

2. DLW地中連続壁壁間継手の品質管理について

Quality Control of Rigid Vertical Joints for Diaphragm Long Wall Construction System

内井 栄二* 西山 良仁*²
佐藤 尚隆*²

要 旨

このたび、構造体として利用するDLW地中連続壁工法に関して、設計・施工指針を作成し、(財)日本建築センターの性能評価を取得した。本工法は、別報¹⁾にて既に述べているように、仕切鋼板部に孔空きの補強鋼板を付加することで継手の性能改善を図ることを特徴としている。施工予備試験および原位置実大施工試験を通じて、その継手に関する品質管理および施工方法が適切である事を検証した。

キーワード：地中連続壁／壁間鉛直継手／有孔補強鋼板／実大施工試験／掘出し調査

1. はじめに

近年、地中連続壁は、土地の有効利用の他、その高い剛性と低公害性を有する事などから、二方向版耐側圧壁・耐震壁・杭といった本設構造物に利用される事例が増加してきている。筆者らは地中連続壁を二方向版耐側圧壁として積極的に本設利用するべく、従来から耐力的に弱点とされていた、壁間継手の開発を行ってきた¹⁾。今回開発したDLW継手は、仕切鋼板端部に有孔補強鋼板を付加することで、一般部と同等の耐力を持たせる事を意図したものであり、構造に関しては模型試験体による性能確認実験を、施工に関しては施工予備試験を行う事で品質の確認を行った。その後、実大施工試験・実大実物構造試験を行い、設計・施工指針を作成し、(財)日本建築センターの性能評価を取得して開発を完了した。

本報では、実大施工試験の概要および壁間継手部の品質調査に関する結果について報告する。

2. 実大施工試験概要

2.1 試験目的

実大施工試験の目的は、地中連続壁工法の施工技術と管理技術を確認し、設計・施工に関する基礎的な資料を収集することと、実大実物構造試験のための試験体を提供することにある。

2.2 試験期間・場所

試験期間：平成9年5月～平成10年9月

試験場所：栃木県宇都宮市氷室町

2.3 地盤条件

宇都宮市近郊は宝積寺台地と呼ばれる洪積台地上に位置し、その地層は上部が宝木ロームおよび宝積寺ロームで覆われ、下部は宝積寺礫層が厚く存在する構成となっている。

試験地の土質柱状図を図-1に示す。本試験地は、地表面よりGL-17.15mまでN値5以下のスコリアを含むロームと軽石が互層をなしており、これより以深が支持層になり得るN値50程度の粘土混り砂礫層となっている。

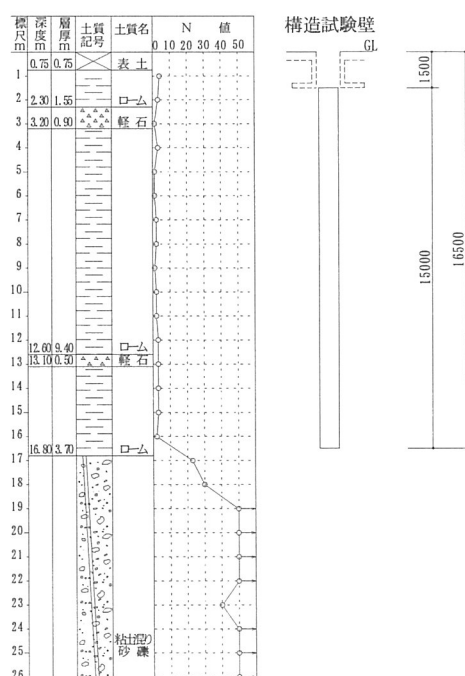


図-1 地盤概要

*建築工法研究室 *²建築構造研究室

3. 構造試験壁の築造

3.1 試験壁概要

図-2に構造試験壁の平面形状を示す。構造試験壁の断面は、幅800mm、壁長12900mm、深さが16500mmである。先行エレメント長は3200mmで2箇所、先行エレメント間に6500mmの後行エレメントを構築し、これら3個のエレメントを壁間継手によって連結することで一枚の構造試験壁を構成した。

図-2(a)に示すように鉄筋かごの配筋は、試験体の切出し位置と実大実物構造試験の各試験体により決められている。使用鉄筋径は縦筋でD22 @200mm、横筋でD25 ~D35 @110~200mmである。

