

# 地中連続壁工法に関する研究（４）

## （地中連続壁の構造機能の拡充に関する研究）

### Study on Underground Diaphragm Wall System(4)

#### (Study on structural functions of underground diaphragm walls)

武内 義夫*	塩川 真**
Yoshio Takeuchi	Shin Shiokawa
小林 康之*	笠松 照親**
Yasuyuki Kobayashi	Teruchika Kasamatsu
石田 忠***	山内 次郎****
Tadashi Ishida	Jiro Yamanouchi

#### 要 約

西松式地中連続壁工法（D I A－W I N工法）は、場所打ちコンクリート地中壁の本体利用（耐震壁、壁杭）に関して、既に開発を完了している。ところが近年、立坑形式の地下立体駐車場や階高が高い地下変電所などの需要が多くなり、こうした地下構造物に合理的に適用できる地中連続壁の開発が求められるようになってきた。このため、新たに面内せん断力だけでなく、面外力にも抵抗できる壁間剛接継手、壁と後打ち躯体継手の結合鉄筋継手、および合成壁などの新しい機能を有するD I A－W I N工法の開発を行った。

#### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 構造機能
- § 3. 試験概要
- § 4. 構造性能試験
- § 5. 原位置施工性試験
- § 6. おわりに

#### § 1. はじめに

西松式地中連続壁工法（D I A－W I N工法）は、仮設の山留め壁、本設構造躯体および壁杭としての機能を有する場所打ちコンクリート地中壁工法として、(財)日

本建築センターの性能評価を取得している。また掘削機に関しても、M H L掘削機およびB W掘削機の評価を取得しているが、その後、地中連続壁の大深度・大壁厚に対応するため、M E H掘削機、E M掘削機、およびE M X掘削機の3機種の追加評価を取得している。

ところが近年、立坑形式の地下立体駐車場や階高が高い地下変電所などの需要が多くなり、こうした地下構造物に合理的に適用できる地中連続壁の開発が求められるようになってきた。このため、新たに面内せん断力だけでなく、面外力にも抵抗できる二方向耐側圧壁に用いる壁間剛接継手、壁と後打ち躯体継手の結合鉄筋継手、および地中連続壁と後打ち壁とを結合鉄筋継手を用いて構造的に一体として面外力に抵抗する合成壁について開発を行った。これらの新たな構造機能を有するD I A－W I N工法は、平成6年1月に追加評価を取得した。本報では、これらの各種試験結果について報告する。

\* 技術研究所先端技術研究課

\*\* 技術研究所原子力課

\*\*\* 建築設計部

\*\*\*\* 技術研究所研究部

§ 2. 構造機能

2-1 壁間剛接継手

壁間剛接継手は、図-1に示すように仕切鋼板を貫通するくし型筋と、仕切鋼板に溶接された等辺山形鋼（コッターアングル）より構成され、面内せん断力および面外力に抵抗する。

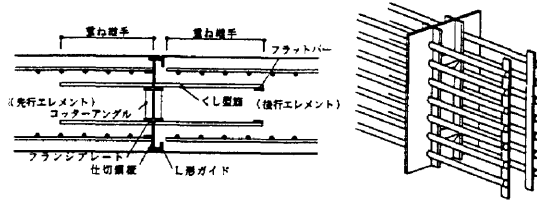


図-1 壁間剛接継手

2-2 結合鉄筋継手

結合鉄筋継手は、図-2に示すように地中連続壁の接合面を目荒し処理し、その面に結合鉄筋を配置して後打ち躯体を打設して、せん断力を伝達させる工法である。

この工法には、使用する結合鉄筋の施工法により、鉄筋曲げ戻し工法、接着系アンカー工法、鉄筋継手工法の3種類がある。

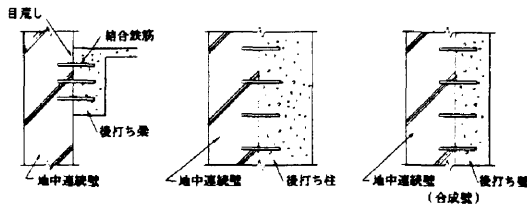


図-2 結合鉄筋継手

2-3 合成壁

合成壁は、図-3に示すように必要な壁厚を任意に設定できるので、単独壁に比べて経済的な地中連続壁が構築できる。

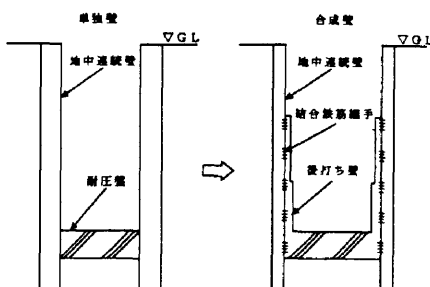


図-3 合成壁

§ 3. 試験概要

3-1 構造性能試験の概要

新しい機能を有する地中連続壁の構造性能を把握するため、表-1に示す地上で製作した1/2縮小模型試験体33体、実大模型試験体10体、原位置で施工した地中連続壁から切り出して製作した実物試験体21体の合計64体について構造試験を行った。なお、実物試験体の構造試験には、東京大学工学部総合試験所大型構造物試験室の2,000tf (19.6MN) 試験機を使用した。(写真-1)

