

根入れのない地下連続壁円筒土留めの設計と計測

株式会社大林組	正会員	渡辺	伸和 <sup>*1</sup>
株式会社大林組	正会員	西川	直仁 <sup>*1</sup>
株式会社大林組	正会員	喜多	直之 <sup>*1</sup>
株式会社大林組		吉田	陽 <sup>*2</sup>

1. はじめに

現在、韓国仁川のLNG受入基地において、6基のLNG地下タンクが建設中である。当社はそのうち4基の建設に施工アドバイザーおよび技術コンサルタントとして参画している。地下タンク本体のRC躯体は図-1に示すように内径78m・壁厚1.8mの地下連続壁（以下連壁）の内部掘削後に施工されるが、4基のうちの1基では、基盤岩の不陸により連壁の根入れ下端が高止まりする状態となった。本稿では、高止まりにより部分的に根入れのない大規模な円筒形の連壁土留めの構造検討と止水対策、及び内部掘削中の計測結果について報告する。

2. 地盤概要

現場は海岸沖 8km の人工島に位置し、地表から約 40mより深い部分に基盤岩である花崗岩が存在する。花崗岩は風化の度合いに応じて上からRS層（風化残積土）、WR層、SR層、HR層と区別されている。これらのうち、ほとんど風化が進行していないSR層及びHR層が連壁の根入れ層となるが、これらの層には大きな不陸がある。特にHR層は非常に堅固な岩盤であり、連壁の掘削・構築は施工能率の点から、事実上不可能であった。（図-2）

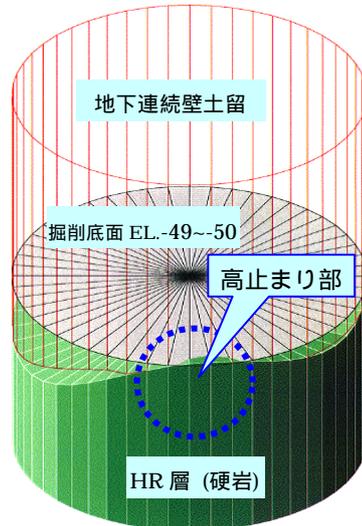


図-2 土留壁・掘削底面・HR層

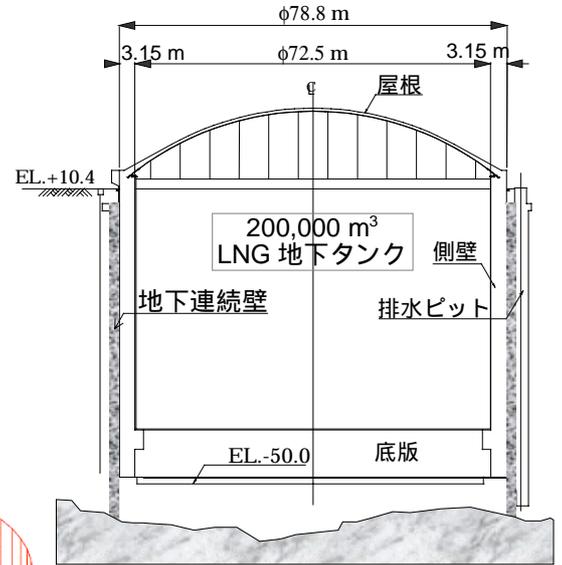


図-1 LNG 地下タンク一般構造図

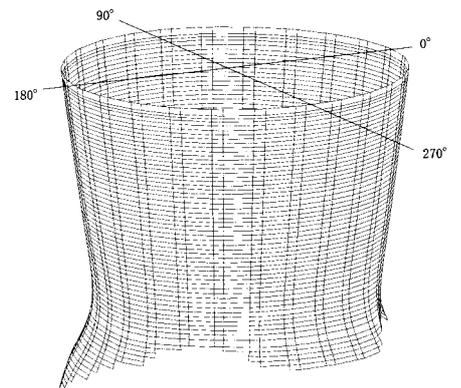


図-3 解析モデルと変形モード

3. 連壁内部掘削前に実施した対策

(1) 構造安定性に関する検討

本工事の掘削深さは約60m、連壁に作用する側圧も700kN/m<sup>2</sup>に達する。円筒土留めは、円周方向のリングコンプレッションで抵抗する構造型式であるため、荷重が最も大きい最終掘削面付近での高止まりにより、円周方向の応力の伝達が不均一になり、連壁の安定性に影響を与えることが懸念された。そこで、汎用3D-FEMにより連壁をシェル要素、地盤をバネ要素としてモデル化し、円周方向応力の発生状況を予測解析することにより、円筒形土留めの安定性を確認することとした。さらに連壁の内側変位によって生じる浸透流により、根入れ先端

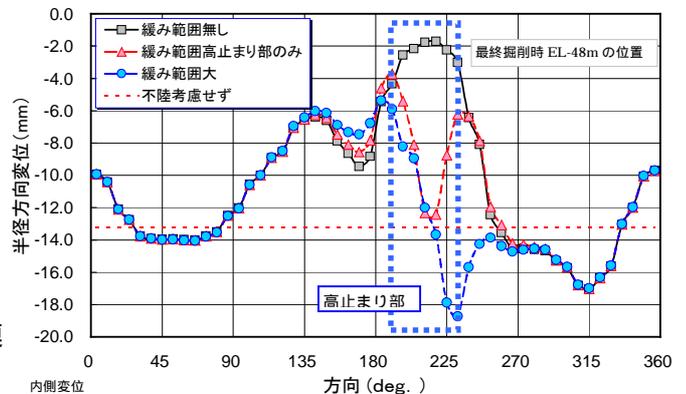


図-4 高止まり部連壁の半径方向変位

キーワード： 地中連続壁、円筒土留め、根入れ、施工時計測

\*1 : 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ TEL.03-5769-1308 FAX.03-5769-1971  
 \*2 : Dong Chun-Dong Yeon Soo-Ku, Inchon Korea TEL.82-32-819-0162 FAX.82-32-819-0163

