

ISSN 0911-8616

農業土木北海道

第 35 号

全国農村振興技術連盟北海道地方連盟協議会

泥炭性軟弱地盤における近接施工に係る仮設備計画

株式会社イーエス総合研究所 辻 輝 樹

1. はじめに

国営かんがい排水事業江別南地区は、北海道江別市、北広島市にまたがる農地1,204haを対象とする地区である。地区の排水施設は、昭和43年度～昭和47年度にかけて整備されてきたが、土地利用の変化に伴う流出量の変化、泥炭土に起因する地盤沈下の進行により、排水能力の不足が生じたため、農地の湛水、過湿被害の防止を目的として当事業により排水機場及び排水路の

整備を行なうものである。

建設中であった中央幹線排水機場に続いて排水路2条、既設市道橋梁工及び既設用水管路の改修を設計することから、泥炭性軟弱地盤における近接する関連付帯工事に係る施工方法、仮設備計画が課題となった。本報告では、これらの技術的課題と検討策の概要について述べる。

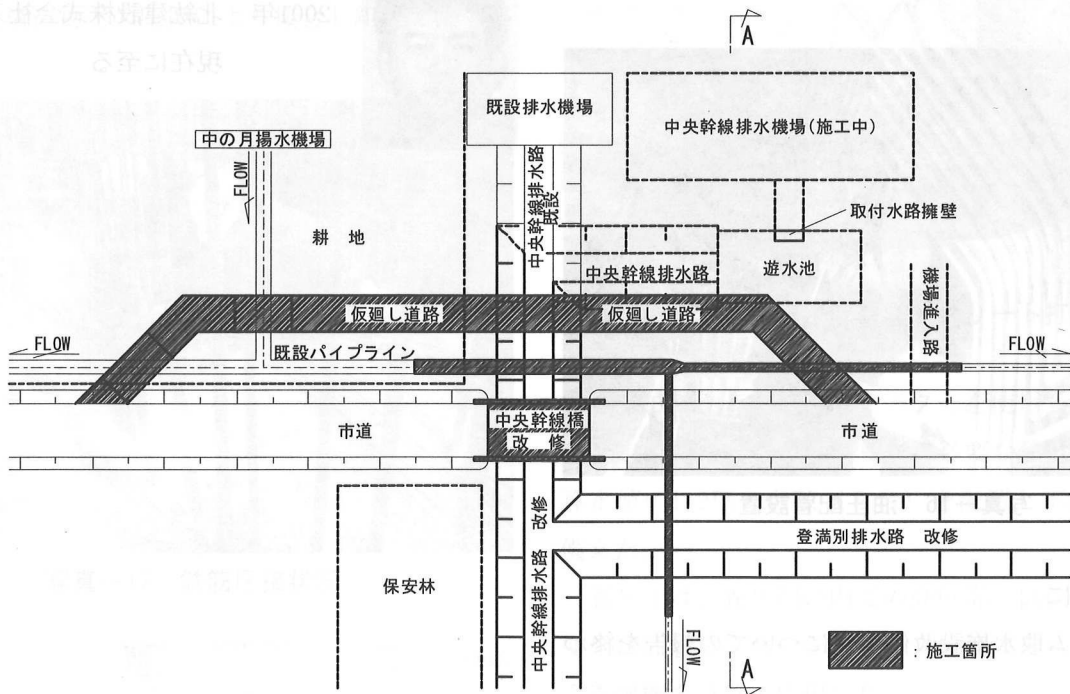


図-1 概要図 (平面図)

