

III-A 297 軟弱地盤の掘削工事における地下水位低下に伴う応力・変形解析

中央開発（株） 正会員 ○西原 聡 正会員 佐藤祐子  
 （財）鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝 正会員 小島謙一  
 滋賀県 瓜生昌弘

1. はじめに

滋賀県が流域下水道事業として彦根市に建設を行っている琵琶湖東北部浄化センターは、JR東海道線盛土へ近接した場所で、N値0という超軟弱地盤上に施設を建設するため、工事による地下水位低下がJR線へ与える影響が懸念される。そこで、今後建設予定の掘削工事に対して、準三次元浸透流解析により周辺地盤の地下水位低下量を予測し<sup>1)</sup>、その水位低下に伴うJR盛土への変状の予測を行い、併せて、JR防護対策として地盤改良による連続地盤改良壁の効果を検討したので、その結果を報告する。

2. 検討内容

検討地区の浄化センターの施設増設計画<sup>2)</sup>は、山側からJR盛土に近接してB、C、Dブロックの順に水処理施設が施工される（図-1参照）。現在、Bブロックが掘削工事を伴う施工が行われているが、この工事に引き続き、CDブロックの施工が予定されている。本報告では、CDブロックの掘削およびそれに伴う地下水位低下によるJR盛土への変形予測を行うために、有限要素法による応力・変形解析を実施したものである。掘削による地下水位低下<sup>3)</sup>に伴う影響は、有効応力の増加に対応する荷重を地表面に載荷させた。また、CDブロックの掘削面（底面、側面）では、応力開放に伴う掘削相当外力を考慮した。解析ステップは、工事履歴を応力履歴に反映させるために、施工過程を考慮した段階解析を行った。解析ケースは、連続地盤改良壁によるJR防護工の有無による2ケースである。なお、圧密沈下計算は、超軟弱な腐植土層の圧密が長期にわたることを想定して10年間にわたって計算した。解析に用いた土質パラメータは小島他<sup>3)</sup>によった。

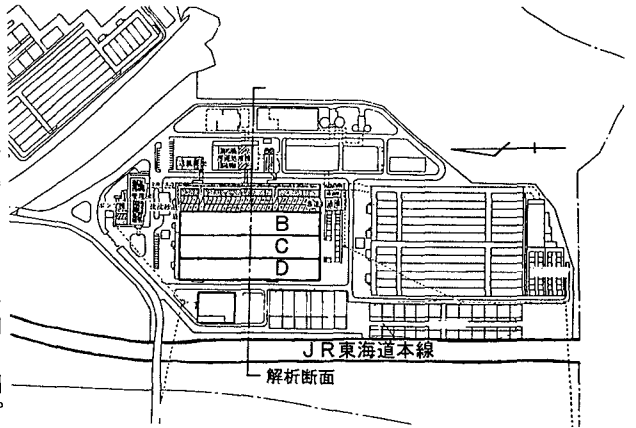


図-1 検討地区の概要図

3. 解析結果

JR盛土防護工が無い場合で、CDブロック掘削に伴う時間～沈下量の関係を、JR盛土の4箇所（のり尻、のり肩で、湖側と施設側、すなわち山側）で、比較したものを図-2に示す。10年間にわたる沈下量の大きさは、約40cmに達する。次に、JR盛土防護工がある場合の時間～沈下量の関係を図-3に示す。JR防護工があると、沈下量の大きさは2.5cm以下となる。表-1にCDブロック掘削に伴うJR盛土下部の水位低下量と施設側のり肩の沈下量を示す。

表-1 JR盛土の水位低下量と沈下量の解析結果

JR防護工	地下水位低下量	10年間の沈下量	沈下速度
無し	50 cm	38 cm	3.8 cm/年
有り	20 cm	2.5cm	0.25cm/年

これより、JR防護工の沈下抑制効果は非常に大きく、沈下量および沈下速度を約15分の1に減じる効果があることがわかる。なお、JR盛土の軌道管理基準は、残留沈下量が最大10cm、年間沈下速度が最大3cmであるので、CDブロックの工事前に、JR防護工を施工が必要であることが確認された。JR防護工は、応力・変形解析では梁要素としてモデル化して計算し、梁の断面力から、次式により応力度を算定した。

$$\text{軸応力} : \sigma_c = \sigma_o + N/A, \text{ 縁応力} : \sigma_H = \sigma_c \pm M/z \text{ (軸応力+曲げ応力)}, \text{ せん断応力} : \tau = S/A$$

ここに、 $\sigma_o$  : 自重による軸応力、 $N$ ,  $M$ ,  $S$  : それぞれ掘削・沈下に伴う軸力、曲げモーメント、せん断力、 $z$ ,  $A$  : 防護工の断面係数および断面積である。JR防護工の応力照査は、圧縮応力について現場目標圧縮