図-2(b)に示すように先行エレメントNo.1と後行エレメントを連結する壁間継手は、旧来型とし、幅100mmのフランジプレートを取り付けた仕切鋼板を使用した。一方、図-2(c)に示すように先行エレメントNo.2と後行エレメントを連結する壁間継手は、本工法独自のもので、フランジプレートとして幅609mmの有孔補強鋼板を取り付けた仕切鋼板を使用した。

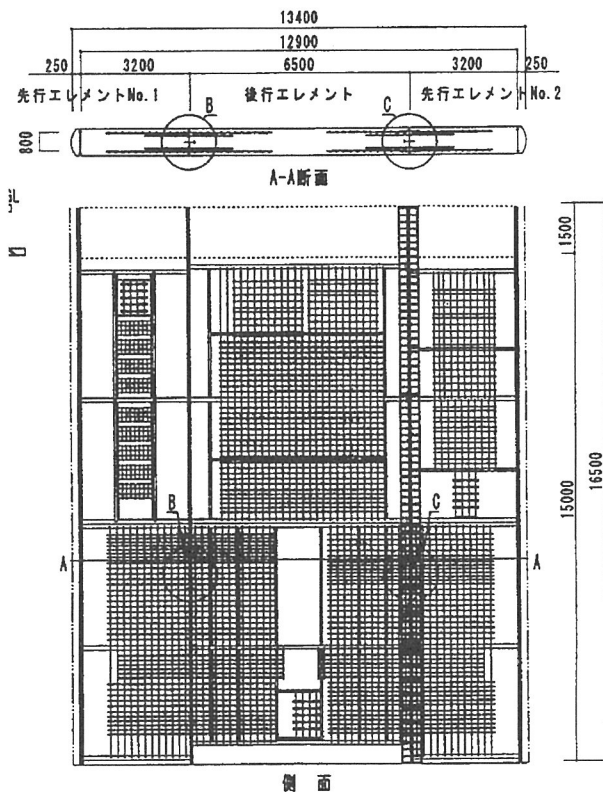


図-2(a) 鉄筋かごの概要

3.2 掘削工事

(1) 精度管理

掘削は、シェル幅800mm、シェル長さ2500mmのMH L掘削機を使用して行った。図-3にガットの割付と掘削中の掘削幅・掘削精度測定位置を示す。ガットの割付は、先行掘削溝No.1, No.2は3ガットで、後行掘削溝は1ガットとした。図中の1-1等の番号はガット位置を、①等の番号は測定位置を示す。

掘削精度は、掘削深度5m毎に溝壁測定システムを使用して求め、鉛直精度で1/300以内、計画壁面に対する欠損量が継手部で40mm以内を目標値とし、これを超えた場合は修正掘削を行なった。

