

12. 地中連続壁の本設利用に関する研究開発 (その1 壁間剛接継手工法)

内井 栄二
木村 建治
森 浩二

要 旨

地中連続壁を本設構造物として利用する工法が、これまでに種々開発されている。今回、この地中連続壁の本設利用のうち、二方向耐側圧壁に関する比較的簡易な壁間剛接継手工法を開発し、性能実験を行った結果、本工法の有効性を確認できたのでここに報告する。

キーワード

本設型地中連続壁／剛接継手工法／重ね継手／付着割裂／孔開き鋼板

目 次

1. はじめに
2. 工法概要
3. 構造実験
4. ま と め
5. あとがき

12. RESEARCH AND DEVELOPMENT CONCERNING THE UTILIZATION OF DIAPHRAGM WALLS AS PERMANENT STRUCTURES IN BASEMENT CONSTRUCTION (Part 1 :Rigid Vertical Joint)

Eiji Uchii
Kenji Kimura
Koji Mori

Abstract

Until now various methods that allow the utilization of diaphragm walls as permanent structures have been developed, of which, the rigid vertical joint, a relatively simple approach to be used for two-way spanning diaphragm walls, is a recent achievement. This paper reports on the results of a test conducted to examine the performance of this method, which proved the effectiveness of the method.

1. はじめに

近年、都市への機能・情報の集中化が盛んになり、都市建造物の建設が増加の一途を辿ってきた結果、土地有効利用を図ることが必要となり、地下工事においては大深度地下利用工法の開発が求められるようになってきた。特に地中連続壁に関しては、その高い剛性と低公害性を有することから、外壁・耐震壁・杭といった本設構造物に利用するための研究開発が意欲的に行われるようになり、これまでに種々の工法が開発され実用に供されてきた。

当社においても、この本設型地中連続壁の利用を目指して一連の研究開発を進めており、本報告では、この度実験を終えた、二方向耐側圧壁としての壁間剛接継手工法の概要と性能実験の結果について述べる。

2. 工法概要

従来、地中連続壁の継手部はその構造面・施工面の信頼性より、土圧・水圧等の面外応力に対してはピン構造として設計されるのが一般的であった。壁間剛接継手とは、この継手部を水平重ね継手やコッターなどを配して単位エレメント同士を結合することで地中連続壁に構造的な連続性を与えようとするものである。

この度開発した壁間剛接継手の概念図は図-1に示すようなものであるが、図-2に示すこれまでに開発された一般的な壁間剛接継手とはその構造を多少異にするものである。本工法の特徴をあげると以下の通りである。

- ① 先行壁の横配力筋の一部を折り曲げ、後行壁側に突出させ、後行壁の横配力筋とともに重ね継手を形成する。

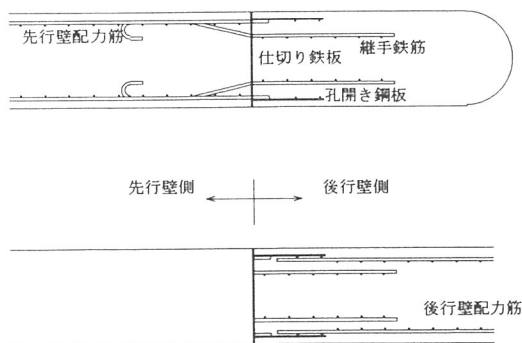


図-1 壁間剛接継手概念図（本工法）

- ② 仕切り鉄板付近で折曲げ鉄筋と枝分れした直線状の鉄筋は、後行壁の横配力筋と接するように位置する孔開き補強鋼板と接合する。
- ③ 後行壁に鉄筋かごを挿入する時、先行壁より突出している縦方向に連続した孔開き補強鋼板がガイドとなるため建て入れ精度が上がり、鉄筋かごを吊り入れる際の揺れを防止する。
- ④ 重ね継手部の先行壁横配力筋と後行壁横配力筋のクリアランスを設計・施工上ともに小さくできる。

3. 構造実験

今回は、壁間剛接継手の面外応力に関する実験を行うため、本工法による試験体を純曲げ実験用として1体、曲げせん断実験用として2体を、また一般的な剛接継手工法による試験体を1体製作した。

