

S MW土留め壁を本体利用した 修繕ドック建設について

棚辺隆¹・前孝一²・吉田功³・藤井誠司³・加藤直人³

¹正会員 J F Eエンジニアリング株式会社シビルエンジニアリング部
(〒230-8611 神奈川県横浜市末広町2-1)

²正会員 清水建設株式会社 土木事業本部 (〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3)

³正会員 清水建設株式会社 土木横浜支店 (〒231-0041 神奈川県横浜市中区吉田町65-7)

本工事は、周囲を既設のクレーンや工場建屋に囲まれた狭隘な場所での修繕ドック新設工事であり、渠壁と渠底を一体化したU型構造を採用するとともに、渠壁には仮設土留め壁に使用したソイルセメント壁の芯材を構造部材として本体利用した。

ソイルセメント壁（以下SMW）の芯材本体利用は、わが国の大型土木構造物では初めてとなるものであり、採用に当たっては詳細な技術検討を行い、構造の信頼性の向上と合理化を図った。本稿では、設計・施工上の特色等について報告する。

キーワード：修繕ドック、土留め壁本体利用、ソイルセメント壁、近接構造物、土留め壁精度確保

1. はじめに

J F Eエンジニアリング株式会社鶴見事業所は、同社造船部門の発祥の地として 90 年近くの歴史を持っており、南極観測船「ふじ」、「しらせ」等の建造で知られている。今回の工事は、同事業所内に各種船舶の修繕を目的としたドライドックを新設するものである。

本工事の特徴は、周囲を既設のクレーンや組立工場に囲まれた狭隘な場所での工事であり、これに対し、控え工のない渠壁と渠底を一体化したU型構造を採用するとともに、渠壁には仮設土留め壁に使用したSMWの芯材を構造部材として本体利用したことである。

SMW土留め壁の本体利用は、わが国の大型土木構造物では初めてとなるものであり、採用に当たっては詳細に技術検討を行い、さらに厳密な解析と技術研究所での載荷試験による検証を行うことにより、構造の信頼性の向上と合理化を図った。

本稿は、SMW土留め壁の本体利用の設計、施工上の考え方、ドック建設工事の概要について述べるものである。

2. 工事概要

工事内容

ドック種類：修繕用ドライドック
ドック寸法：長さ 177.750m×幅 35.000m
×深さ 13.000m～12.125m
渠壁構造：自立式RC渠壁
渠底構造：RC造直接基礎
(渠壁・渠底一体のU型構造)

図-1 に一般図を示す。工事は、操業中の工場内で行うため、工事の遂行にあたってはこれらの既存設備の安全と機能の保全、および操業に支障を来さないことを最優先にしなければならない。

建設位置は、組立工場、軌道クレーンに囲まれた位置にあり、特に軌道クレーンは左舷渠壁背面 5m 程度の位置にあり、非常に近接している。また、これらの近接構造物の基礎はいずれも杭基礎構造となっている。

3. 地質概要

建設地は大正時代初期の埋立地であり、その地質構成は、上層より、埋土層、沖積層、上部泥層、上部浮石層、中部砂層、中部礫層、下部泥層（以下固結シルト層と呼ぶ）、下部砂層となっている。渠底下面が位置するYP-9～-10m 付近の地層は大部分がN値 29～50 の中部砂層となっており、支持地盤として十分な強度を有している。よって、渠底は直接基礎構造とした。

4. 設計

(1) 構造形式の選定

前述したように、建設位置は周囲を操業中の組立工場、クレーンに囲まれた位置にあり、これら近接構造物に与える影響を最小限にすることが求められた。ドックの構造形式を選定するに当たっては、これらを含め以下の条件を考慮した。

- ① 近接構造物に影響の少ない構造形式
 - ①-1 工事エリア内で完結できる構造形式
 - ①-2 近接構造物に変位等の影響の少ない構造形式
- ② 経済的な構造形式
- ③ 維持管理の容易な構造形式

以上の条件を勘案して複数案の比較を行い、本工事では鉄筋コンクリート造による渠壁・渠底を一体としたU型構造を採用した。自立式RC渠壁は、剛性の高いSMW土留め壁を使用するため、掘削時の変形が小さく近接構造物に対する影響を低減することができ、渠壁、渠底は鉄筋コンクリート製であるため、特別な防食を施さなくてもよいことが特長として挙げられる。