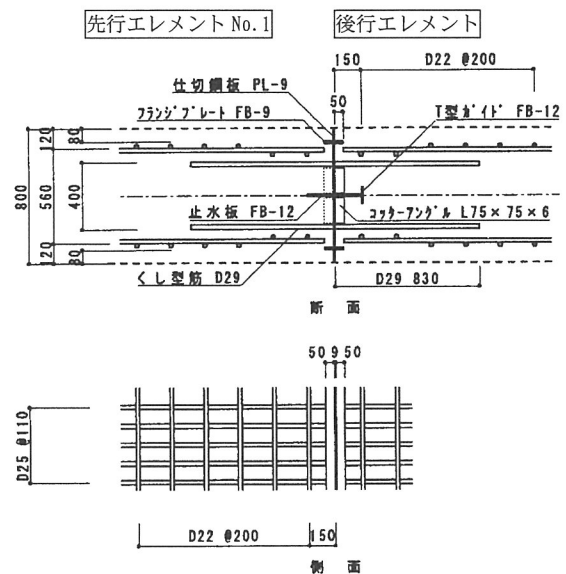


図-2(b) B部詳細

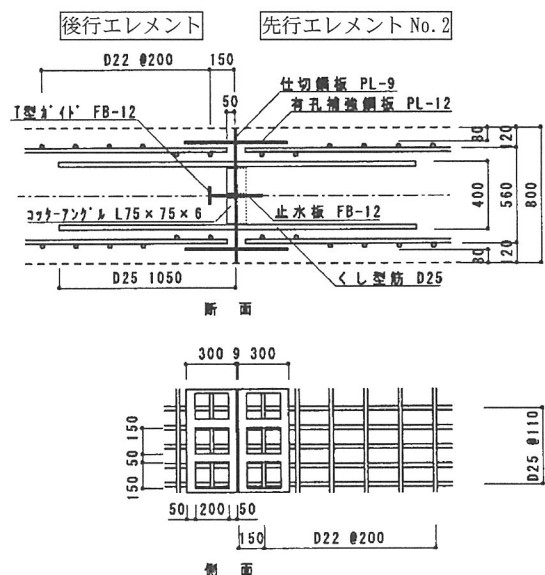


図-2(c) C部詳細

なお、継手部に関し欠損量を規定したのは、有孔補強鋼板のコンクリート最小かぶり厚さを保証するためである。計画深度の16.5mに到達した時点で、最終の掘削精度を求め、鉛直精度1/300および欠損量40mmを満足していることを確認して掘削を終了した。図-4に壁間継手部⑨における最終の溝壁測定結果を示す。

(2) 安定液およびスライム管理

本地盤の安定液掘削に関しては、軽石層に若干の逸液が確認され、溝壁崩落や液性劣化が懸念された。このため、各種添加材を使用してその崩落を防ぐとともに、コンピューターによる安定液の状態管理をリアルタイムに行った。

二次スライム処理は、安定液とコンクリートの置換性を考慮し、主にエアリフト方式を採用した。溝底から砂分率1.0%以上のスライム～不良安定液を排出し、良液と置換した。

3.3 壁間継手清掃工事

後行掘削溝の一次スライム処理後、継手防護材を撤去し、今回開発した清掃機で、後行エレメント側の壁間継

手を清掃した。清掃方法は予備試験により決定し、ジェットノズル噴射圧力981kPa、昇降速度2m/minとして、清掃機を2往復、昇降させた。図-5に清掃機の概要を、写真-1に清掃前後の状況を示す。

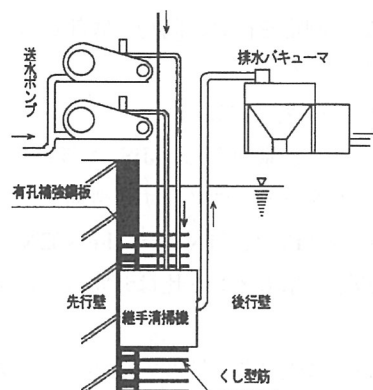


図-5 壁間継手清掃概要

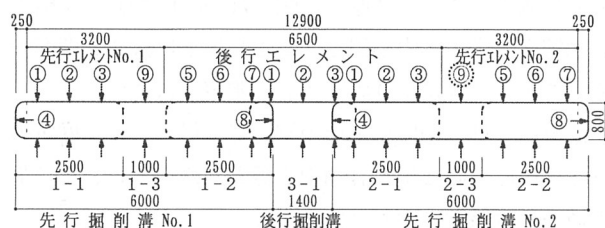


図-3 試験壁の平面形状と測定位置

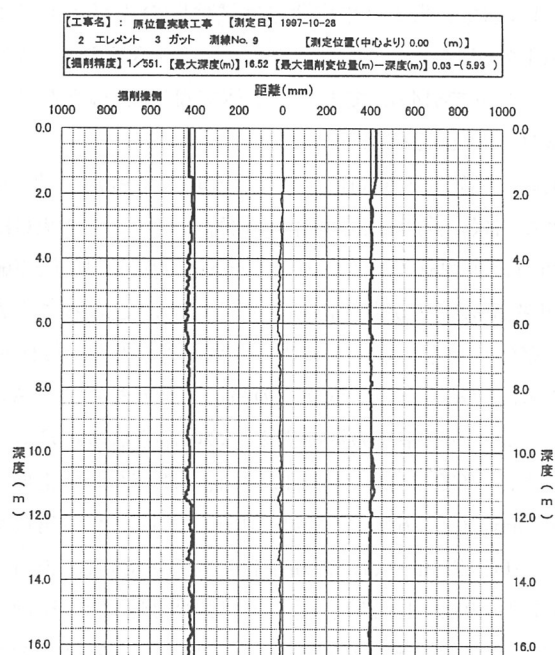
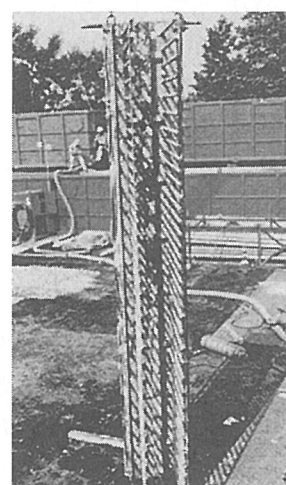
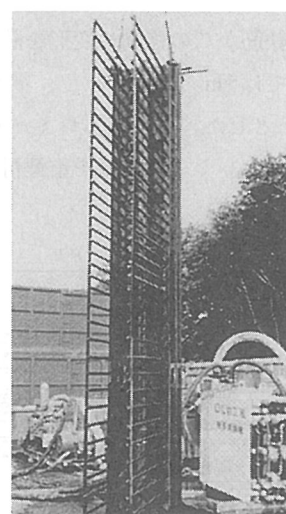