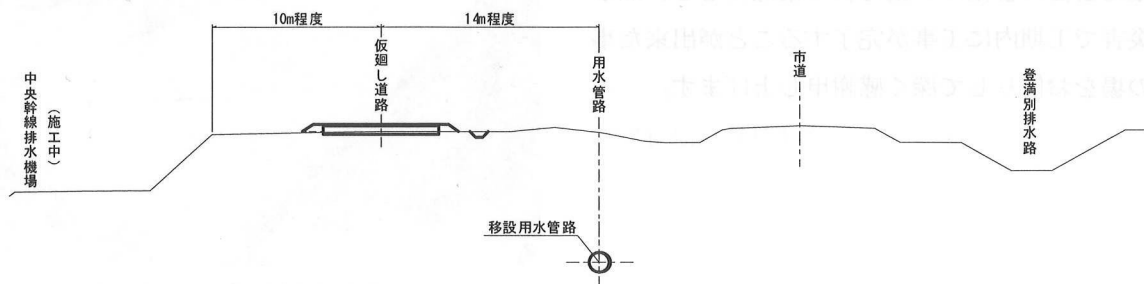


図-2 概要図 (図-1のA-A断面)

2. 技術的課題と検討策

中央幹線橋が架かる市道はバス路線となっており、一般交通および農作業の基幹的道路の役割を果たしているため、仮廻し道路は盛土荷重による沈下対策により交通の安全性を確保するとともに、橋梁、用水管路の施工の掘削法面の安定も確保する必要がある。

橋梁工と用水管路の施工に当っては、図-1、図-2に示すように限られた用地内で仮廻し道路を造成して、これらの工事を同時に施工する近接工事となるため、周辺環境から仮廻し道路の配置について次の4つの制約条件があった。

- ① 仮廻し道路は保安林が隣接するため機場側に配置すること。
- ② 施工中の中央幹線排水機場の構造に影響を与えないこと。
- ③ 橋台掘削および用水管路掘削に影響しないこと。
- ④ バス路線であることおよび造成箇所の約半分は耕地であることから長期的な借地ができないため造成後即供用開始しなければならない。

本設計では、道路の盛土荷重による地盤の変状、周辺地盤に与える影響及び近接した用水管路工事の安全施工に係わる技術的課題について検討した。

2-1 技術的課題

前述した泥炭性軟弱地盤での技術的課題の検討項目は以下の3点である。

(1) 仮廻し道路盛土による地盤の変状

造成盛土は平均0.6m程度で計画するが、軟弱地盤上に道路盛土を築造すると、せん断変形により周辺地盤は側方に移動かつ隆起する。このため、走行車両通行の安全性、施工済み機場施設への影響が懸念されることから、地盤の沈下解析及び変位解析を行って道路機能の確保、路線位置の検討が必要であった。

(2) 仮廻し道路横断部の既設用水管路の保護対策

既設橋梁工地点の地層の性状は、市道の沈下によって橋梁取付部の橋面との高低差約0.8mが約6%程度で摺りついている状況から圧密沈下量が大きいと推察された。

仮廻し道路は、工程計画から用水管路の通水時に造成されるが、圧密沈下が大きい浅埋設用水管路の横断

部は通水時の安全性確保から管路の保護工が必要であった。

(3) 近接する用水管路施工時の安全性確保

移設する用水管路の掘削法面は、自動車荷重影響線を考慮した法勾配としたが、埋設深が約7mと深く、地盤の変位量によっては法面が安定しないことも考えられ、掘削法面の安定計算に加え、地盤変位の影響について施工時の安全性を確保する必要があった。

2-2 技術的課題の検討

技術的課題は、泥炭性軟弱地盤に係る圧密沈下量と地盤変位量が近接する関連付帯構造物に与える影響である。

(1) 圧密沈下量

圧密沈下計算は、「道路土工 軟弱地盤対策工指針」〔社日本道路協会 昭和61年11月〕に準拠したTerzaghiの圧密理論に基づく Δe 法式を用い算定し、圧密沈下量は、既往の土質試験データ（図-3～図-8）により標準盛土厚0.60mと既設中央幹線排水路横断面において沈下解析を行った。