さらに、SMW土留め壁の芯材のH形鋼を本体構造物として利用することにより、RC部材の厚さを低減することが可能となった。

(2) 渠壁構造

本渠壁は仮設土留め壁として用いたSMW壁の芯材H形鋼にシアコネクタとしてスタッドジベルを打設し、RC壁と一体化した合成壁を採用した（図-2参照）。

ドック本体の各部位は、渠壁はH形鋼とRC壁との合成部材、SMW壁の根入れ部分はH形鋼の単独部材、渠底はRC部材とした一体のU型構造であり、これをモデル化し、平面骨組解析にて断面力を算出

した。芯材の根入れ部分、渠底については各々単独の鋼材、RC部材として照査を行った。渠壁については、「H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き」¹⁾に準拠し、渠壁（合成部材）の断面力をH形鋼とRC部材に分配し、各々について照査を行った。同手引きによれば、シアコネクタ（通常スタッドジベルを使用する）の粗密による接合の程度の評価が可能であり、本渠壁については「不完全合成壁」（「完全合成壁」と「重ね壁」との中間）として取扱った。

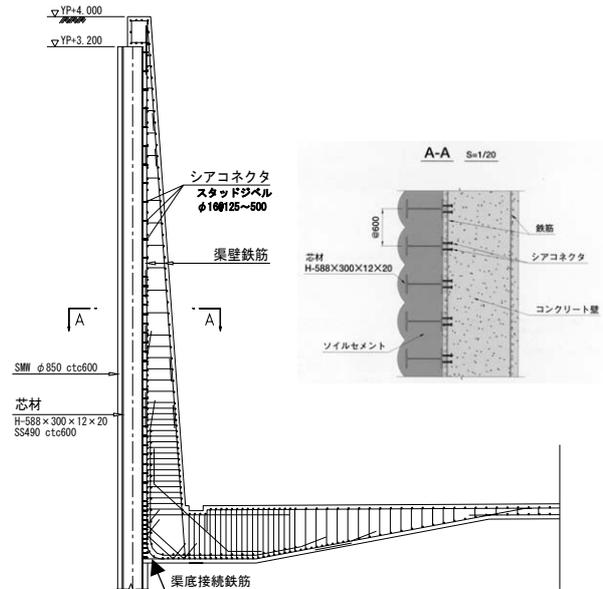


図-2 渠壁構造図

SMW土留め壁芯材を本体利用することにより鉄筋コンクリートの最大部材厚（隅角部）を、鉄筋コンクリート単独の構造と比較してそれぞれ以下のように低減することができた。

	RC単独	本体利用
・渠壁	2.0m	1.2m
・渠底	1.6m	1.4m

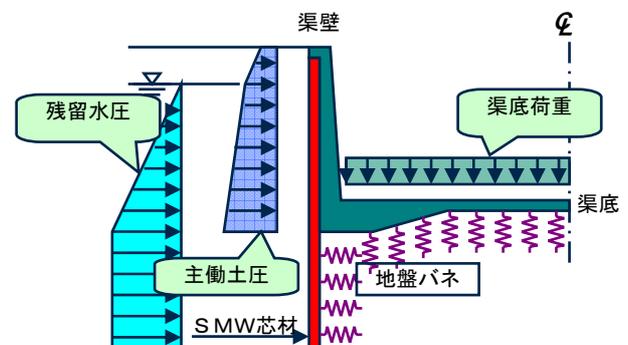


図-3 平面骨組解析モデル図

(3) 厳密な解析による接合部の合理化

従来の設計指針によると、渠底の鉄筋はその 50% 程度以上を機械式継手等によって芯材に接続することとされていた。これに対し、接合部に関して厳密な解析、載荷試験を行うことにより接合部の構造を合理化し、さらなるコストダウンを図った。

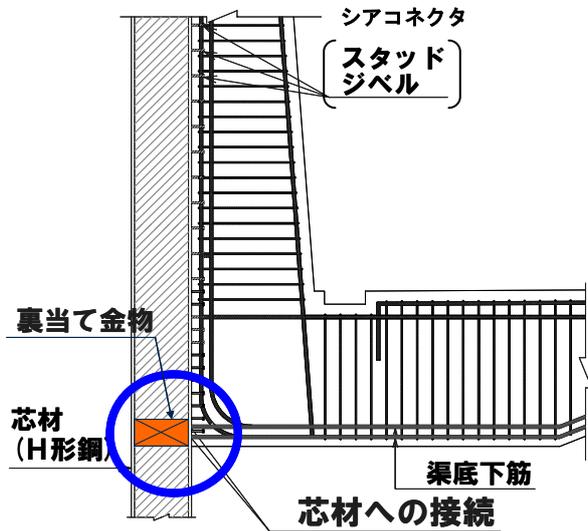


図-4 接合部概念図

まず、シアコネクタ、渠底下筋も含めてモデル化した FEM 解析を、渠底下筋の接続割合を 50%、25%、0% と変化させて行った。渠底下筋の接続割合 25% の場合の水平方向応力度分布の図を 図-5 に示す。同図に渠底下筋の引張・圧縮領域をそれぞれ示す。