表-1 試験体一覧

種 別		試験体数
壁間剛接継手	面内せん断試験	1/2縮小模型8体 実物3体
	面外せん断試験	1/2縮小模型8体 実物3体
	面外曲げせん断試験	1/2縮小模型5体 実物2体
	面外純曲げ試験	1/2縮小模型3体 実物1体
結合鉄筋継手	直接せん断試験	実大模型10体 実物6体
合 成 壁	面外曲げせん断試験	1/2縮小模型6体 実物4体
	面外純曲げ試験	1/2縮小模型3体 実物2体



写真-1 実物試験体構造試験状況

3-2 原位置施工性試験の概要

新しい機能を有する地中連続壁の施工性および構造性能を確認するため、東京都町田市鶴間にある技術研究所南町田実験場にて、原位置での地中連続壁を構築した。

構築後、この試験壁の切り出しを行い、実物試験体を製作した。(写真-2)

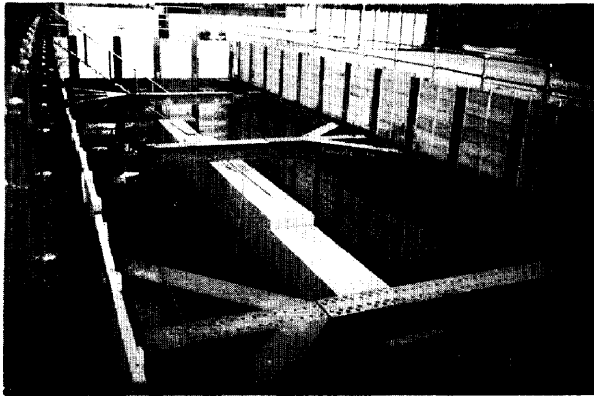


写真-2 試験壁の切り出し状況

施工ヤードの地層構成は、地表面から黒ぼく層 (GL±0.0~0.9m), N値5~10程度の立川・武蔵野ローム層 (GL-0.9m~-14.8m), N値50以上の相模野礫層 (GL-14.8m以深) で、地下水位はGL-14.3m付近にある。

試験壁構築には、バケット式掘削機 (MHL-80120) を使用し、壁厚0.8m, 壁延長14.0m, 掘削深さ11.6m (上部空打ち1m) とした。コンクリートはレディーミクストコンクリートとし、設計基準強度 240kgf/cm<sup>2</sup> (23.5MPa), スランブ20cm, 空気量4%とした。また安定液は、ポリマー系とした。

試験壁は、図-4の実物試験体切り出し配置に示すように3エレメントとし、壁間剛接継手を2ヶ所設けた。

原位置施工性試験では、継手掃除機を用いた壁間剛接継手清掃施工性試験、合成壁などで実施する高圧のウォータージェット (以下, WJ) による地中連続壁表面処理試験、結合鉄筋継手に用いる接着系アンカーの引抜き試験、および鉄筋継手工法の施工性確認試験の4項目を中心に行った。

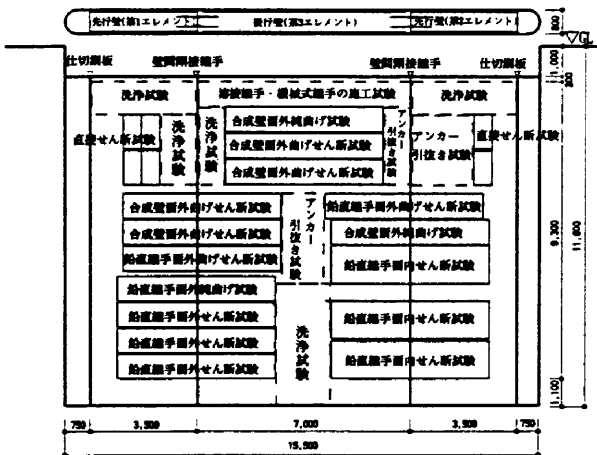


図-4 実物試験体切り出し配置

## § 4. 構造性能試験

### 4-1 壁間剛接継手の面内せん断試験

#### (1) 試験目的

本試験は、壁間剛接継手が面内せん断力を受ける場合の力学的性状を把握し、設計式を誘導するための基礎資料を得ることを目的としている。

#### (2) 試験概要

試験体一覧を表-2に、試験体配筋の一例を図-5に示す。試験体は、梁型模型試験体8体と、実物試験体3体の合計11体である。試験パラメータは、くし型筋比およびコッターの有無の2種類とした。また、壁筋はくし型筋と同径同ピッチとした。

#### (3) 試験結果

試験結果および計算値の一覧を表-2に示す。表より

表-2 試験体一覧および試験結果

試験体名	種類	くし型筋比(%)	コッター <sup>1)</sup>	a <sup>2)</sup> (mm)	σ <sub>s</sub> <sup>3)</sup>	実験値		計算値	
						Q <sub>max</sub> (tf)	iQ <sub>su</sub> (tf)	Q <sub>max</sub> iQ <sub>su</sub>	Q <sub>max</sub> iQ <sub>su</sub>
ISH-B-10-1	模型	0.42	有	100	291	69.4	39.3	1.77	
ISH-B-13-1		0.74			272	78.7	54.0	1.46	
ISH-B-16-1		1.16			275	88.4	71.2	1.24	
ISH-B-13-N1		0.74			291	45.8	38.6	1.19	
ISH-B-10-2		有	0.42		150	316	56.6	40.8	1.39
ISH-B-13-2			0.74			307	66.1	56.0	1.18
ISH-B-16-2			1.16			325	74.6	73.8	1.01
ISH-B-13-N2			0.74			308	41.2	38.6	1.07
ISH-B-22	実物	0.56	有	300		459	306.0	223.8	1.37
ISH-B-25		0.74				419	332.6	263.3	1.26
ISH-B-32		1.16				406	371.0	347.7	1.07

