

固結シルト層に構築する大深度円形土留めの掘削後の挙動分析

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○三浦崇嗣 正会員 有田貴司 正会員 安原真人 中島弘貴 高澤昂生

1. はじめに

都市部の社会基盤の整備では、大深度インフラを構築する計画が多くなっており、その構築には、地上とのアクセス等のために大深度立坑が必要となる。大深度立坑の土留め壁の設計では、自立性の高い地盤内での構築となることを考慮し、合理化を図り、浅深度とは異なる大深度の作用土圧が提案¹⁾²⁾されているが、その計測検証は数例しかない。そこで、本研究では、有田ら³⁾の事例を基に、自立性の高い固結シルト主体の砂質土との互層地盤中に構築するRC地中連続壁（以下、連壁

という）の鉄筋応力度計測値の推移から掘削後の連壁挙動分析を行う。

2. 立坑土留め壁の水平鉄筋応力度計測の結果

有田ら³⁾の計測した連壁の水平鉄筋応力度計測値の経時変化を図-1、図-2（ともに一部加筆）に示す。掘削面が計測深度に達したときに軸応力が急激に増加するのがうかがえるが、その後もなだらかに軸力が増加している（図-1 赤矢印）。また、その後、赤丸（破線）の時点において大きな応力変動が見られる。そのため、これらの応力変化が起こった原因について推定する。

3. 掘削完了後の連壁鉄筋応力度変化の考察

掘削完了後の水平方向鉄筋の応力度の変化を起こす要因として地下水位の変化による影響、立坑内部の躯体施工による条件変化の影響、掘削空間の気温変化による影響が考えられる。