渠底下筋は渠壁から離れたほとんどの部分には引張力が発生しているが、接続部付近では圧縮力が発生している。渠壁には背面から側圧が作用しており、その影響で渠底下筋の接続部付近では圧縮領域になっていると考えられ、引張鉄筋としての芯材への定着は必要ないと判断される。

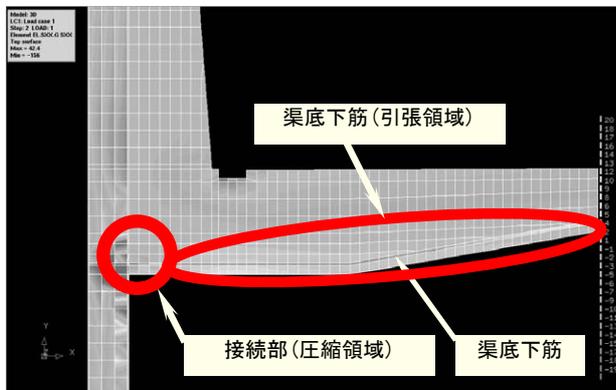


図-5 FEM 解析結果
(水平方向応力度分布、接続割合 25%)

ただし、接続割合を 0% とするとシアコネクタのせん断力が許容値を超える箇所があり、シアコネクタの役割として渠底下筋を接続する必要があった。接続割合 25% の場合にはシアコネクタのせん断力はすべて許容値以下となることを確認した。

また、それぞれを梁部材としてモデル化した芯材と RC 渠壁を、せん断バネ部材 (シアコネクタ、渠底下筋) で連結した 2 重梁モデル (図-6 参照) でも平面骨組解析を行った。各部材に発生する断面力は FEM 解析と同等であり、渠底下筋の接続割合によるシアコネクタのせん断力の発生状況も同じ結果となった。

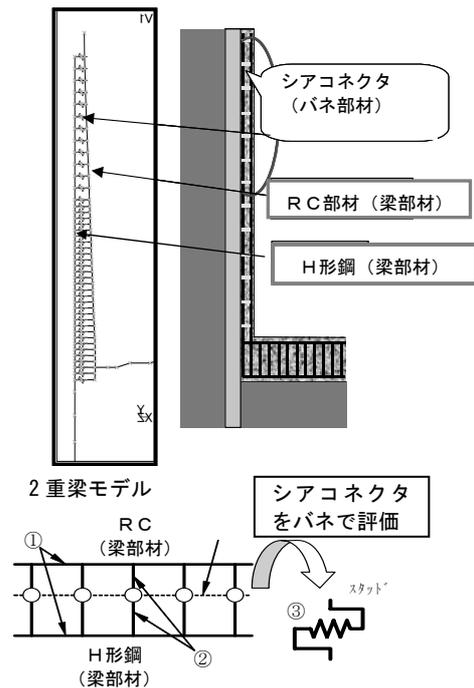


図-6 2重梁モデル概念図

したがって、平面骨組解析 (2 重梁モデル) によって同様の結果を得られたため、FEM 解析の結果は妥当であると判断し、渠底下筋の接続割合は 25% とすることとした。また、シアコネクタについても、せん断力の大小により下部には密に、上部ほど粗に配置するように見直した。