- 1) くし型筋断面を地中連続壁の断面積で除した値
  - 2) せん断スパン
  - 3) コンクリート強度 (kgf/cm<sup>2</sup>: 先行壁と後行壁との平均値)
- $$Q_{\infty} = 0.09 \cdot \sigma_s \cdot A_{\infty} \dots (1) \quad Q_{st} = \sum a_s \cdot \sigma_y / \sqrt{3} \dots (2)$$
- $$iQ_{su} = Q_{\infty} + Q_{st}$$
- $$= 0.09 \cdot \sigma_s \cdot A_{\infty} + \sum a_s \cdot \sigma_y / \sqrt{3} \dots (3)$$
- A<sub>∞</sub>: コッターの垂直断面積 (cm<sup>2</sup>)  
 フランジ間距離 × コッター垂直高さ  
 Σ a<sub>s</sub>: くし型筋の断面積の合計 (cm<sup>2</sup>)  
 σ<sub>y</sub>: くし型筋の降伏強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

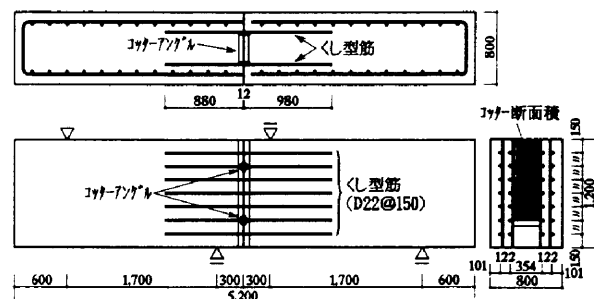


図-5 試験体配筋例 (ISH-B-22)

鉄筋径の大きい(くし型筋比の大きい)試験体ほど最大耐力は大きくなっている。

破壊モードは、全試験体とも相対変位と継手部ずれ量の差がほとんどなく、後行壁側の仕切鋼板面の鉛直方向ずれによる直接せん断破壊であった。

(4) 面内せん断耐力算定式

本壁間剛接継手部の面内せん断耐力式 ( $Q_{su}$ ) の構成を、コッターのシャキキ効果 ( $Q_{co}$ ) ならびに、くし型筋のせん断抵抗 ( $Q_{st}$ ) の累加とした。

同配筋(くし型筋: D13) でコッター有り とコッター無しの試験体(各2体)の最大耐力の差分をコッターのシャキキ効果とし、 $Q_{co}$  を表-2 中式(1)とした。また、「鋼構造設計規準」により、くし型筋のせん断抵抗を表-2 中に式(2)とした。

以上により、壁間剛接継手の面内せん断耐力式を  $Q_{co}$  ならびに  $Q_{st}$  の累加とし、表-2 中に式(3)を設定した。実験値と式(3)による計算値を表-2 に示す。各試験体

における計算値に対する実験値の比は、模型試験体が1.01~1.77、実物試験体が1.07~1.37の範囲内にあり、実験値は計算値を全て上回る結果となった。

4-2 壁間剛接継手の面外せん断試験

(1) 試験目的

本試験は、面外方向から作用する力に対して、壁間剛接継手の耐力評価法を明らかにすることを目的としている。

(2) 試験概要

試験体一覧を表-3に、試験体の配筋例を図-6に示す。試験体は、梁型模型試験体8体と、実物試験体3体、計11体である。試験パラメータは、壁筋比(くし型筋比)および壁間剛接継手の有無とした。

(3) 試験結果

表-3に面外せん断試験結果の一覧を示す。壁間剛接継手を有する試験体の最大耐力は計算値(大野・荒川minimum式)に対して1.68~4.81倍となっており、実験値はすべて計算値を上回っている。また、継手を有する試験体の一体打ち試験体2体に対する耐力比は、1.09および1.15となっており、継手を有する試験体は一体打ち試験体より最大耐力が大きくなっている。

4-3 壁間剛接継手の面外曲げせん断試験および面外純曲げ試験

(1) 試験目的

本試験は、壁間剛接継手の重ね継手部の面外せん断耐力および面外曲げ耐力の評価法を明らかにすることを目的としている。

(2) 試験概要

試験体の一覧を表-4に、試験体の配筋例を図-7に示す。試験体は、面外曲げせん断試験が模型試験体5体、実物試験体2体の計7体、面外純曲げ試験が模型試験体3体、実物試験体1体の計4体である。試験パラメータは、壁筋比、壁間剛接継手の有無とした。