なお、図-3～図-8の各試料番号の土質及び試料採取深度は表-1に示す通りである。

表-1 土質試験試料採取位置

試料番号	土質	試料採取深度
T1-1, T2-1, (既)3T-1	泥炭層	地表下1.4~2.8m
T1-2, T2-2, (既)3T-2	有機質粘土層	地表下3.6~5.8m
T1-3, T2-3, (既)3T-3	粘土層	地表下9.2~13.8m

① 圧密沈下

盛土荷重による沈下量を以下の式により算出する。

$$S = \sum \Delta S = \sum \frac{e_0 - e}{1 + e_0} \cdot H \quad (\text{式-1})$$

ここに、

S : 地盤面の最終沈下量 (m)

ΔS : 各圧密層の圧縮量 (m)

e_0 : $e \sim \log P$ 曲線上で土かぶり圧 P_0 に対応する間隙比

e : $e \sim \log P$ 曲線上で $P_0 + \Delta P_z$ に対応する間隙比

ΔP_z : 盛土荷重によって各圧密層中の中間に作用する鉛直応力の増加量 (kN/m^2)

$$(\Delta P_z = \Delta P \cdot I_z)$$

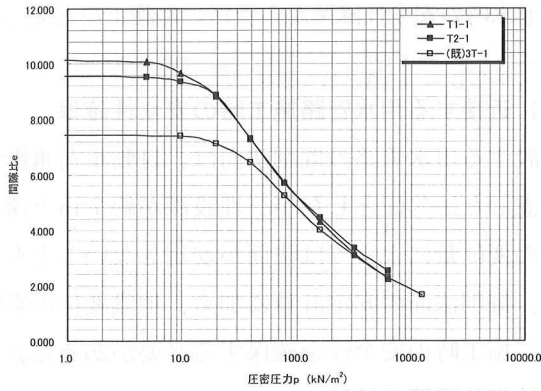


図-3 e ~ logP曲線 (泥炭層)

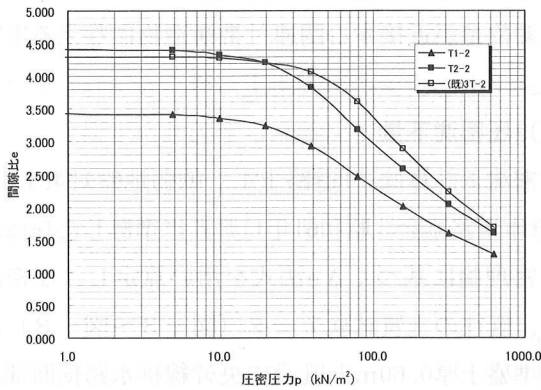


図-4 e ~ logP曲線 (有機質粘土層)

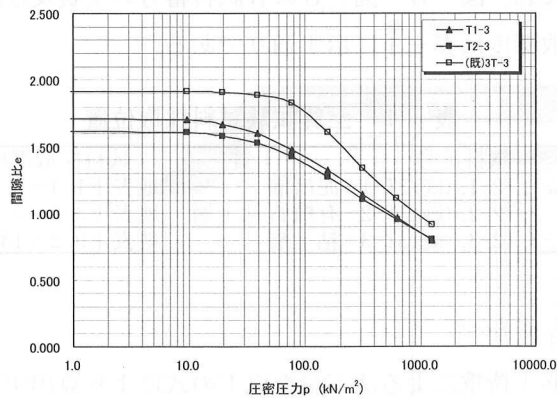


図-5 e ~ logP曲線 (粘土層)

H : 圧密層厚 (cm)

P_0 : 土かぶり圧 (KN/m²)

ΔP : 増加荷重 (KN/m²)