3.1 試験体

試験体は以下の要領で製作した。

- ① 試験体は1/2モデルを想定し、外力への抵抗機能を明確にするため、安定液は使用せず気中でコンクリートを打設した。
- ② 孔開き補強鋼板と後行壁の横配力筋のあき間隔は、予備実験結果より、横配力筋の径の1.5倍以上を確保することとした。
- ③ コンクリートは実際の施工と同じように上部方向から打設した。
- ④ コンクリート用骨材は豆砂利を使用し、最大骨材径は13mm程度とした。これは、補強鋼板の孔打抜き径と補強鋼板と後行壁横配力筋とのあき寸法を考慮して決定したものである。

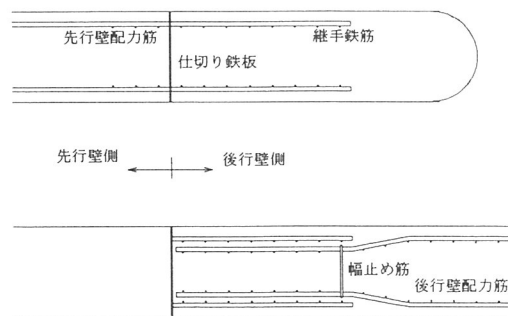


図-2 壁間剛接継手概念図（一般型）

3.2 純曲げ実験

(1) 実験目的

本工法における継手部の横配力筋の付着性能・変形性能を把握するために行うものである。

(2) 実験概要

試験体の概要を表-1に、試験体の配筋図を図-3に示す。試験体は断面 400×400 、スパン長 $L=2000$ であり、引張鉄筋比(Pt)は0.4%である。加力は、試験体の両支点を単純支持とした2点载荷で行い、一方向漸増荷重とした。

(3) 実験結果

荷重(Q)－変形(δ)関係を図-4に、最終ひび割れの状況を写真-1に示す。破壊モードは曲げ破壊であり、実験値は建築学会略算式による曲げ耐力計算値($0.9a_t \cdot \sigma_s \cdot d(L/2)=14.0\text{tonf}$)を上回った。試験体は重ね継手端部での鉄筋の降伏が顕著であった。後行壁横配力筋に面した引張側の孔開き補強鋼板は、図-5に示す荷重(Q)－応力(σ)関係が付着切れを起こすことなく比例関係を維持していることから解るように、十分な付着性能を保持することを確認した。

表-1 純曲げ試験体概要

試験体	形状 (mm)	横筋	縦筋	補強鋼板 (mm)	コンクリート 強度 (kgf/cm ²)	鉄筋降伏 強度 (kgf/cm ²)
NBM-1	400×400 ×2500	10-D13	D10 @100	t=6 (SS400) 孔: 70×70 @100	337	D13:3600 D10:3600

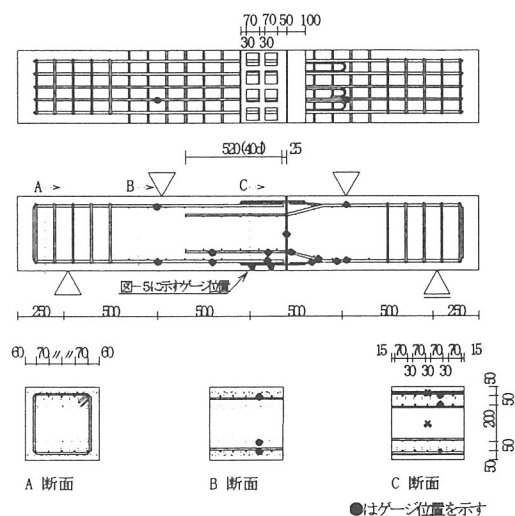


図-3 純曲げ実験試験体配筋図 (NBM-1)

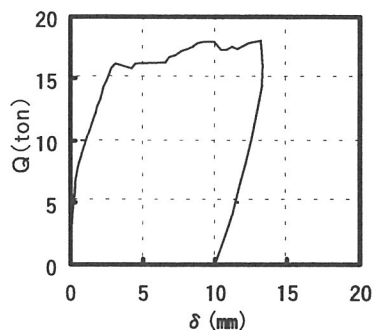


図-4 荷重－中央変位関係 (NBM-1)