表-3 試験体一覧および試験結果

試験体名	種類	壁筋比 (%)	a (mm)	σ <sub>s</sub>	実験値		計算値		破壊モード
					Q <sub>max</sub> (tf)	Q <sub>su</sub> (tf)	Q <sub>max</sub> (tf)	Q <sub>su</sub> (tf)	
OSH-B-10-1	模型	0.45	100	284	63.5	17.0	3.74	FS2	
OSH-B-13-1		0.79		309	97.1	20.2	4.81	FS1	
OSH-B-16-1		1.24		276	96.9	20.6	4.70	S1	
OSH-B-10-2		0.45	150	312	47.8	18.0	2.65	FS2	
OSH-B-13-2		0.79		323	71.3	20.8	3.43	FS2	
OSH-B-16-2		1.24		317	82.3	22.5	3.66	S1	
OSH-0-13-C1 <sup>1)</sup>		0.79		340	65.6	25.0	2.62	S1	
OSH-0-13-C2 <sup>2)</sup>	0.79	340	62.2	21.5	2.90	FS2			
OSH-B-22	実物	0.61	300	455	167.3	99.4	1.68	FS2	
OSH-B-25		0.79		472	232.8	108.8	2.14	FB	
OSH-B-32		1.24		397	257.7	107.2	2.40	S2	

- 1) 主筋位置を壁筋位置とした壁間剛接継手のない一体打ち試験体
- 2) 主筋位置をくし型筋位置とした壁間剛接継手のない一体打ち試験体
- 3) 壁筋(くし型筋)断面積を地中連続壁の断面積で除した値
- 4) せん断スパン
- 5) コンクリート強度 (kgf/cm<sup>2</sup>: 先行壁と後行壁との平均値)
- 6) 大野・荒川minimum式による
- 7) 破壊モード

- S1: 継手部せん断破壊      FS1: 曲げ降伏後の継手部せん断破壊  
 S2: 一般部せん断破壊      FS2: 曲げ降伏後の一般部せん断破壊  
 FB: 曲げ降伏後の付着割裂破壊

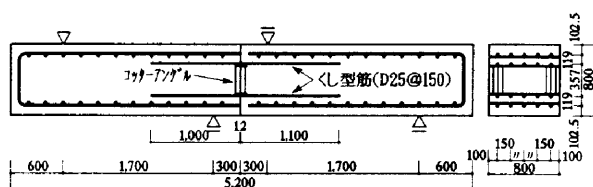
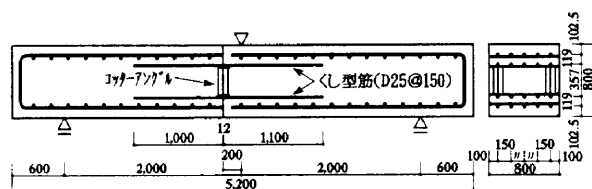
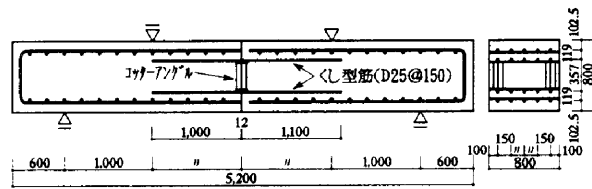


図-6 試験体配筋例 (OSH-B-25)



面外曲げせん断試験体 (OBS-B-25)



面外純曲げ試験体 (OBE-B-25)

図-7 試験体配筋例

表一4 試験体一覧および試験結果

試験方法	試験体名	種類	壁筋比 (%)	a (mm)	実験値		曲げ耐力		せん断耐力		許容付着		破壊モード
					$\sigma_b$	Qmax (tf)	Qbu <sup>3)</sup> (tf)	Qmax (tf)	Qsu <sup>4)</sup> (tf)	Qmax (tf)	Q <sub>tu</sub> <sup>7)</sup> (tf)	Q <sub>tu</sub> <sup>7)</sup> (tf)	
面外曲げせん断	OBS-B-10	模型	0.45	1000	257	6.6	3.4	1.97	5.8	1.14	—	—	FS
	OBS-0-13 <sup>1)</sup>		0.79		251	10.6	7.5	1.41	7.8	1.36	—	—	F
	OBS-B-13		1.24		282	11.1	6.1	1.84	6.9	1.61	5.1	2.19	FB
	OBS-B-16		2.42		257	12.7	8.9	1.43	7.1	1.79	5.7	2.22	FB
	OBS-B-22	0.79	270		18.5	16.8	1.10	8.3	2.23	—	—	S	
	OBS-B-25	1.50	487		36.3	26.0	1.37	34.9	1.04	—	—	FS	
	OBS-B-35	2000	484		51.4	67.7	0.76	42.5	1.21	—	—	S	
面外純曲げ	OBE-B-10	模型	0.45	500	251	13.0	6.9	1.88	—	—	—	—	F
	OBE-B-16		1.24		249	18.0	17.8	1.01	—	—	11.3	1.59	FB
	OBE-0-16 <sup>1)</sup>		1.24		235	25.6	22.0	1.17	—	—	—	—	F
	OBE-B-25	実物	0.79		1000	472	60.2	52.0	1.16	—	—	49.9	1.21

- 1) 主筋位置を壁筋位置とした壁間剛接継手のない一体打ち試験体
- 2) 壁筋(くし型筋)断面積を地中連続壁の断面積で除した値
- 3) せん断スパン
- 4) コンクリート強度 (kgf/cm<sup>2</sup>): 先行壁と後行壁との平均値
- 5)  $Q_{bu} = 0.9 \cdot a \cdot \sigma_y \cdot d / a$
- 6) 大野・荒川minimum式による
- 7)  $Q_{tu} = (b \cdot n \phi) \cdot L_a \cdot f_s \cdot j / a \dots (4)$   
 $Q_{tu}$ : 付着割裂から決まる許容曲げ耐力  
 b: 単位幅 (単位深さ)  
 n: 単位当たりのくし型筋の本数  
 $\phi$ : くし型筋の径  
 $L_a$ : 重ね継手長さ  
 $f_s$ : コンクリートの許容せん断応力度  
 j: 応力中心間距離
- 8) 破壊モード S: せん断破壊  
 F: 曲げ破壊  
 FS: 曲げ降伏後のせん断破壊  
 FB: 曲げ降伏後の付着割裂破壊