I_z : 影響係数

②沈下速度

前項にて求まる圧密沈下量は長期経過後の最終沈下量を示すもので、これらの時間経過は各層の C_v を用いて次式で推定される。

$$t = \frac{D^2 \cdot T_v}{C_v} \quad (\text{式-2})$$

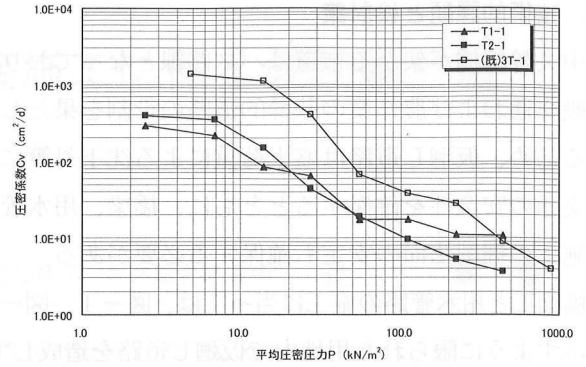


図-6 $C_v \sim \log P$ 曲線図 (泥炭層)

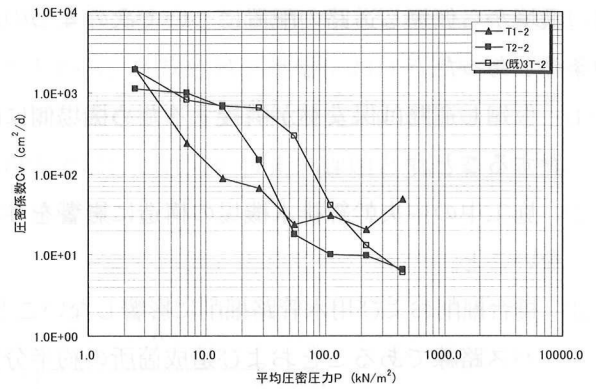


図-7 $C_v \sim \log P$ 曲線図 (有機質粘土層)

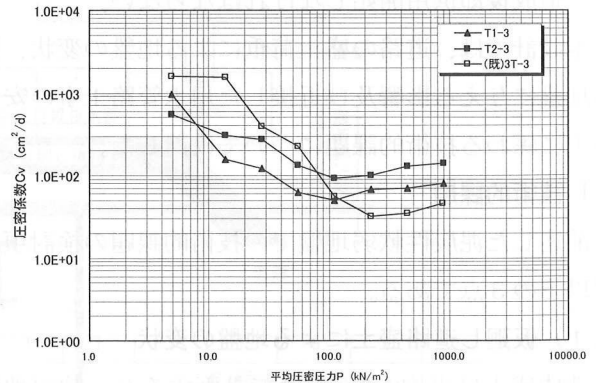


図-8 $C_v \sim \log P$ 曲線図 (粘土層)

ここに、

T : 任意の圧密度 (U) に達する時間 (d)

D : 排水距離、圧密層の厚さをHとするとき

両面排水の場合 $D = H/2$ (m)

片面排水の場合 $D = H$ (m)

C_v : 圧密係数 (cm²/d)

T_v : 圧密度Uに対応する時間係数 (表-2)

表-2 圧密度と時間係数の関係

圧密度 U (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
時間係数 T_v	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848	1.03