図-4 溝壁測定結果（先行No.2 測線⑨）



〔清掃前〕



〔清掃後〕

写真-1 壁間継手清掃状況（予備試験）

3.4 鉄筋工事

鉄筋かごの組立は、水平性を確保した架台上で行い、建起しの変形を防止するために山形鋼およびみぞ形鋼を用いた補強フレームを使用した。

鉄筋かごの建込み精度は、頭部でトランシットおよびレベルを用いて測定を行い、同時に底部から浮かしたウキを用いて測定した。

3.5 コンクリート打設工事

コンクリートは、原則としてJIS A 5308「レディミクストコンクリート」に適合する普通コンクリートとし、設計基準強度 F_c は、 $21\text{N}/\text{mm}^2 \leq F_c \leq 32\text{N}/\text{mm}^2$ 、スランプは21cm以下、水セメント比は55%（杭は60%）以下と規定した。

実大施行試験に先立ち、壁間継手部のコンクリート充填試験を実施し、打設方法の検討を行った結果、密実なコンクリートを打設するためには、トレミー管の配置が重要であることがわかった。したがって、トレミー管は、仕切鋼板から35cm離れた位置で、かつトレミー管同士の間隔が3m以内になる配置とした。

また、コンクリート中への安定液の混入を防ぐため、一般的な水中コンクリートの打設と同時に、トレミー管内部にはあらかじめ上部からプランジャーを挿入すること、また、トレミー管の先端はコンクリート中へ2m以上根入しておくこととした。

実大施工試験では、鉄筋かご寸法等を考慮し、 $\phi 200\text{mm}$ のトレミー管を用いてコンクリートを打設した。図-6に先行エレメントNo.2のトレミー管の配置を示す。

打設前に、コンクリートが所定の品質を確保していることを確認するため、アジテータ1台毎に受入れ検査を実施した。

打設速度は、鉄筋かごの移動や変形を防止するために先行エレメントでは $5\text{m}/\text{h}$ 以下とし、後行エレメントでは $10\text{m}/\text{h}$ 以下とした。複数のトレミー管を用いることから、配置したトレミー管付近を重錘付き検尺テープ

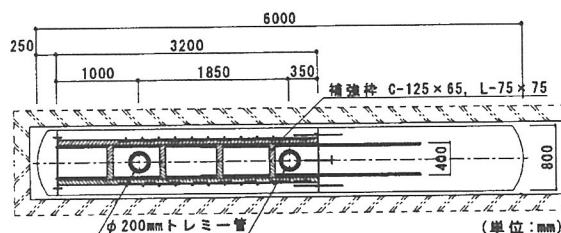


図-6 トレミー管の配置（先行エレメントNo.2）

で測定し、コンクリート打上り高さを水平に保つようにした。

コンクリートの打設中は、溝壁測定結果から予測した打設量および打上り高さと、アジテータ1台毎の実打設量および実測した打上り高さを比較することで、溝壁の崩壊などが発生していないことを確認した。

4. 構造試験壁・壁杭の掘出し調査

構築した構造試験壁は掘出した後、各々所定の大きさに切断し、実大実物の構造載荷試験を行っている。壁体の出来形および品質が計画時の目標値を満足していることを確認するために、掘出し時に調査を行った。以下に各項目の調査方法と結果について述べる。

4.1 壁厚の出来形と鉛直精度

(1) 調査概要

写真-2に構造試験壁の掘出し状況を、図-8に壁厚出来形の姿図を示す。壁厚出来形の測定箇所は、平断面では掘削時に行った掘削幅の測定箇所と一致させており、深度方向にはGL-2.50mから1.50m間隔でGL-16.00mまでの10測点である。壁厚は、図-7に示すように、施工計画線と測定治具中心線を一致させ、下げ振りと壁面の距離をスケールにより両サイドで測定し求めた。