接続割合を 25% にすることによって接続本数の半減に加えて、図-7 に示すように、接続位置をウェブ正面にできるため裏当て金物の省略が可能となった。

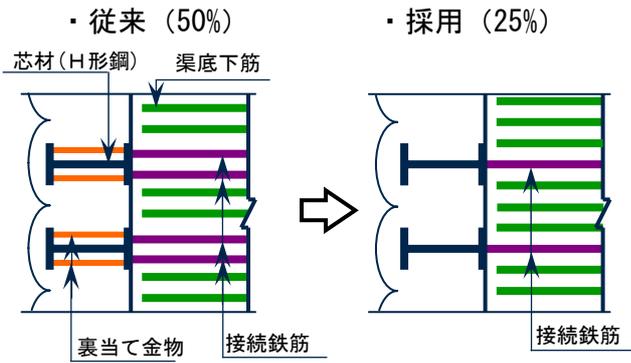


図-7 接続割合の低減

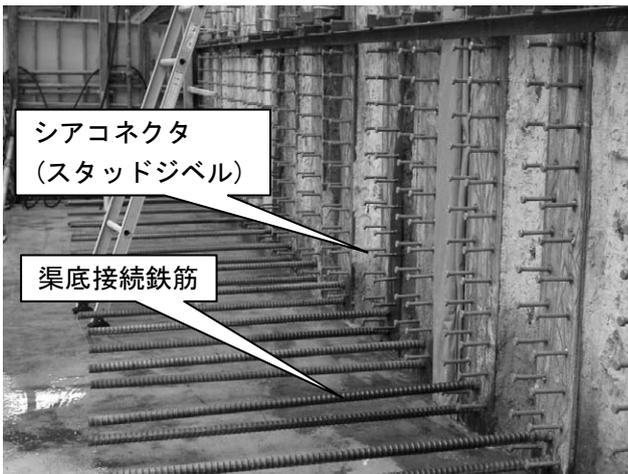


写真-1 スタッドジベル、渠底接続鉄筋

5. 土留め壁の施工

(1) 目標精度

土留め壁は、前述したとおりSMW連続地中壁を用い、その芯材を本体利用した。このため、芯材がドック渠内側に変位した場合、渠壁躯体断面を犯すこととなる。また、ドック外側に変位した場合は渠壁壁厚が厚くなりコンクリート量の増大につながる。

したがって、本体利用する上での施工上の管理点は、芯材の建込み精度であり品質・コストの両面から芯材の建込み精度を1/250以上に保つことを目標とした。

今回工事では、SMW連続地中壁の打設ラインを以下の点に留意し、セットバックして施工した。

SMW芯材の平面的な建込み誤差	20mm
SMW芯材の鉛直方向の建込み誤差	75mm
	(1/200)
掘削に伴う土留め壁の変形量	70mm
躯体施工誤差	15mm
計	(渠外側へ移動) 180mm

(2) 施工精度確保のための方策

上記の範囲の施工精度を確保するため、以下の方策を実施した。

- ① SMW施工機による削孔精度を向上させる。
- ② 芯材H形鋼の建込み精度を向上させる。
- ③ 芯材H形鋼のジョイント部での折れを防止する。

方策① SMW施工機による削孔精度の向上

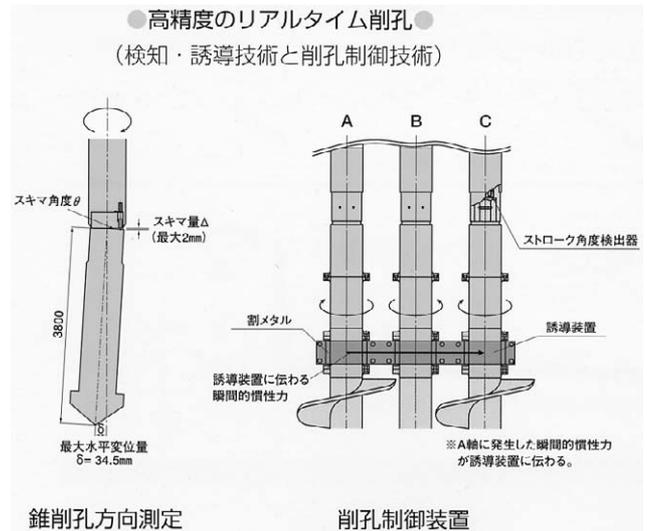


図-8 削孔制御装置概要

今回工事では、SMW施工機による削孔精度を向上させるため、SMW機の錐に削孔方向測定・制御装置を装着した機械を開発し、実用化した。図-8にその概要を示す。

方策②芯材H形鋼の建込み精度の向上

これまでのSMW工事では、芯材の建込み時の誘導は定規用H形鋼1点だけで芯材を拘束し、その鉛直性を水平器、トランシット等により確認していた。

今回工事では、建込み治具(写真-2参照)を製作し芯材を上下2点のローラーで拘束することで途中段階での修正、建込み直し等の手間を低減した。

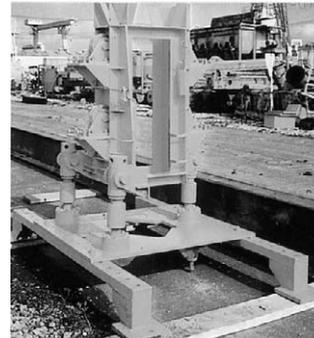


写真-2 建込み治具

この建込み治具を使用することにより建込み精度が向上したことで、施工時のロスタイムを大幅に低減することができ、ソイルセメントがよりフレッシュな状態で芯材の建込みができるようになったことも施工精度の向上に大きく寄与したと思われる。