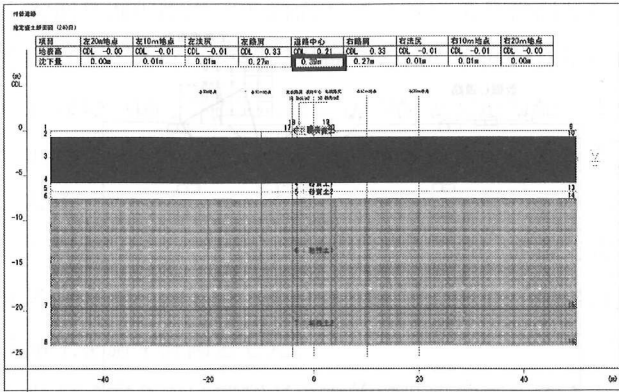


図-9 圧密沈下結果図（一般部）

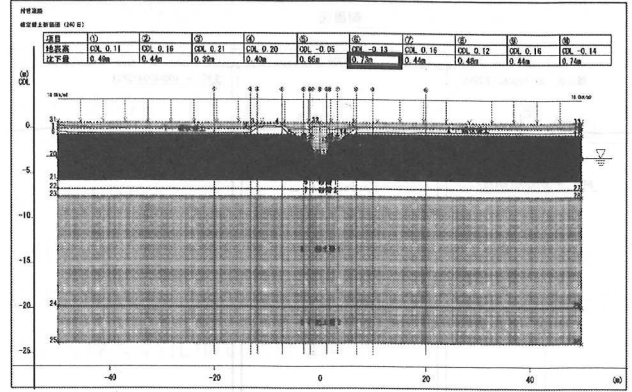


図-10 圧密沈下結果図（中央幹線排水路横断面部）

以上より、標準盛土厚0.60mの沈下解析結果は、約0.40mの沈下量（図-9）、既設中央幹線排水路横断面部は約0.70mの沈下量（図-10）となった。

(2) 側方移動の検討

側方への影響は、「道路土工 軟弱地盤対策工指針」〔社)日本道路協会、昭和61年11月〕に準拠した「盛土の沈下形状と側方への影響」により、前項で算定した圧密沈下量H=0.39m時の側方移動量を算定した。

周辺地盤の変位量解析を行なった結果、側方変位量が0mとなる地点は仮廻し道路盛土法尻から12mとなった（表-3、図-11）。

表-3 沈下量および側方への影響の計算表

照査箇所	側方地盤に 変位の及ぶ距離		全沈下量		盛土完了時の沈下量 又は隆起量(盛土外)		盛土完了時の 側方地盤水平移動量	
	L (m)	係数 C3	係数 C1	St (cm)	係数 C1	δv (cm)	係数 C2	δx (cm)
盛土中央	-4.150	-	1.00	39.00	0.45	17.55	0.00	0.00
盛土肩	-0.900	-	0.82	31.98	0.46	17.94	0.07	2.73
	0.000	0.00	0.27	10.53	0.00	0.00	0.13	5.07
	2.400	0.50	0.09	3.51	0.06	-2.34	0.10	3.90
のり尻から のり	4.800	1.00	0.02	0.78	0.04	-1.56	0.06	2.34
	7.200	1.50	0.01	0.39	0.01	-0.39	0.02	0.78
	9.600	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20
	12.000	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

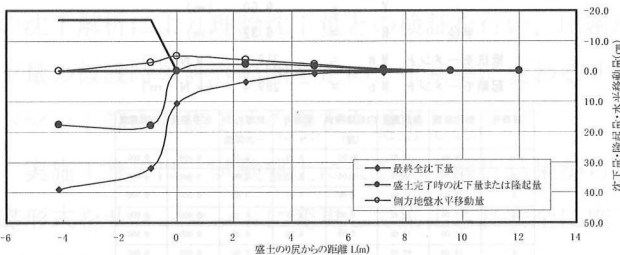


図-11 盛土の沈下形状と側方への影響図

2-3 技術的課題の解決策

前項までの解析結果を踏まえ、技術的課題の検討事項について以下の対策を講じた。

(1) 仮廻し道路の沈下対策

仮廻し道路は、一般車両のほか地域住民の交通手段であるバス路線として供用され、耕地を借地するため使用期間の制約がある。これにより、道路の不同沈下防止対策として地盤の局部的せん断変形を防止して盛土、交通荷重の均等分散を図るジオテキスタイルを敷設する設計とした。なお、計算方法は「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」〔(一財)土木研究センター、平成12年2月〕により、引張り強さT=20kN/mで計画した。

また、中央幹線排水路横断面部は、排水機場機械設備の運搬車両であるトレーラー走行を考慮し、腹打ちの危険があるため仮橋を計画し、桁形式と栈橋+桁形式を比較し、経済的に有利となる桁形式を採用した。