鉛直精度は、壁厚出来形の測定時に得られた深度毎の壁厚の中心位置と施工計画中心線との差を求め、その最大値を計画深度で除した値とした。

(2) 調査結果

壁体各測線における壁厚出来形の測定結果の平均値を表-1に示す。表より平均壁厚は試験壁の先行エレメントNo.1で807.6mm、先行エレメントNo.2で803.2mm、後行エレメントで814.6mmであり、全体では808.4mmとなり計画壁厚の800mmを確保した。

東側・西側面の壁面形状はほぼ平坦であった。計画壁面より凹状の箇所は、西側面の後行エレメント中央GL-7.0m付近が20mmで最大であり、その反対の東側面で39mm（修正掘削の影響が若干あり）の最大凸状であることから、壁体为中心より少し東側にずれたものと考えられる。

この測定結果から、試験壁の構造的影響を考察する。後行エレメント中央の壁厚出来形の中心と計画中心線との差異は、GL-2.5mで東側に12mm、GL-7.0mで東側に推定25mm、GL-16.0mで西側に10mmである。傾斜角にすれば、GL-2.5m～GL-7.0m間が $1/346$ でGL-7.0m～GL-16.0m間が $1/257$ 、偏心量は最大35mm（＝壁厚× $1/23$ ）となり、鉛直荷重を受ける部材としては許容される範囲にある。

表-1 壁厚の出来形調査結果

調査箇所		測定結果 (mm)		
		中心～東面	中心～西面	壁厚平均値
先行エレメント	No.1	404.1	403.5	807.6
	No.2	409.9	393.3	803.2
後行エレメント		402.9	411.7	814.6
全 体		405.6	402.8	808.4



写真-2 試験壁の掘出し状況 (GL-7.0m)