地盤が乱され緩むことも懸念されたため、高止まり部とその近傍の地盤バネを考慮しない条件での検討も行った。図-3に解析モデルとその変形モード、図-4に高止まり部連壁の半径方向変位分布を示した。図-4に示すように、不陸を考慮しない解析では一定の半径方向変位が、不陸を考慮したモデルの高止まり部ではその周囲に比較して内側変位は小さく、発生応力も許容値以下となる。しかし、高止まり部近傍で地盤バネを考慮しないモデルでは、内側変位と応力は周囲と比較して増大する。即ち浸透流の影響等で連壁先端地盤が進行性破壊を生じる事態が連壁の安定性の面で最も危険な状態と考えられる。そこで、高止まり部付近における浸透流による連壁先端地盤の乱れの防止に重点をおいた対策をとることとした。

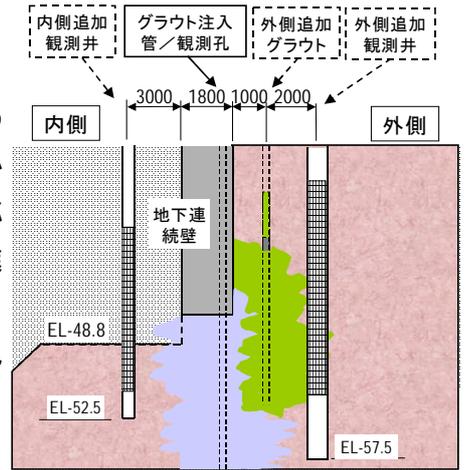


図-5 高止まり部グラウト配置

(2) 浸透流抑制のための対策

連壁先端付近地盤での浸透流を抑制するために、連壁下部に超微粒子系セメント注入によるカーテングラウトを構築することとした。グラウトの注入は、連壁の鉄筋籠にあらかじめ注入管を1m間隔で設置しておき、連壁コンクリートの打設終了後に行った。特に、連壁の高止まり部付近では、連壁下部からの注入だけでなく、連壁外側地表面からもボーリングを行いグラウトを行った。所定の止水性能をもつカーテングラウトが施工できたことを、個別注入孔における注入時ルジオン試験、及び、全孔注入後に行った揚水試験により確認した。

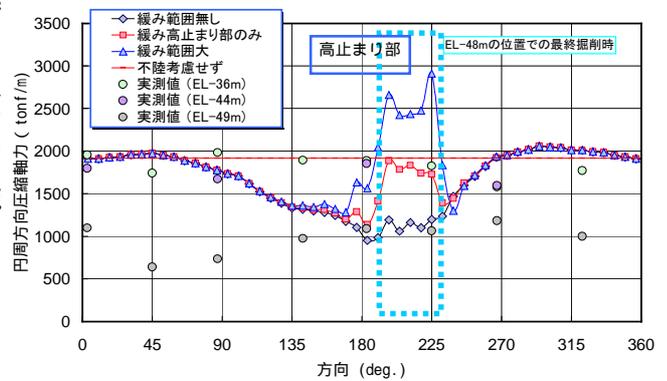


図-6 円周方向軸力解析値と計測値

4. 内部掘削時の計測

(1) 計測計画

前述の解析より、半径方向変位及び変位に伴う応力の円周方向分布が連壁の安定性の確認に有効と考え、連壁内に設置された挿入式傾斜計及び円周方向の鉄筋応力計による計測値を監視した。また、根入れ部での地下水の挙動を監視するため、連壁内に残置したグラウト注入管からの漏水状況と高止まり部の前面と背面に追加設置した観測井の水位を観測しつつ掘削を進めた。

(2) 計測結果

内部掘削開始から床付けまでの期間、半径方向変位及び円周方向応力の計測値は、図-6に示したように絶対値は予測より小さかったものの、終始高止まり部での値が周辺部と変わらない傾向を示した。グラウト孔及び観測井による水位低下も、また、図-7に示すように掘削末期にグラウト注入管における浸出水速度の急激な増加が見られたものの、観測井では掘削期間中ほとんど水位変動がなかった。これらより、止水対策が期待された効果を発揮し、先端部の地盤を乱すことなく内部掘削を完了したと考えられる。図-8に掘削完了後の連壁下端の状況を示す。

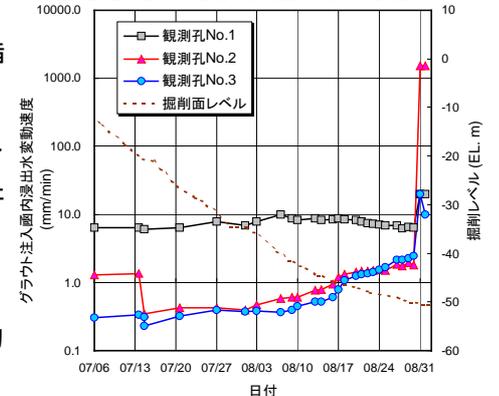


図-7 グラウト注入管内水位変動

5 おわりに

今回の連壁の高止まりに限らず、韓国仁川の工事では基盤花崗岩の地層分布と性状の正確な予測が難しく掘削中、種々の対応が求められたが、日韓両国の多くの関係各位からのご指導とご協力により現在無事掘削を終え、タンク本体の施工へと進むことができた最後にこの場で謝意を表したい。本報が同種の工事の一助になれば幸いである。



図-8 地下連続壁の先端露出状況