（1）地下水位の変化による影響

掘削時、掘削の進捗に合わせてディープウェルを実施したため、掘削完了後に地下水位が変化し、その影

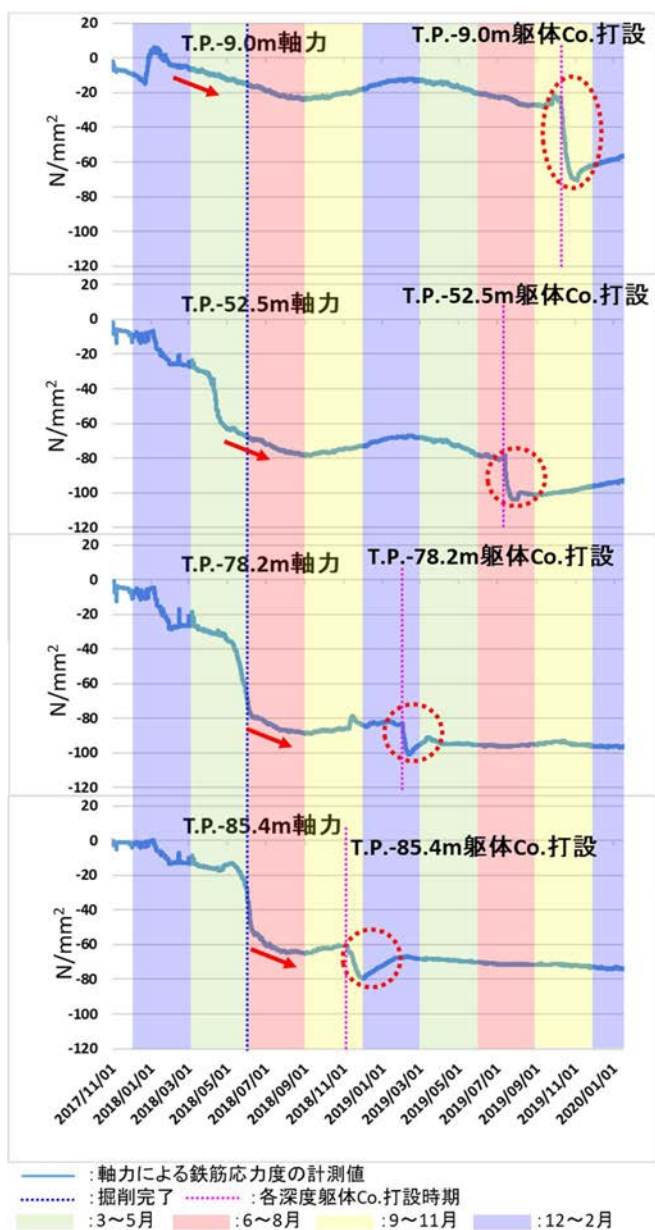


図-1 軸力による鉄筋応力度（躯体 Co. 打設日、季節追記）

キーワード 大深度、地中連続壁、上総層、自立性地山の土圧、鉄筋応力度、温度応力

連絡先 〒108-8204 東京都港区港南二丁目1番85号 JR 東海品川ビル A 棟中央新幹線建設部 TEL03-6683-0717

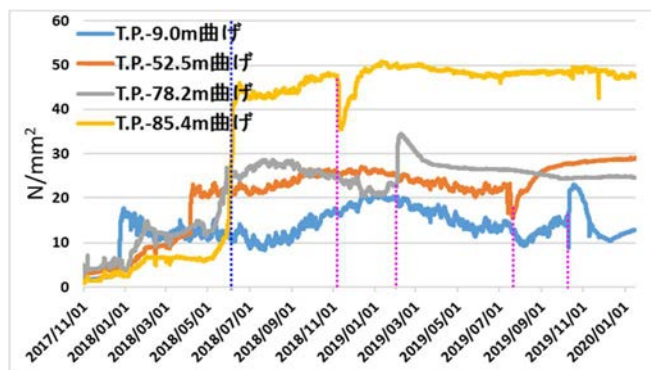


図-2 曲げによる鉄筋応力度（躯体 Co. 打設日追記）



図-3 地下水位観測位置

響が連壁の応力に影響を与える可能性がある。そのため、地下水位の変化について確認した。地下水位の観測位置を図-3、掘削完了後の深井戸の地下水位の変化を図-4に示す。掘削完了時の地下水位を 0m とし、その地下水位からの変化量を示している。

この結果、下床版で 80m 級の水頭となる地下水位に対して±2%程度の地下水位の変動しか見られなかったため、掘削完了後の鉄筋応力度の変化にはほとんど影響していないと考えられる。

(2) 立坑内部の躯体施工による条件変化の影響

立坑躯体の下床版及び側壁施工に伴い、連壁に新たな応力が加わる可能性がある。そのため、立坑躯体のコンクリートの打設状況を確認した。図-1 に各鉄筋応力度計測深度における躯体コンクリート打設時期を追記した。図-5 に躯体コンクリートの打設割（打設高さ）、配合、打設日を示す。また、図-2 に各鉄筋応力度計測深度における躯体コンクリート打設時期を追記した。

この結果、図-1 の赤丸（破線）時点の急激な応力変化箇所と完全に一致した。一度軸力が卓越した後、減少傾向があること、変化が比較的緩やかな T.P.-85.4m は低熱セメントを用いていることから、躯体コンクリート打設に伴う、コンクリートの反応熱による軸力増加と

考えられる。これは、ア) 躯体コンクリートの硬化に伴う反応熱が発生するイ) 隣接する連壁の温度も上昇するウ) 連壁は地盤に拘束されていることから膨張することができず、軸力が増すエ) その結果鉄筋の軸力が増加するオ) 反応熱の減少に伴い、躯体、連壁の温度が下がるカ) 連壁の温度降下に伴いエ) で増えた軸力が減少へと向かう、と言うメカニズムで軸力が急激に増減するものと考えられる。また、図-2、図-5 より、開口があり周方向で部材が均一でないコンクリート打設においては曲げモーメントによる鉄筋応力度が増加し、開口がなく周方向で部材が均一なコンクリート打設においては曲げモーメントが減少する結果となった。これも軸力と同様のメカニズムにより発生していると考えられ、部材が均一でない場合に温度上昇が不均一になり、曲げモーメントが増加したと考えられる。