(3) 試験結果

表一4に面外曲げせん断試験および面外純曲げ試験の結果ならびに計算値の一覧を示す。面外曲げせん断試験で大野・荒川minimum式による計算値に対する実験値の比は1.04~2.23となっている。また、継手を有する試験体は一体打ち試験体より最大耐力が大きくなっている。

両試験では、既往の学会式の曲げ耐力計算値と実験値の比は1.01~1.97と、全試験体とも実験値は計算値を上回っている。また、最終的に重ね継手部で付着割裂破壊を起こした試験体については、いずれも荷重が曲げ耐力の計算値を超えた後での破壊であるが靱性に劣るため、設計では重ね継手部の付着割裂から決まる許容曲げ耐力算定式として表一4中に式(4)を規定することとした。

付着割裂破壊を起こした4体の試験体に対して、式(4)による短期許容曲げ耐力は1.2以上の安全率を持つことが確認された。

4-4 結合鉄筋継手の直接せん断試験

(1) 試験目的

本試験は、結合鉄筋継手のせん断耐力を把握しせん断強度式を確立するための基礎的資料を得ることを目的としている。

(2) 試験概要

試験体は実大模型試験体10体と実物試験体6体の合計16体とし、試験体の形状は図一8に示すような打ち継ぎ型とした。接合面の大きさは実大模型試験体で、450×600mm、実物試験体で600×800mmである。試験に用いたパラメータの一覧を表一5に示す。

(3) 試験結果

全試験体の破壊状況は接合面に沿ってひびわれが発生した後、最大荷重に到達した直後に接合面に大きなひびわれが生じるすべり破壊を示した。

表一5に、すべり破壊時のせん断応力度 $\tau_u$ を示す。 $\tau_u$ は、 $P_s$ および $\sigma_n$ が増大するほど大きくなり、せん断応力度は結合鉄筋比および面圧に依存していることがわかった。また $\tau_u$ に接合面の目荒し処理方法、結合鉄筋工法およびコンクリート強度の違いによる顕著な差異は見られなかった。

(4) すべり破壊時のせん断応力度 $\tau_u$ の強度式の評価

図一9に、実大模型試験体の $\tau_u$ から求めた重回帰式(5)と試験結果の関係を示す。なお、式(5)の重相関係数は0.95で良い対応を示している。この図から実物試験体の

表一5 試験体一覧および試験結果

試験体名	種類	P <sub>s</sub> (%)	σ <sub>n</sub> (%)	工法	目荒し	σ <sub>n</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )		τ <sub>u</sub>	
						先打ら部	後打ら部		
M-p0-n0	実大模型	0.0	0.0	鉄筋	750	327	274	33.5	
M-p1-n0-ST		0.1 (4-D10)				327	269	31.2	
M-p2-n0-ST		0.2 (8-D10)				317	270	31.3	
M-p2-n0-FC						338	323	32.3	
M-p2-n0-AN						338	280	30.4	
M-p2-n5-ST						5.0	324	274	43.9
M-p2-n10-ST		10.0				335	270	52.4	
M-p2-n15-ST		15.0				327	279	58.4	
M-p4-n0-ST		0.4 (9-D13)				0.0	306	269	34.6
M-p8-n0-ST		0.8 (18-D13)					324	272	55.3
P-p2-n0-ST	実物	0.2 (8-D13)	0.0	鉄筋	2000	333	358	21.0	
P-p2-n7.5-ST						7.5	413	368	35.6
P-p2-n15-ST						15.0	415	366	41.6
P-p4-n0-AN						0.4 (10-D16)	7カー	346	364
P-p2-n0-ST		0.2 (8-D13)	0.0	鉄筋	200	342	379	24.8	
P-p2-n0-AN						7カー	400	369	21.9

- 1) 結合鉄筋比: 接合面積に対する結合鉄筋の総断面積の比 ( )内は、結合鉄筋の径と本数
- 2) 面圧:  $\sigma_n = 0.0$ は0.35程度の圧力とする (kgf/cm<sup>2</sup>)
- 3) 鉄筋: 鉄筋曲げ戻し工法  
アンカー: 接着系アンカー工法
- 4) WJによる接合面の目荒し処理: 吐出圧力 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- 5)  $\tau_u$ : すべり破壊時のせん断応力度 (=最大荷重/接合面積: kgf/cm<sup>2</sup>)

