鉄板に等辺山形鋼（ $L50 \times 50 \times 4$ ）および平鋼（ $\Phi 6 \times 60$ ）を図-1のように両側から直角に溶接し（ほぞ付仕切板と称す）、鉄筋をSSタイプと同様に貫通させたもの、主鉄筋（ $\bullet$ 印）は4本とし、せん断補強用鉄筋を2本（ $\circ$ 印）または4本（ $\bigcirc$ 印）増加したものも加えた。

各タイプとも接合面を横断する結合鉄筋比（ $Pw = A_s / bh$ ）は0.85%，1.27%および1.70%の3水準とした。

SSタイプおよびCCIタイプの打設状態は泥水が面外せん断耐力に与える影響を調べるために気中、ポリマー泥水中およびベントナイト泥水中の3水準とした。さらに接合面に一定の垂直応力が作用した影響を調べるために平均圧縮応力 $15\text{Kg}/\text{cm}^2$ および平均引張応力 $15\text{Kg}/\text{cm}^2$ を油圧ジャッキにて加えてせん断力を載荷した。これら試験体の種類を表-1に示す。

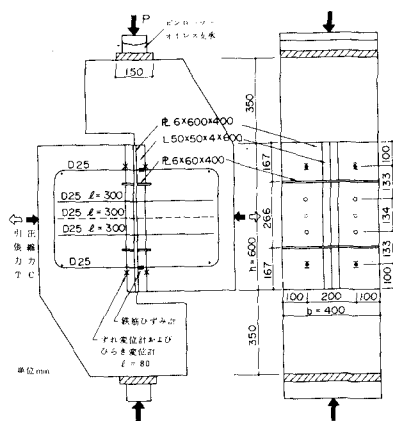


図-1 試験体寸法および載荷、測定方法

使用したコンクリートの圧縮強度

表-1 試験体の種類および実験結果

は平均値で $305\text{Kg}/\text{cm}^2$ であった。鋼材は異形鉄筋SD35（ $\sigma_{sy} = 3840\text{Kg}/\text{cm}^2$ ， $\sigma_{su} = 5920\text{Kg}/\text{cm}^2$ ）および平鋼S41を用いた。

実際の地下連続壁の条件にあわせるように型わくの中に泥水を24時間放置し仕切鋼材にベントナイト分が付着した状態でコンクリートを2回に分けて打継いだ。

実験は接合面の面外せん断耐力が顕著に比較できるように図-1に示

記号	接合方法	結合鉄筋比 $Pw(\%)$	垂直応力 $\sigma_v(\text{kg}/\text{cm}^2)$	打設状態*	平均せん断応力(kg/cm^2)		破壊時性状
					0.5mmずれ	破壊時	
M85000	一体打ち	0.85	0	気中	60.0	60.0	せん断破壊
M85042	"	1.27	0	"	64.5	65.0	"
M85085	"	1.70	0	"	66.0	66.0	"
M85000-15	"	0.85	引張15	"	42.5	48.0	"
M85000+15	"	0.85	圧縮15	"	81.0	83.3	"
SS85000	平滑鉄板	0.85	0	"	6.0	20.0	"
SS85042	"	1.27	0	"	9.0	24.0	"
SS85085	"	1.70	0	"	13.0	31.0	"
SS85085P	"	1.70	0	ポリマー泥水中	12.0	33.5	"
SS85085B	"	1.70	0	ベントナイト泥水中	7.5	19.0	"
SS85000-15	"	0.85	引張15	気中	3.0	18.0	ピークなし $\delta_{\text{max}}=12\text{mm}$
SS85000+15	"	0.85	圧縮15	"	12.5	50.0	ピークなし $\delta_{\text{max}}=43\text{mm}$
CCI85000	ほぞ付仕切板	0.85	0	"	41.0	58.0	せん断破壊
CCI85045	"	1.27	0	"	46.5	61.0	"
CCI85085	"	1.70	0	"	42.5	60.0	"
CCI85085P	"	1.70	0	ポリマー泥水中	35.9	47.5	曲げ破壊
CCI85085B	"	1.70	0	ベントナイト泥水中	24.0	48.0	"
CCI85000-15	"	0.85	引張15	気中	4.0	56.0	せん断破壊
CCI85000+15	"	0.85	圧縮15	"	53.0	83.5	"

*ポリマー泥水：ベントナイト3%，粘土3%，CMC0.3%，NaOH0.1%
ベントナイト泥水：ベントナイト6%，CMC0.05%

すような Push-off 加力方式とした。

測定は接合面のずれ変形量ならびにひらき変位量（接合面から40mmづつ離れた点）および主鉄筋のひずみとした。

3. 実験結果

SS タイプは載荷初期 ($\tau = 2 \sim 5 \text{ Kg/cm}^2$) に接合面にそってひびわれが発生し、その後鉄筋にそったひびわれが発生して破壊に至る。CCI タイプは、 $\tau = 6 \sim 15 \text{ Kg/cm}^2$ で接合面にそったひびわれが発生し、その後このひびわれが接合面にそって成長して破壊に至った。このひびわれ性状は接合部のない M タイプとほぼ一致している。ただし M タイプのひびわれ発生は $\tau = 35 \sim 42 \text{ Kg/cm}^2$ であった。