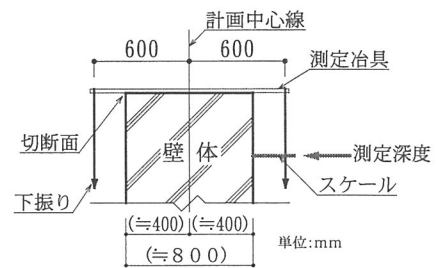


図-7 壁厚の測定方法

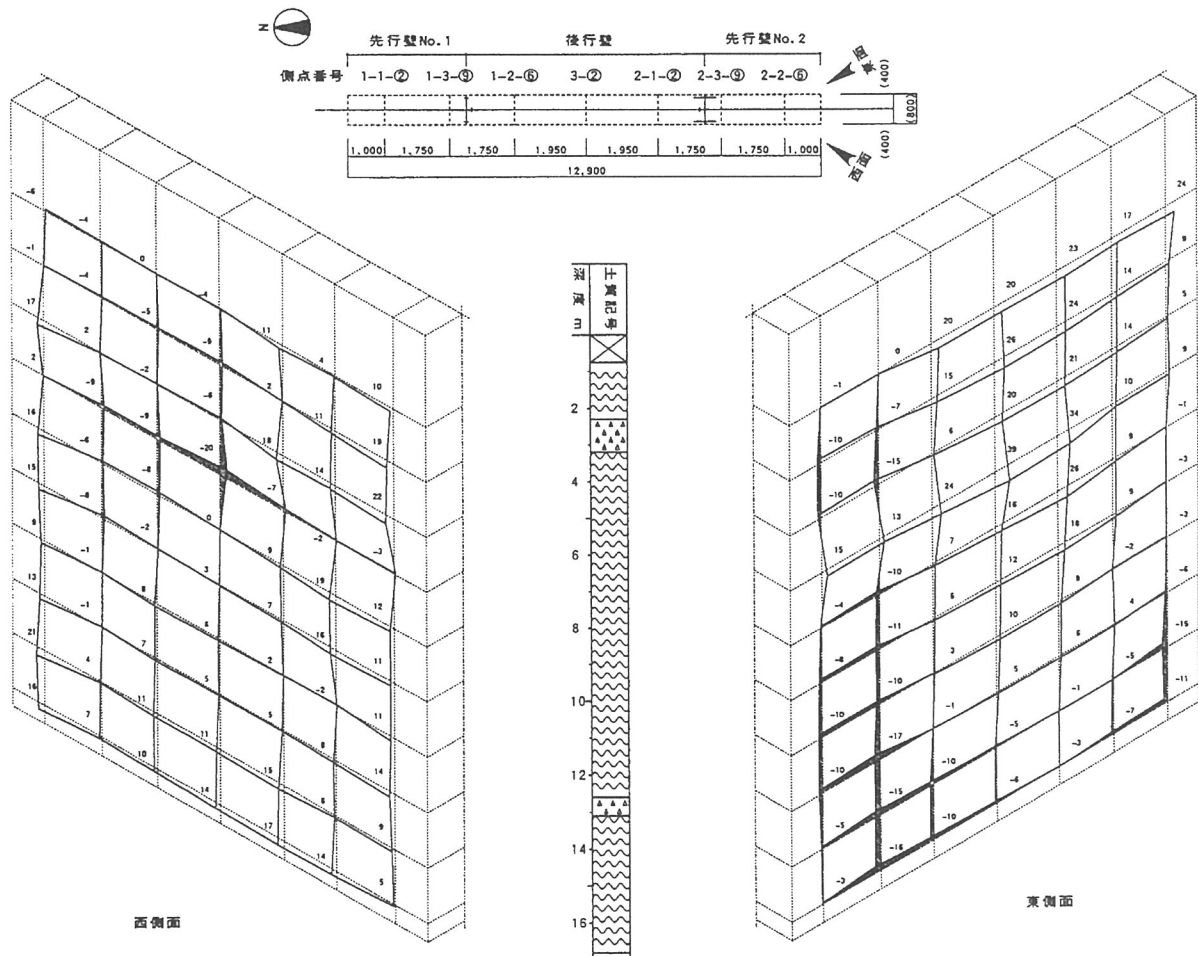


図-8 壁厚の出来型姿図

4.2 鉄筋のかぶり厚および仕切鋼板位置

(1) 調査概要

鉄筋のかぶり厚の調査位置は、鉄筋かごの配筋状況を考慮して決定した。試験体を掘出した後、水平に切断した断面においてかぶり厚をスケールで測定し、計画かぶり厚と比較した。

仕切鋼板位置測定方法は、壁厚方向では施工計画中心線と仕切鋼板の中心との差異を求めた。壁長方向では壁厚出来形測定時に設置した測定線（先行壁No.1は1-3-⑨、先行壁No.2は2-3-⑨）と仕切鋼板の中心との距離をスケールで測定してその値と計画値との差異を求めた。なお、深度方向の測定位置は鉄筋のかぶり厚さ調査の位置と同様とした。

(2) 調査結果

鉄筋のかぶり厚の調査結果を表-2に示した。これらの結果から平均かぶり厚は、計画かぶり厚98mmを確保していることが確認できた。

仕切鋼板位置の調査結果を表-3および図-12に示した。深度方向の傾きについて、本調査の結果と鉄筋かご建込み後の結果を比較すると、多少のばらつきがあるもののほぼ同様の傾向を示した。

仕切鋼板の位置と壁出来型の関係より以下の事がわかった。

- ① 壁厚方向での仕切鋼板位置は、先行壁No.1、No.2ともに西側に偏しているが、壁厚の出来形もほぼ同様な傾向を示していることから、壁厚の出来形に従属しているものと考ええる。なお、仕切鋼板位置の最大偏心量は先行壁No.2、GL-14.06mの26mmである。その付近の壁面偏心量は6mmであることから、有孔補強鋼板のかぶり厚は計画値より20mm程度少なく、その最小かぶり厚さは60mmであった。

表-2 鉄筋かぶり厚の調査結果

調 査 箇 所		計画値	測 定 値 (mm)		
			最小	最大	平均値
先行エレメント	No.1	98	75	139	102.8
	No.2		68	128	102.7
後行エレメント			69	152	98.9
全 体			68	152	100.0

表-3 仕切鋼板位置の調査結果

測定箇所	壁厚方向最大差異 (mm)	壁長方向最大差異 (mm)
先行壁 No.1	6 (東)	28 (南)
先行壁 No.2	26 (西)	7 (北)

- ② 壁長方向での仕切鋼板の位置は、先行壁No.1、No.2ともに後行壁側に偏心し、最大偏心量は先行壁No.1、GL-11.30mとGL-13.24mの28mmである。