方策③芯材H形鋼のジョイント部での折れを防止

今回のSMW芯材長は20.5m～24.0mあり、通常の陸上運搬による資材の搬入では、芯材を2分割し建込み時にジョイントを行う必要がある。

このように継ぎ杭した場合、このジョイント部で芯材が折れてしまい出来形精度を低下させる原因となっていた。

本工事では、この芯材を海上から搬入することでジョイントを設けずに1本もので建込みができるように計画し、施工した。

また、ジョイントという作業工程を無くすことで施工速度も速くなり、ソイルセメントがよりフレッシュな状態で芯材の建込みができるようになったことも施工精度の向上に大きく寄与した。

掘削工事完了後、芯材の傾斜（頭部と床付け付近のずれ）の実測を在来方式施工部と制御方式施工部で実施した結果、在来方式では平均24mmに対して、制御方式では平均6mmとほぼ1/4のずれ量であり、制御の効果が見られた。

(3) 土留め支保工

今回工事では土留め壁に剛性の高いSMW連続地中壁（本体利用）を採用したこと、比較的良好な地盤であったことから、切梁段数を2段に低減することができた。

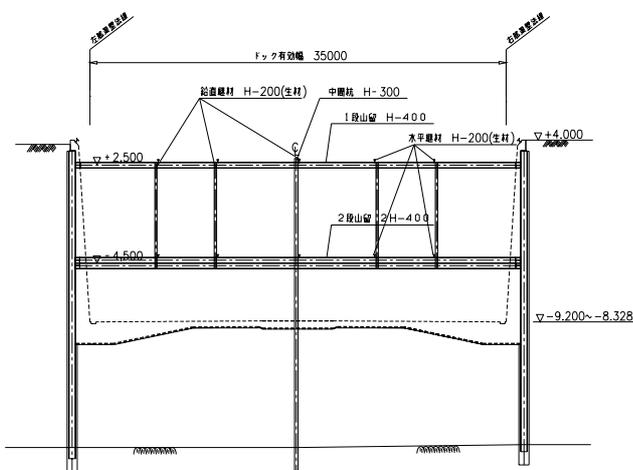


図-9 土留め支保工断面図

また、中間杭も今回の掘削断面（掘削幅38m）では通常は3列程度配置するのが一般的であるが今回は集中切梁を採用した結果、中央1列のみの配置とした。集中切梁は平面的に隣り合う2列の切梁を形鋼材（レーシング材）によりトラス状に連結することにより、中間杭間隔を大きくとることが可能となった。（図-9、10参照）

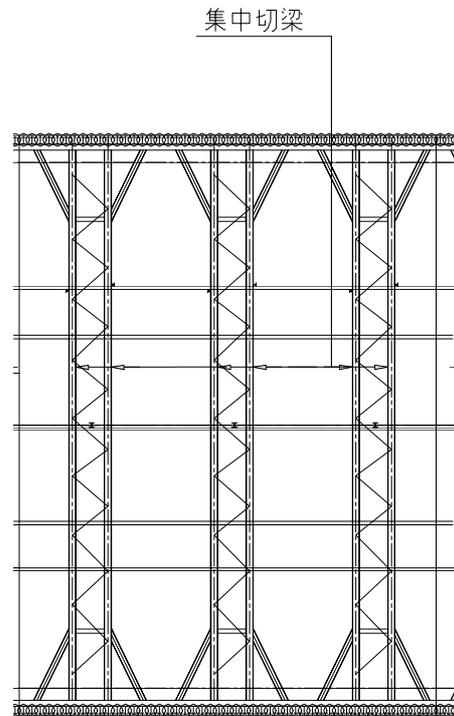


図-10 集中切梁平面図

6. おわりに

本ドックは平成15年12月25日に注水式（竣工式）を行い、平成16年1月6日には第1船が入渠し、その後もフル稼働を続けている。

本工事では、土留め壁の芯材を本体利用という新しい工法を採用した。設計・施工に当たっては、構造・施工方法の合理化を図り、土留め壁芯材本体利用技術を確立できた。今後、この実績を活かし各種構造物に本工法の採用を望むものである。

参考文献

- 1) 社団法人日本トンネル技術協会：H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き