強度と比較した。図-4, 5に、湖側のJR防護工に発生する縁応力、せん断応力の分布を示す。同図では、CDブロック掘削直後、施工期間を考慮して地下水位低下後3年後の時点で示している。CDブロック掘削直後から地下水位低下後3年後までの間に、応力が大きく変化していることがわかる。これは、圧密沈下に伴うフリクションがJR防護工に作用するからである。縁応力の最大は、湖側の防護工の内側（山側の面）および外側（湖側の面）で $10\text{tf/m}^2$ の圧縮応力である。ただし、外側の縁応力に若干引張応力が発生しているが、その大きさは小さく、 $1.0\text{tf/m}^2$ 以下である。せん断応力はせいぜい $0.2\text{tf/m}^2$ 以下である。これに対して、連続地盤改良壁の現場目標圧縮強度は $6\text{kgf/cm}^2$ である。これより、JR盛土防護工は、圧縮に対しては、十分安全であることが確認された。また、引張応力もほとんど問題になる程度の大きさでないが、多少用心鉄筋を入れることとした。よって、JR防護工として連続地盤改良壁が妥当であることが確認された。

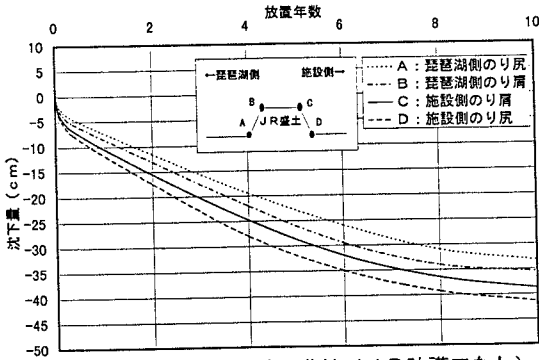


図-2 時間～沈下曲線（JR防護工なし）

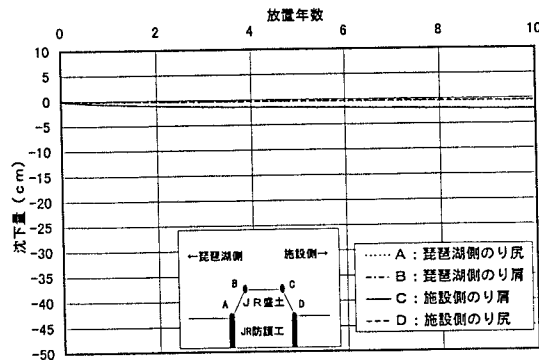


図-3 時間～沈下曲線（JR防護工あり）

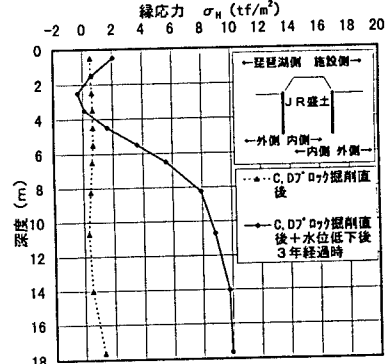


図-4 JR防護工に発生する縁応力

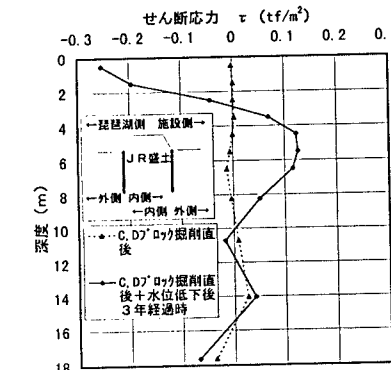


図-5 JR防護工に発生するせん断応力

4. おわりに

水処理施設CDブロック施工に伴うJR盛土に対する影響およびJR防護工の効果について応力・変形解析を行った結果、下記のことが確認された。

- ① JR防護工がない無対策の場合で、CDブロック掘削による地下水位低下量に伴うJR盛土の沈下量は、残留沈下、沈下速度ともにJR盛土の軌道管理基準をともに超えており、CDブロックの工事前に、JR防護工を施工が必要であることが確認された。
- ② JR防護工の沈下抑制効果は非常に大きく、沈下量および沈下速度を無対策に対して約15分の1に減じる効果があることが確認された。
- ③ JR防護工に発生する応力は、CDブロック掘削による地下水位低下に伴い大きくなり、縁応力の最大圧縮応力は、現場目標一軸圧縮強度以下で十分安全であり、若干の引張り状態の応力が発生するものの、多少用心鉄筋を入れることで安全を確保できることが確認された。

〈参考文献〉

- 1) 岸田, 堀井, 館山, 小島, 三輪: 準三次元浸透流解析法による掘削工事に伴う地下水位低下影響解析, 第51回土木学会年次学術講演会, 1996.9
- 2) 佐藤, 西原, 館山, 小島, 堀井: 軟弱地盤掘削工事における地下水位低下に伴う遮水効果の比較, 第51回土木学会年次学術講演会, 1996.9
- 3) 小島, 館山, 西原, 瓜生, 郷原: 超軟弱地盤掘削工事の変形予測における土質パラメータの検証解析, 第31回地盤工学研究発表会, 1996.7