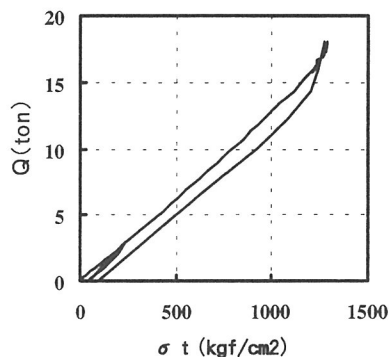


図-5 荷重－補強鋼板応力関係 (NBM-1)

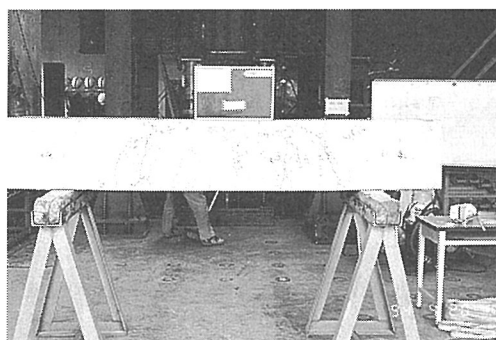
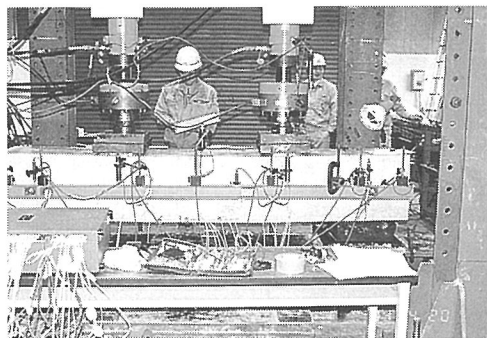


写真-1 試験体最終ひび割れ状況 (NBM-1)



純曲げ実験状況

3.3 曲げせん断実験

(1) 実験目的

梁部材全般について言えることであるが、鉄筋の配筋量が大きくなると、垂直成分の荷重に対して部材の曲げせん断破壊のモードが卓越してくる。さらに、今回の壁間剛接継手のように重ね継手を部材内に含む場合は、継手部に集中荷重を受けると曲げせん断破壊よりも早期に付着割裂を起こす傾向が強くなる。この付着割裂を伴う破壊は非常に脆性的であり、壁間継手工法の構造的信頼性を大きく損なうものである。

曲げせん断実験では、本工法の継手に関する孔開き補強鋼板の効果と変形性能の改善を確認するとともに、曲げせん断と付着割裂の2つの破壊モードの発生過程に着眼して計測を行った。

(2) 実験概要

試験体の概要を表-2に、試験体の配筋図を図-6に示す。試験体は断面 400×400 、スパン長 $L=2000$ であり、引張鉄筋比(Pt)は1.08%である。実験は、仕切板部分に集中荷重をかけて補強鋼板の効果を把握するための試験体NB S M-2(本工法)と、付着割裂の発現を比較するために重ね継手部中央に集中荷重をかける試験体NB S M-1(本工法)およびOBS M-1(一般的な壁間剛接継手)について行った。加力は試験体の両支点を単純支持とした中央集中荷重とし、純曲げ試験と同様に一方向漸増荷重とした。なお、OBS M-1には図-6に示すように、後行壁鉄筋折曲げ部に幅止め筋による拘束補強をした。

表-2 曲げせん断試験体概要

試験体	形状 (mm)	横筋	縦筋	補強鋼板 (mm)	コンクリート 強度 (kgf/cm ²)	鉄筋降伏 強度 (kgf/cm ²)
NBSM-2	400×400 $\times 2500$	12-D19	D10 @100	t=6 (SS400) 孔: 70×70 @100	322	D19:3850
MBSM-1					312	
OBSM-1					317	