(3) 掘削空間の気温変化による影響

掘削に伴い、連壁は掘削空間に露出される。掘削空間は換気しており、常に外気が取り入れられている。そのため、連壁の表面は地表に近い条件となり、直射日光が当たる範囲は限定されるものの、外気温による温度変化の影響を受ける可能性がある。そこで、四季と連壁の軸力の関係を確認するために図-1 に季節毎に色分けを行った。

その結果、掘削から躯体コンクリート打設まではすべての深度において、春～夏に軸力が増加し、秋～冬に軸力が減少する傾向が確認された。これは、春～夏にかけて外気温の上昇とともに外気にさらされる連壁の温度が上昇することで土に拘束された連壁の軸力は増加し、秋～冬にかけて外気温が降下するとともに連壁の温度も降下し、連壁の軸力が減少したと考えられる。

4. まとめ

自立性の高い地盤に構築する連壁における連壁内掘削完成後の鉄筋応力度の変化を分析し、連壁内部の躯体コンクリート打設に伴う連壁の温度変化と、連壁内掘削に伴う掘削空間の気温変化が連壁鉄筋の応力度の変化に大きな影響を与えることがわかった。

5. 参考文献

1) 日本トンネル協会：地中送電用深部立坑，洞道の調査・設計・施工・計測指針，1982.3. 2) 先端建設技術センター：大深度土留め設計・施工指針（案），1998.10. 3) 有田ほか：固結シルト層に構築する大深度円形土留めの掘削時挙動を踏まえた解析条件の検証，第 78 回年次学術講演会，2023.9.

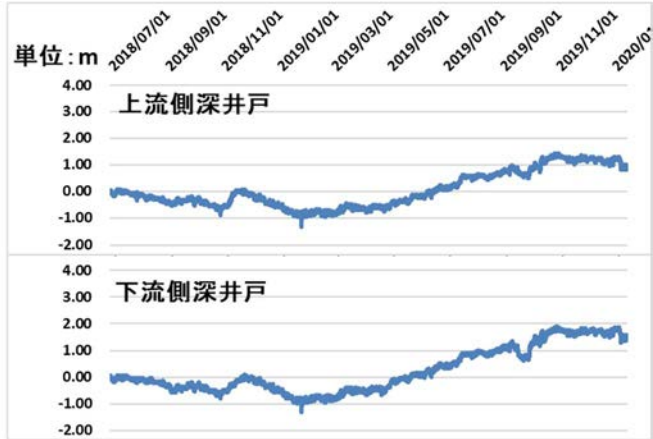


図-4 掘削完了後の地下水位の推移

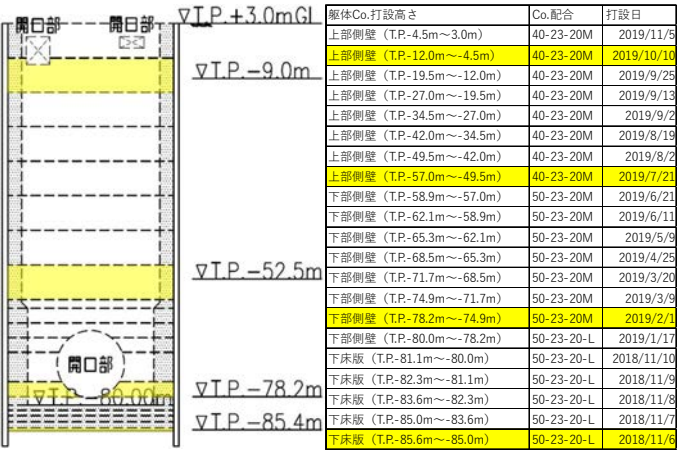


図-5 躯体 Co.の打設状況（左：打設割，右：打設条件）