

若齢地盤における圧密沈下を考慮した掘削によるリバウンドの解析事例

大林組 正会員 ○許 賢太郎 杉山 和久
 大林組 北村 仁 上月 健司 福井 孝夫
 建設企画コンサルタント 吉田 圭介

1. はじめに

国土交通省近畿地方整備局の事業である「夢洲トンネル事業」は、咲洲と夢洲の地区を結ぶ鉄道・道路併設トンネル（沈埋トンネル工法）とその陸上アプローチ部（開削工法）を築造するものであり、そのうち本工事は咲洲側アプローチの最終区間（開削部と沈埋部の接合部）を開削工法により築造する工事である。本開削工事は、海浜部若齢埋立て地盤に位置するため、圧密による残留沈下と掘削によるリバウンド現象が同時に発生し、複雑な地盤挙動が発生すると想定された。そこで「圧密沈下を伴ったリバウンド現象」を定量的に把握し、今後の躯体構造物の沈下量予測にフィードバックすることを目的として、深度 150m におよぼす摺動抵抗式層別沈下計、ならびに多層型間隙水圧計を設置し、鉛直変位量ならびに洪積粘性土層の間隙水圧の測定を実施した。本報文は「リバウンド現象」により生じる鉛直変位量をより簡便な手法により算出することを目的として、一次元弾性解析によりその適用性の検証、ならびに変形係数の設定方法について検討した事例を紹介するものである。

2. 咲洲開削工区掘削施工概要

- ・土留壁：鋼管矢板建込工法（ $\phi 1,500\text{mm}$ 、 $L=52.0\text{m}$ 、 $N=111$ 本）
- ・土留支保工構造：鋼製支保工（集中切梁方式、5 段一部 6 段）
- ・平面規模： $L=55.0\text{m}$ 、 $B=45.0\text{m}$ 、 $A=2,200\text{m}^2$
- ・掘削深度：平均 $H=24.5\text{m}$ 、最深部 $H=28.5\text{m}$
- ・掘削土量： $V=\text{約 } 55,000\text{m}^3$
- ・掘削期間：6 ヶ月

掘削中央部には摺動抵抗式層別沈下計を設置し、地中鉛直変位を測定した。当該施工域は埋立完了後 5 年程度の若齢地盤であることから、年平均 30mm 程度の圧密沈下が発生している。また沖積・洪積粘土層の掘削に伴う応力開放により、リバウンド現象が発生し、掘削中央部で 33mm のリバウンドが計測された。

3. 解析方法

掘削時の圧密沈下を考慮したリバウンド量の把握を、計測結果を基に一次元弾性解析するにあたり、事前に掘削期間における咲洲全体の圧密沈下量を算出する必要がある。以下にリバウンド実測値および解析値の算出方法及び検討条件を述べる。

① リバウンド実測値の算出

今回設置した層別沈下計は掘削時若干ながら沈下して

キーワード：リバウンド、圧密沈下、若齢地盤

連絡先：大阪府中央区北浜東 4 番 33 号 TEL：06-6946-4488 FAX：06-6946-2887

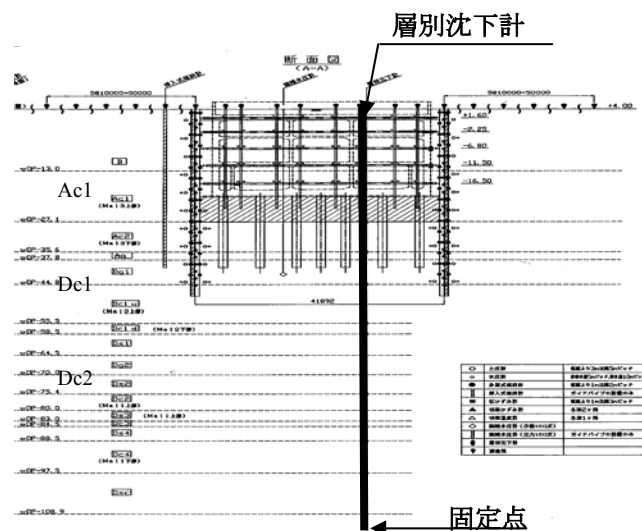
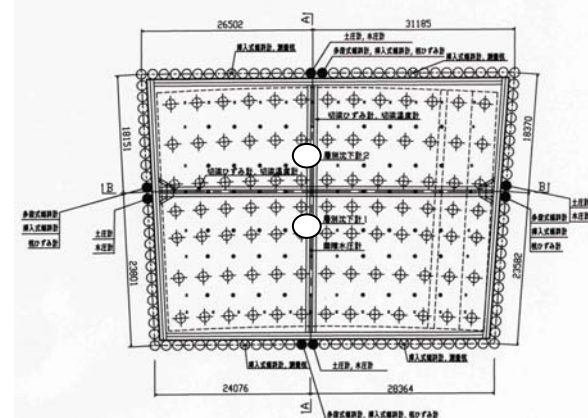