上述①のことより、壁間継手部のかぶり厚はJASS5の最小かぶり40mmの基準を満足しており、問題はないと考える。また、上述②から、壁長方向での先行壁と後行壁の鉄筋かごの離れを50mm程度見込んでおけば鉄筋かごの建込みに問題は起こらないものとする。なお、実物構造試験ではこれら許容精度誤差を含んだ試験体を用いたわけであるが、その構造性能が計算値を十分に上回ることを確認している。

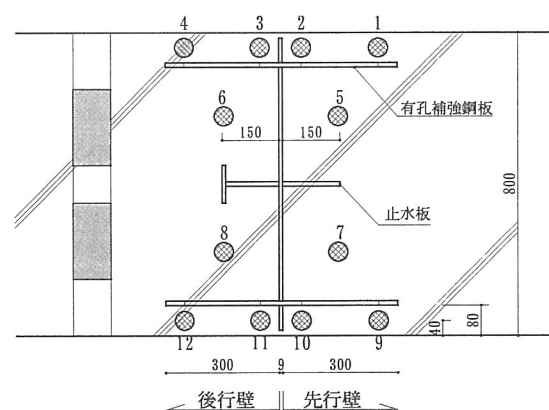
4.3 壁間継手部打設コンクリートの充填性

(1) 調査概要

掘出しを行い、試験体を切断した後、図-9に示す位置で壁間継手周りのコンクリートのコア抜き試料を採取し、その単位体積重量と圧縮強度について一般部のものと比較した。また切断面の壁間継手部分の目視観察を行った、コンクリートの充填性の確認を行った。

(2) 調査結果

壁間継手部分におけるコンクリート充填状況の一例（先行エレメントNo.2のGL-9.66m）を写真-3に示す。写真のように、壁間継手部分には安定液やマッドケーキの付着は全く見られず、コンクリートは十分に充填されていた。これは、コンクリート打設時のトレミー管配置と打設速度管理および壁間継手部の清掃が適切であったことを示すものとする。



- 継手部コア位置 (No.1～12) : ボーリング方向 垂直
: 寸法 φ 50mm L=100mm
- 一般部コア位置 (例) : ボーリング方向 水平または垂直
: 寸法 φ 100mm L=200mm

図-9 壁間継手部のコア採取位置

図-10に単位体積重量比を、図-11に圧縮強度比を示す。試験結果から、単位体積重量比は概ね±3%程度であり、継手部コンクリートは密実であったと考えられる。コアの平均圧縮強度比は1.14であったが、一般部のコアがφ100mmなのに対し、継手部のコアがφ50mmであることを考慮すると、実際の圧縮強度比は1.0であると言える。また、コア圧縮強度には若干のばらつきがあったが、継手部材-コア位置関係と圧縮強度には相関性を見出せなかった。いずれにしろ、壁間継手部のコンクリートは健全であったと言える。