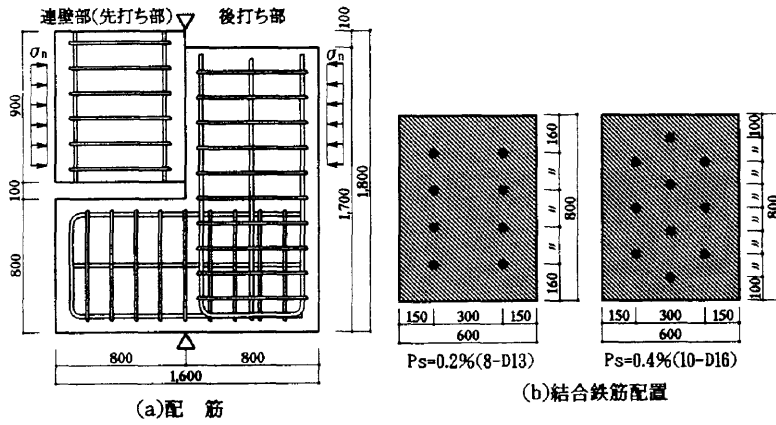


図-8 試験体配筋および結合鉄筋配置例 (実物試験体)

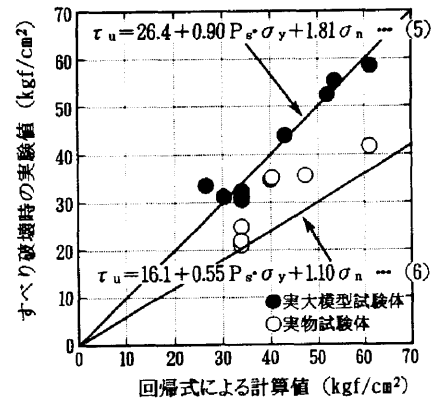


図-9 すべり破壊時の実験値と試験値との比較

$\tau_u$ は、 $P_s \cdot \sigma_y$ および $\sigma_n$ と正の相関関係にあることと、(3)の試験結果から接合面の目荒し処理方法、結合鉄筋工法およびコンクリート強度の各パラメータはすべり破壊時のせん断応力度に大きく影響を与えないことがわかった。したがって、実大および実物試験体の実験値を安全側に評価するために、図-9 中式(6)を設定した。

4-5 合成壁の面外曲げせん断および面外純曲げ試験

(1) 試験目的

本試験は、合成壁が面外方向に曲げせん断あるいは曲げ力を受けた場合の力学的挙動を把握し、合成壁の耐力評価法および設計方法を確立するための基礎的な資料を得ることを目的としている。

(2) 試験概要

表-6に、面外曲げせん断および面外純曲げ試験体の一覧を示す。面外曲げせん断試験体は、模型試験体6体および実物試験体4体、合計10体とした。試験パラメータは、壁間剛接継手の有無、接合面積比および結合鉄筋工

法とした。面外純曲げ試験体は、模型試験体3体および実物試験体2体、合計5体とした。試験パラメータは壁間剛接継手の有無とし、接合面積比は全試験体ともに1/1である。また、両試験とも結合鉄筋比を0.1%とした。

面外曲げせん断および面外純曲げ試験体の配筋例を図-10に、面外曲げせん断試験の接合面の配置を図-11に示す。なお、面外純曲げ試験の接合面の配置は、模型試験体ではBSM-O-11、BSM-B-11試験体に、実物試験体ではBSP-O-11、BSP-B-11試験体に準じた形状とした。

(3) 試験結果

表-6に試験結果一覧を示す。面外曲げせん断試験で模型試験では、接合面積比1/2を集中配置した試験体が最も大きい耐力を示したが、他の試験体では接合面積比および接合面の配置の違いによる顕著な差は見られなかった。また、実物試験では接合面積比および結合鉄筋工法の違いによる顕著な差は見られなかった。