各試験体のずれ変位量 $\delta = 0.5 \text{ mm}$ 時および最大荷重時の平均せん断応力 $\tau_{0.5}$ および τ_u は表-1 に示す通りである。

図-2, 3 は各タイプの破壊せん断応力におよぼす結合鉄筋比および垂直応力の影響を示したものである。これらより τ_u は各タイプとも P_w または σ_v の増加にともなって増すことが認められる。また CCI タイプの τ_u は M タイプの値とほぼ同等であるが、SS タイプの τ_u は M タイプの30~60%の値となっている。

図-4, 5 は接合面に作用している平均せん断応力とずれ変位量および鉄筋の平均ひずみ（接合面より20mm離れた8点）との関係を示したものである。これらより SS タイプは載荷初期から接合面にずれ変位を生じており、鉄筋に大きな引張力が作用していることが明らかである。一方接合部のない M タイプではひびわれ発生まで δ も小さく、ひびわれ発生後に鉄筋に応力が作用している。CCI タイプでは SS タイプに較べて同一せん断応力に対するずれ変位量も小さく、鉄筋ひずみは M タイプのひびわれ発生後とほぼ同じ挙動を示している。

また泥水中に打設した場合（P および B）には気中に較べてずれ変位量が大きくなる傾向が認められる。ポリマー泥水を用いれば変形の増加は改善されるものと思われる。

4 まとめ 以上のことより接合面仕切板に溶接した等辺山形鋼および平鋼は接合面の変形を一体打ちコンクリートのせん断変形に近いものとする効果があることが明らかとなった。地下連続壁の垂直継手のように接合面を目荒しできない打継目には CCI タイプのような仕切板を設けることにより面外せん断抵抗力を一体構造とほぼ同等に設計できるものと考えられる。今後面外曲げせん断耐力について検討する必要がある。

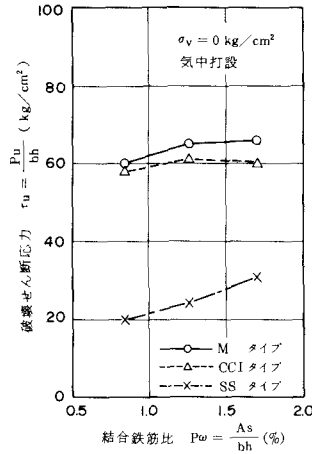


図-2 $\tau_u \sim P_w$

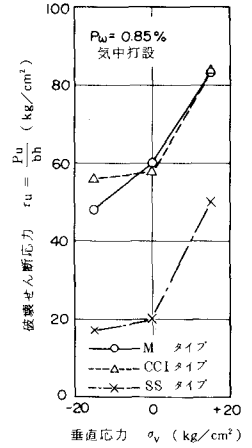


図-3 $\tau_u \sim \sigma_v$

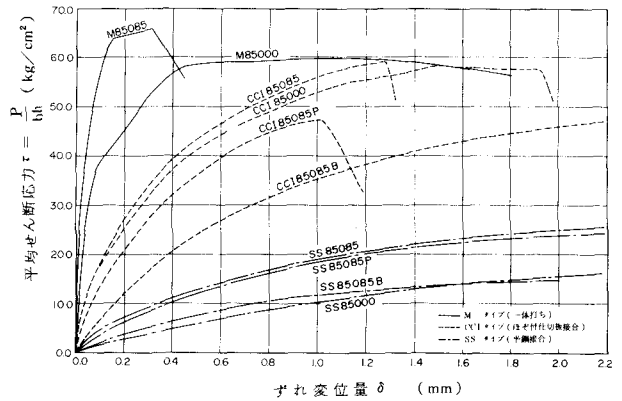


図-4 $\tau \sim \delta$

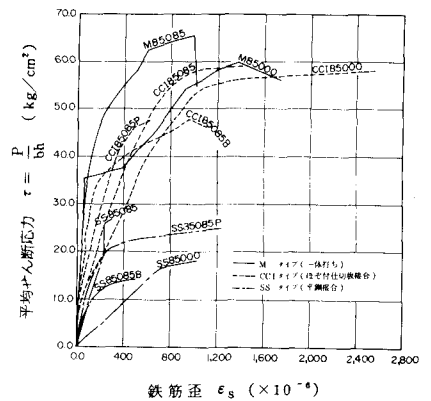


図-5 $\tau \sim \epsilon_s$