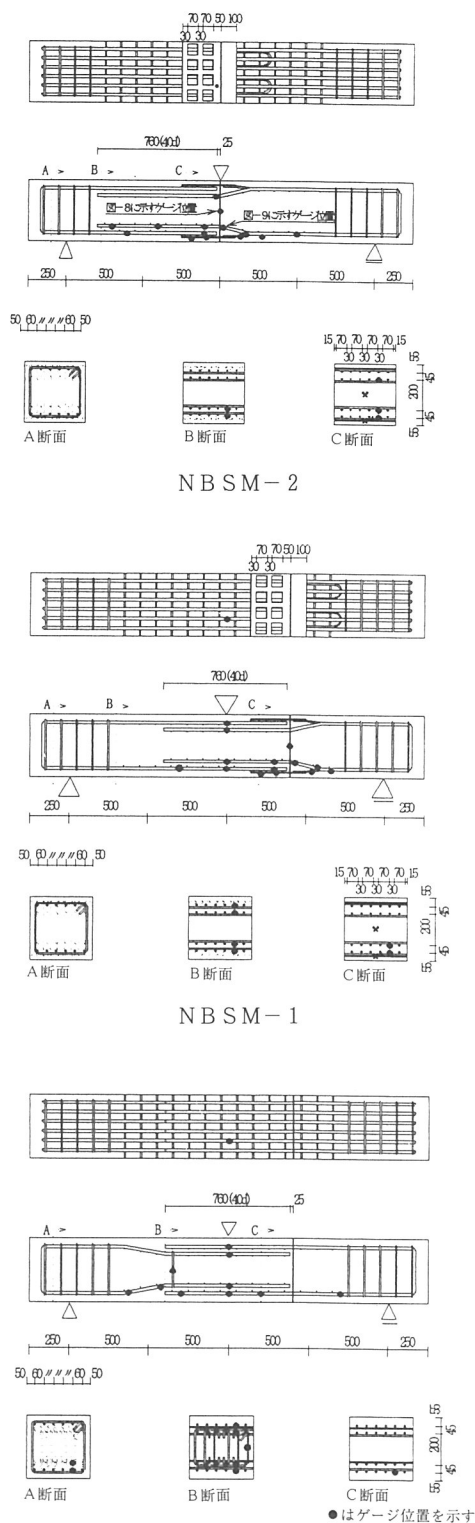


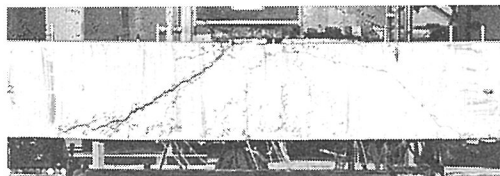
図-6 曲げせん断実験試験体配筋図

(3) 実験結果

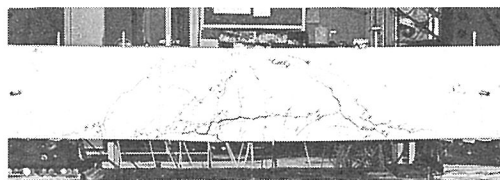
荷重 (Q) - 変形 (δ) 関係を図-7 に、最終ひび割れ状況を写真-2 に示す。各試験体の破壊モードは、NBSM-2 が曲げせん断破壊であり、NBSM-1 および OBSM-1 が付着割裂破壊であった。表-3 に示すように各試験体の最大耐力実験値は大野・荒川 mean 式によるせん断耐力計算値を上回った。

NBSM-2 は曲げせん断ひび割れが大きく、載荷点近傍の先行壁下部鉄筋の降伏が確認された。最大耐力も曲げ破壊強度の計算値にかなり近いものであり、靱性が確認された。図-8 に仕切板の載荷方向の荷重-応力関係を、図-9 に下部鉄筋の折曲げ部分での荷重-歪み関係を示す。仕切板・下部鉄筋の折曲げ部分ともに常時引張力が働いており、仕切板の面外応力に対する幅止め効果が確認できた。

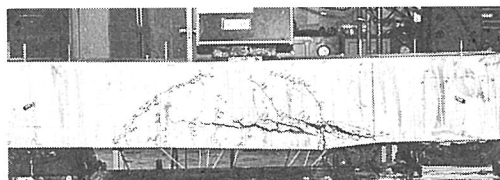
NBSM-1、NBSM-2 とほぼ同等の性状を示したが、載荷点が非常に重ね継手には不利な場所にあったこともあり最終的に付着割裂を生じた。しかし、NBSM-1 は OBSM-1 よりも剛性・耐力ともにかなり高く、仕切板近傍の先行壁下部鉄筋の降伏はかなり進んでいた。また、付着割裂後の変形は、孔開き補強鋼板の支圧効果があったためか、かなり緩やかであった。



NBSM-2



NBSM-1



OBSM-1

写真-2 試験体最終ひび割れ状況 (曲げせん断実験)