面外純曲げ試験で模型試験では壁間剛接継手無しの合

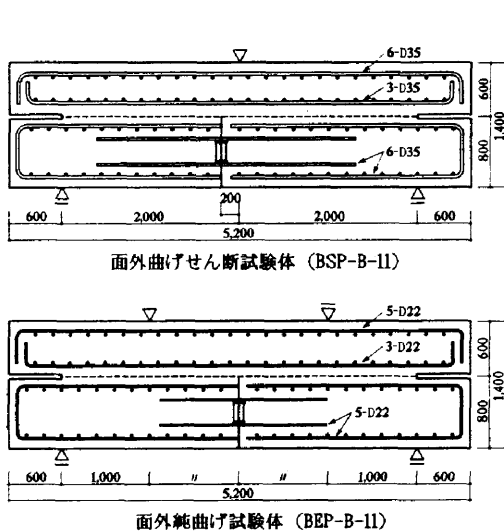


図-10 試験体配筋例

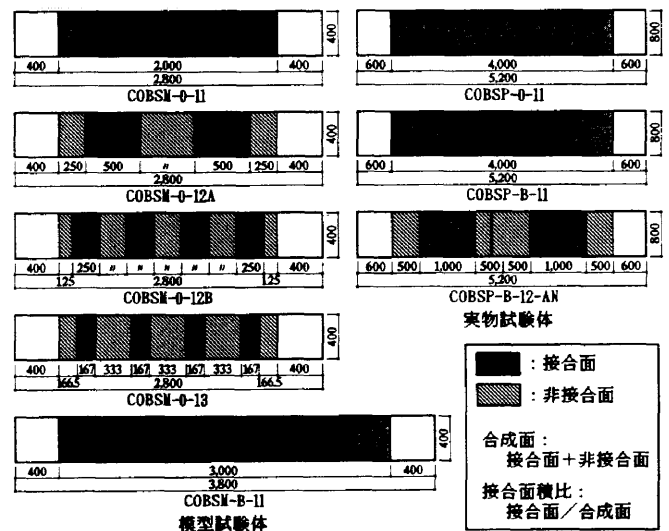


図-11 面外曲げせん断試験体の接合面の配置

表-6 試験体一覧および試験結果

試験方法	試験体名	種類	継手 a) (mm)	接合 b) 面積比	結合鉄筋 本数	結合鉄筋 工法	σ <sub>a</sub>	実験値			せん断耐力		許容付着		破 壊 モード	
								Q <sub>max</sub> (tf)	Q <sub>bu</sub> (tf)	Q <sub>max</sub> Q <sub>bu</sub>	Q <sub>su</sub> (tf)	Q <sub>max</sub> Q <sub>su</sub>	Q <sub>tu</sub> (tf)	Q <sub>max</sub> Q <sub>tu</sub>		
面外曲げせん断	BSM-D-11	模型	1000	無	1	12-D10	曲げ戻し	263	57.9	43.5	1.33	29.5	1.96	-	-	S
	BSM-O-11							265	52.3	43.5	1.20	29.6	1.77	-	-	S
	BSM-O-12A							277	72.0	43.5	1.65	30.0	2.36	-	-	S
	BSM-O-12B							270	55.5	43.5	1.28	30.5	1.85	-	-	S
	BSM-O-13							278	58.0	43.5	1.33	30.5	1.90	-	-	S
	BSM-B-11	1500	有	1/1	18-D10	273	29.0	25.7	1.13	20.7	1.40	15.1	1.92	B		
	BSP-O-11	実物	2000	無	1/1	26-D13	曲げ戻し	384	162.0	150.0	1.08	141.7	1.14	-	-	S
	BSP-O-11-AN							420	175.0	150.0	1.17	150.5	1.16	-	-	S
	BSP-B-11							415	162.0	137.5	1.18	126.1	1.28	63.4	2.56	S
	BSP-B-12-AN							419	150.5	137.5	1.09	126.9	1.19	63.6	2.37	S
面外純曲げ	BEM-D-11	模型	500	無	1	12-D10	曲げ戻し	259	80.7	27.9	2.89	-	-	-	-	F
	BEM-O-11							276	77.9	27.9	2.79	-	-	-	-	F
	BEM-B-11							277	60.7	25.2	2.41	-	-	22.6	2.69	B
	BEP-O-11	実物	1000	無	1/1	26-D13	曲げ戻し	416	163.8	80.4	2.04	-	-	-	-	F
	BEP-B-11							427	163.8	73.6	2.23	-	-	99.3	1.65	F

1)せん断スパン 2)壁間剛接継手 3)コンクリート強度 (kgf/cm<sup>2</sup>: 連壁部と後打ち部の平均値) 4)Q<sub>bu</sub>=0.9・at・σ<sub>a</sub>・d/a  
5)大野・荒川minimum式による 6)(4)式による(表-4中) 7)破壊モード S:せん断破壊 F:曲げ破壊 B:付着割裂破壊

成壁試験体と一体打ち試験体とでは最大耐力に顕著な差は見られなかった。また実物試験では、壁間剛接継手の有無による最大耐力の差は見られなかった。これらの全実験値は計算値を上回っており、合成壁と一体打ち試験体の耐力は、ほぼ同等であることがわかった。

2,720mm, 巾780mm, 高さ2,190mmで、重量は約2.1tonである。

## § 5. 原位置施工性試験

### 5-1 壁間剛接継手清掃施工性試験

#### (1) 試験目的

地中連続壁を構築する際、壁間継手の後行壁側の継手鋼材は建込み後、安定液中に長時間放置されるので、継手鋼材にマッドケーキが付着する。継手部の耐力低下を防ぐため、継手掃除機を用いて壁間継手に付着したマッドケーキを除去する必要がある。このため、平塚製作所で継手掃除機を製作し、地上において清掃試験を行った。この試験より、継手掃除機の性能把握および施工性の確認、ならびに施工管理方法を検討した。

#### (2) 試験概要

清掃試験は、鋼製の水槽(直径:3.2m,高さ:5.5m)内に、壁厚80cmの実物大の試験用継手を設置し、クレーンで継手掃除機を昇降させて行った。

試験用継手には、ベントナイトを水に溶かし粘性の高いゲル状とした模擬マッドケーキを塗布した。

継手掃除機は、図-12に示すブラシおよびWJ併用型で水中ポンプ(出力22kw)内蔵型とし、寸法は、長さ

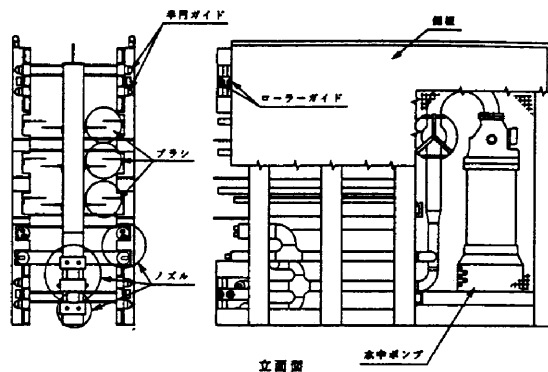
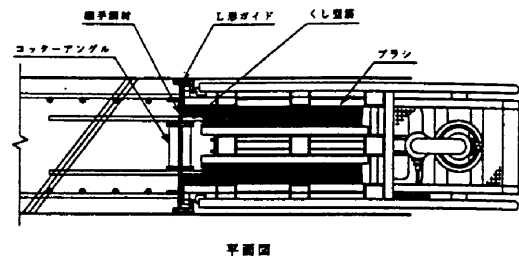