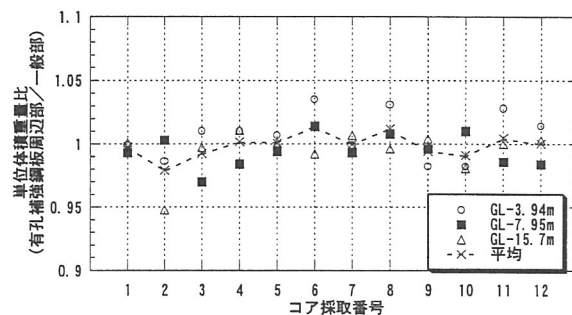


図-10 コンクリートの単位体積重量比



写真-3 壁間継手部断面

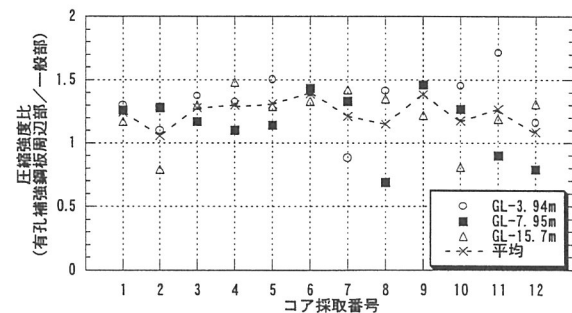


図-11 コンクリートの圧縮強度比

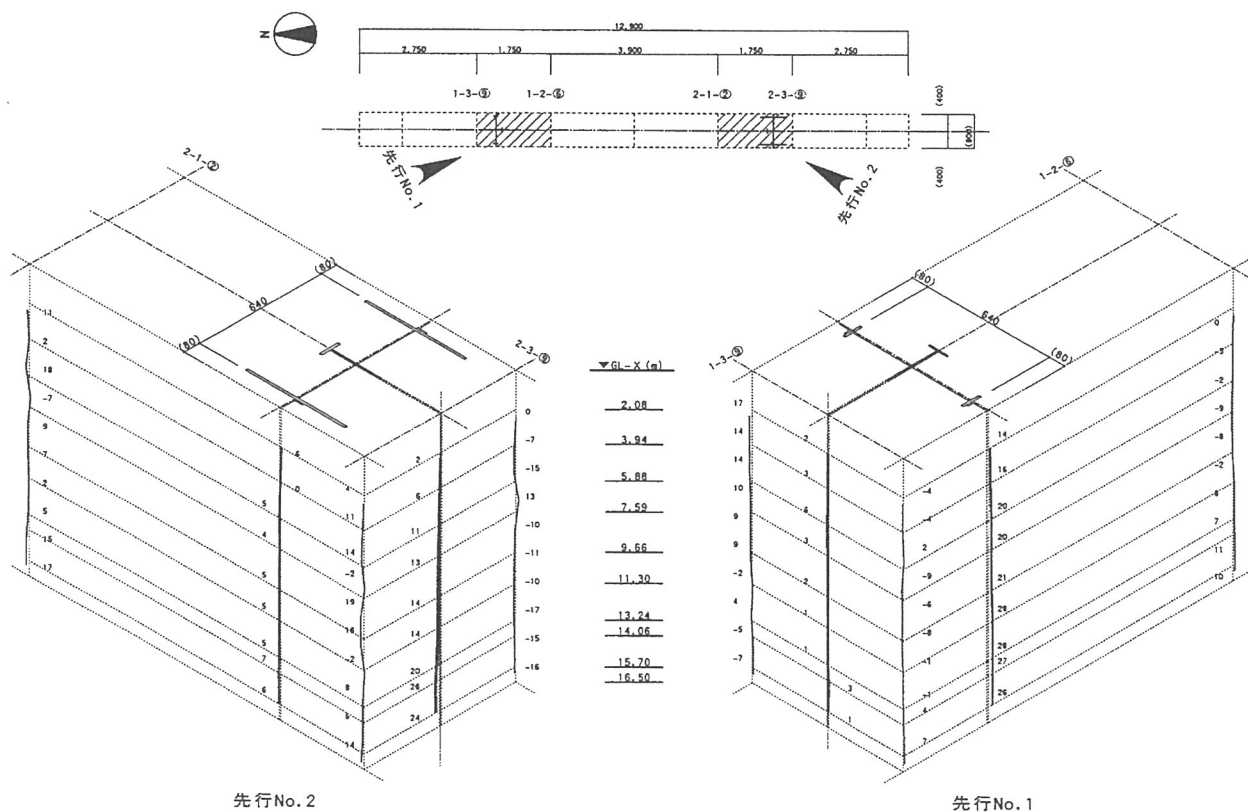


図-12 継手部の出来型姿図

5. あとがき

実大施工試験を通じ、各種管理項目および管理目標値を設定し、かつ開発した施工支援機器やシステムを用いることで、壁間継手を含む地中連続壁体が健全に精度良く築造されることが確認された。

今回の報告以外にも実大実物構造試験、接合筋の施工性試験、壁面洗浄目荒し試験、コンクリートの各種試験、鉄筋の付着強度試験、あと施工アンカーの引抜き試験等の各種試験や調査を実施し、その性能を確認しており、本工法を用いて施工する地中連続壁が信頼性の高いものであることを確認した。これらの各試験結果や資料を基に、設計・施工指針を作成した。

本報では、紙面の都合上、壁間継手部に関する報告のみとなったが、詳細な報告²⁾³⁾および設計・施工指針については、別途参照して頂きたい。

なお、この開発研究はDLW工法研究会の構成会社（浅沼組、新井組、大日本土木、不動建設、松村組、三菱建設）6社の共同で行ったものであり、平成11年6月29日に(財)日本建築センター基礎評定委員会の性能評価（BCJ-F1020）を取得した。

[参考文献]

- 1) 浅沼組技術研究所報 vol.6,7,9
- 2) 西口、黒島 他：RC地中連続壁の構造性能に関する研究（その1～6）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp637～648、1998
- 3) 西野、西山 他：RC地中連続壁の構造性能に関する研究（その7～13）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp615～628、1999