表-3 実験値と計算値の比較

試験体名	実験値耐力 Qmax (tonf)	曲げ耐力 計算値 Qmu (tonf)	せん断耐力 計算値 Qsu (tonf)
NBSM-2	20.7	21.7	12.7
NBSM-1	19.2		
OBSM-1	17.1		

$$Q_{su} = 0.9a_s \sigma_s d / (L/2)$$

$$Q_{su} = [0.068 P t^{0.25} (\sigma_s + 180) / \{(M/Q) + 0.12\}] b \cdot j$$

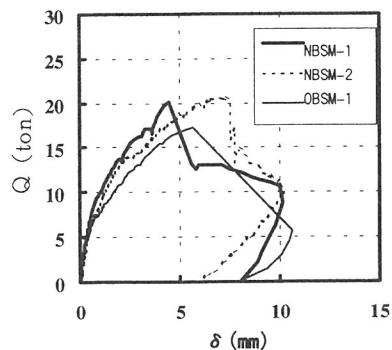


図-7 荷重-中央変位関係 (曲げせん断実験)

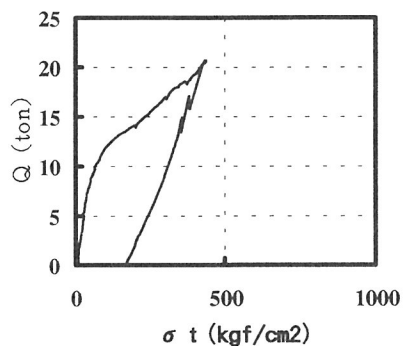


図-8 荷重-仕切板応力関係 (NBSM-2)

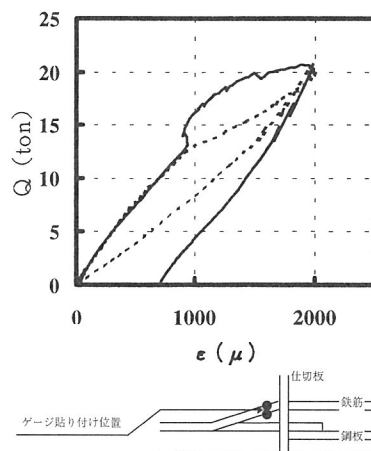
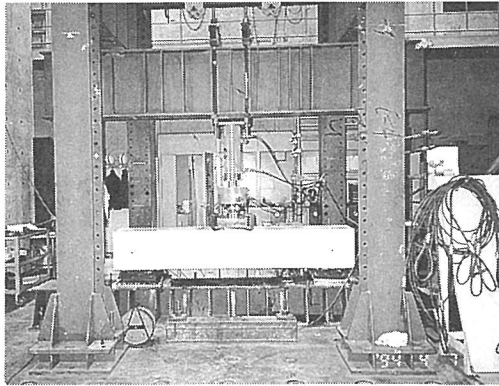


図-9 荷重-鉄筋折曲げ部歪み関係 (NBSM-2)



曲げせん断実験状況

[参考文献]

- 1) 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」
- 2) 岡田、六車：コンクリート工学ハンドブック
- 3) 神野他：面外方向曲げを受ける地中連続壁（SSS工法）壁間継手の付着割裂耐力，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），1992，8.

4. まとめ

今回の実験により、本工法に関する壁間剛接継手について以下のことが確認できた。

- ① 鉄筋折曲げによる断面性能低下が無いため、耐力・剛性が大きく、靱性の低下が見られない。
- ② 仕切板の幅止め効果と孔開き鋼板の支圧効果が継手の性能を高めている。
- ③ 孔開き鋼板が後行壁横配力筋に接しているために付着割裂が起こりにくくなっている。

5. あとがき

本報告では、本設型地中連続壁における壁間剛接継手の工法概要と実験について述べた。特に、曲げせん断実験では本工法の剛性・耐力についてはその有意性が確認できた。二方向耐側圧壁の開発は、現在、鋼製連続壁や連結金具といった機械的な方向でも進められているが、本工法はこういった風潮の中、既存工法の改善と言う意味で一つの方向性を与えるものであると考える。

次報では、今回紹介できなかった逆対称せん断実験の結果と強度推定式および躯体－壁接合の工法概要と実験結果について報告する。また、今後はこれらの工法を実施工に適用してその品質および施工性の確認を行っていくつもりである。

最後に、本工法の開発・実験にあたり、御指導頂いた関西大学八尾眞太郎教授ならびに御協力頂いた関係各位の方々に深く感謝の意を表します。