図-12 壁間剛接継手掃除機

#### (3) 試験結果

清掃試験は清掃速度約2m/分、清掃回数2往復で行った。この結果、同清掃条件においてマッドケーキが完全に除去されたことを確認した。また、原位置での試験壁構築後、実物試験体の切り出しを行った。継手部分の切断面の観察から、コンクリートは密実に打設されてお

り、マッドケーキの付着は認められなかった。これにより、実施工においても継手掃除機は良好に機能したことが確認できた。

5-2 WJによる地中連続壁表面処理試験

(1) 試験目的

結合鉄筋継手を用いて、地中連続壁と後打ち躯体を接合する際、地中連続壁接合面の表層部分のマッドケーキおよび脆弱コンクリートを除去し一体性を確保する必要がある。このため、高圧のWJによる洗浄目荒し試験を行い、洗浄目荒し効果の把握および施工性の確認、ならびに施工管理方法を検討した。

(2) 試験概要

洗浄目荒し試験は、図-4に示す原位置の地中連続壁から切り出した試験体を使用し、表-7に示す噴射条件で行った。WJの吐出圧力は、ジェットポンプの形式により低圧、高圧、超高压の3種類を設定した。なお、試験時の壁体コア強度は350~430 kgf/cm<sup>2</sup> (34.3~42.2MPa)であった。

表-7 噴射条件

因子	水準		
	低圧	高圧	超高压
ウォータージェットの種類	低圧	高圧	超高压
吐出圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	200	1000	2000
吐出水量 (ℓ/min)	12	20	13
ノズル壁間距離 (mm)	100	300	50
目荒し時間 (min/m <sup>2</sup> )	20	1, 3	3, 6
試験体の種類	先行壁, 後行壁		

(3) 試験結果

WJの吐出圧力、吐出水量等の違いによって、所定の目荒し状態を得るためのノズル壁間距離、目荒し時間は異なる結果となることが確認された。

図-13に示す洗浄目荒し時間と建研式接着力試験方法に基づいて得られた接着強度の関係より、洗浄目荒し時間が長くなるに従って、接着強度は低下する傾向にあった。また、図-14に示す目視観察による表面状態と接着強度の関係より、接着強度は、表面の状態が粗骨材の表面が露出する程度 (Aレベル) で約20kgf/cm<sup>2</sup> (1.96MPa)、粗骨材の一部が露出する程度 (Bレベル) で約30kgf/cm<sup>2</sup> (2.94MPa)であり、洗浄目荒し方法による差は生じていなかった。これらの試験結果から、WJの種類 (低圧、高圧、超高压) に応じた洗浄目荒しを行うことにより、表層のマッドケーキおよび脆弱コンクリートを除去でき、健全なコンクリート面が現れることを確認した。

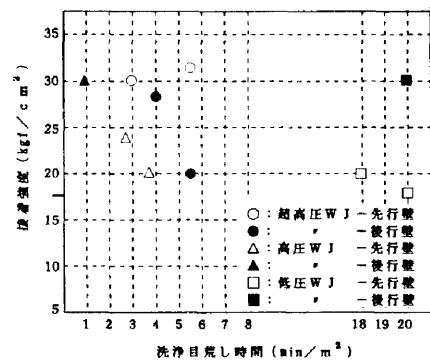


図-13 洗浄目荒し時間と接着強度の関係

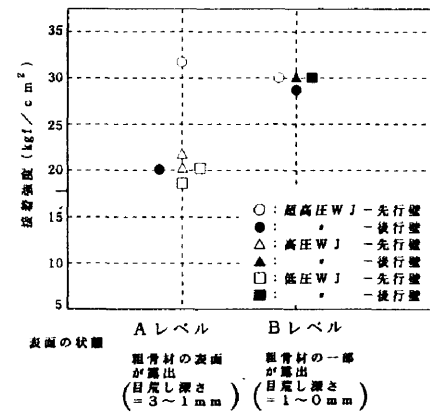


図-14 表面状態と接着強度の関係

§. 6 おわりに

新しい機能を有するDIA-WIN工法は、今回実施した各種試験の結果より、その性能を確認することができた。これにより「設計・施工指針」をとりまとめた。

今後は、実際の設計・施工を通じてデータの収集充実に努め、より高機能化を図っていくつもりである。

なお、今回の追加機能の研究は当社を含めて、佐藤工業㈱、(株)高組の3社の共同開発で行ったものである。

開発にあたり、実物試験体の構造性能試験では、ご助言ならびにお世話頂きました東京大学小谷研究室ならびに大型構造物試験室の技官の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 地下連続壁工法に関する研究 (1)~(3), 西松建設技報, vol.9, pp56~68, 1986; vol.11, pp58~80, 1988
- 2) 笠松, 山本, 吉田 他: 地中連続壁の構造機能の拡充に関する研究 (その1~その8), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1563~1578, 1994.9
- 3) 西松建設: 西松式地中連続壁工法 (DIA-WIN工法) 設計・施工指針, 1994