図-1. 計測器断面図



○ は層別沈下計を示す

図-2. 計測器平面図

いる咲州全体の圧密沈下を考慮していないため、掘削時の排土を考慮した圧密沈下量を算出する。掘削時の圧密沈下量 S は、既存の沈下計測データを用いて圧縮指数 C_c をパラメトリックスタディーにより同定し、Terzaghi 一次元圧密理論を用いて圧密曲線を求め算出した。またリバウンド実測値 ρ_1 は計測値 V と圧密沈下量 S により次式で表すことができる。

実測リバウンド量 $\rho_1 = V + S \cdots$ (式-1)

② リバウンド解析値の算出

一次元弾性解析は、リバウンド量の簡易予測法として Boussinesq による弾性理論解を用いて、掘削による地中内応力変化 $\Delta\sigma'$ の検討を行い、各土層ごとの解析リバウンド量（鉛直変位量）を次式にて算出した。

解析リバウンド量 $\rho_2 = (\Delta\sigma' / E) \times H \cdots$ (式-2)

(H は各土層厚を示す)

またこのときの変形係数 E は、掘削による応力開放を考慮して、床付面から $1/2 \times$ 掘削幅までの深さでは $E = E_0/2$ とし、それ以深では $E = E_0$ とする寺田の方法を用いた。その他の解析条件については以下に述べる。

- 掘削地盤内に発生する分布荷重（排土による）が発生する範囲は、図-3 に示す解析モデルのように、土留め掘削範囲を4分割にして検討した。
- 変形係数 E については、孔内水平載荷試験結果と PS 検層結果からの E を比較した。（PS 検層結果から求めた E は、孔内水平載荷試験から求めた E の 6～36 倍）

4. 掘削地盤のリバウンド解析結果

変形係数 E を孔内水平載荷試験結果から得られた E と PS 検層結果から得られた E を用いて解析した。その結果のうち、代表して掘削床付面における6次掘削時のリバウンド量を表-1に示す。

表-1. 解析結果(掘削床・6次掘削)

種別	実測値	解析値(PS 検層)	解析値(孔内水平載荷)
リバウンド量	33mm	44mm	980mm
Ac1 層変形係数(OP-10.5m～25.2m)	—	186,950KN/m2	8,790KN/m2
Dc1 層変形係数(GL-45.2m～57.3m)	—	717,790KN/m2	21,537KN/m2

孔内水平載荷試験による E ではリバウンド量が大きく(PS 検層の 20 倍程度)表れた。これは、PS 検層は非常に微小なひずみ状態で変形係数を求めているのに対し、水平載荷試験はこれよりも大きなひずみ状態の変形係数を求めているからといえる。それに対し PS 検層結果から得られた E における解析結果は、実測値に比べ 11mm 大きな変位となっており、実測値でリバウンドが計測されなかった掘削深度の約 3 倍の深度に位置する Dc2 層以深でもリバウンド現象が見られた。そこで、リバウンド発生層を実測値と同じ Dc2 層として、PS 検層より得られた E を用いて解析を行なった結果を図-4に示す。図-4より、PS 検層から得られた E を用いた解析結果と実測値を比較すると、解析結果と実測結果は、ほぼ同様のリバウンド量を示すものとなった。

5. まとめ

今回リバウンド量の算出に対し簡便法として一次元弾性解析を用いたが、適用に際しては以下の点を設定する必要がある。

- リバウンドの下方影響範囲は掘削深度の 3～4 倍程度である（今回は掘削深さの 3 倍程度）。
- PS 検層結果より得られた変形係数を用いる。

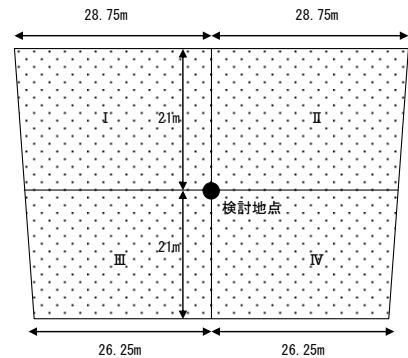


図-3. 一次元弾性解析モデル

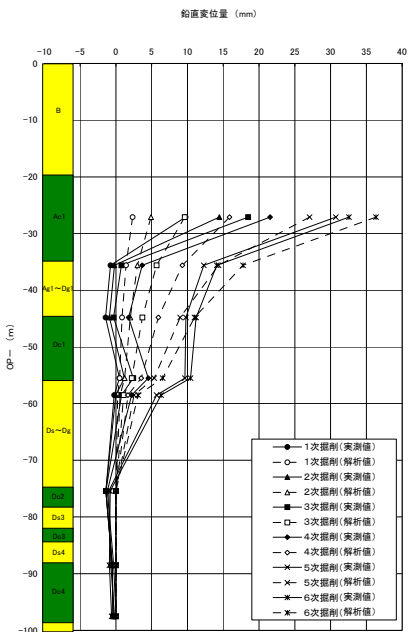


図-4. 実測値と解析値の比較