(2) 仮廻し道路の配置

仮廻し道路の配置は、近接構造物に対し側方変位の影響を与えない12m以上を確保することとした。

(3) 既設水管路の保護

仮廻し道路を横断する浅埋設水管路の保護は、造成による沈下量が大きいため仮橋形式とし、仮橋の基礎工は車両走行性の安全確保からH形鋼杭を計画した（図-12）。

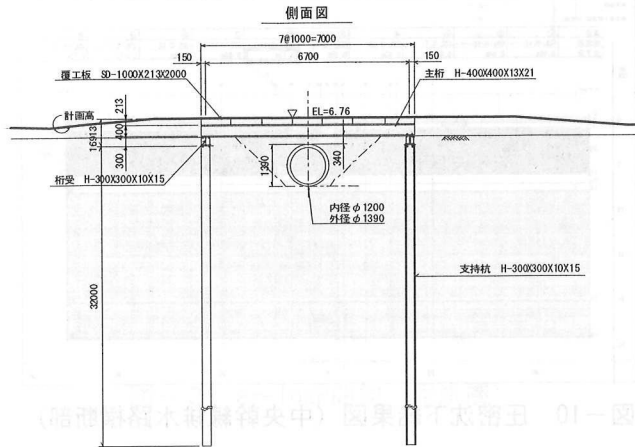
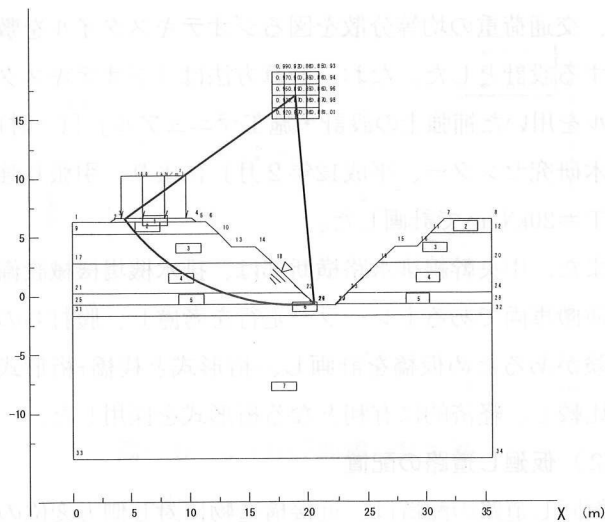


図-12 既設管保護工（仮橋）概要図

(4) 用水管路掘削時の対策

用水管路の埋設位置は、仮廻し道路の造成による側方変位を受ける範囲になるため、掘削法面の安定解析から安全率が確保できないため土留工を施し、施工時の安全性を確保した。

用水管路の平均的な掘削深は、排水路横断の縦断的な制約から7m程度となる。

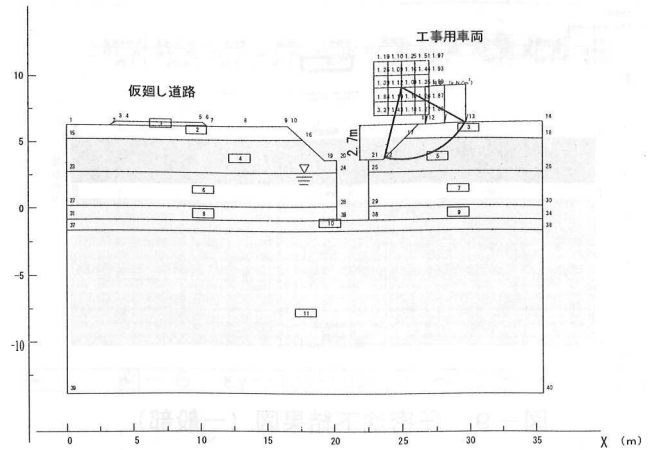


最小安全率 $F S_{MIN} = 0.857$
 円弧の中心 $X = 19.00$ (m)
 $Y = 17.00$ (m)
 半径 $R = 17.82$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 4386.3$ (kN·m)
 起動モーメント $M_D = 5115.2$ (kN·m)

特性値番号	飽和重量 (kN/m ³)	湿潤重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力の 一次係数	水平震度	鉛直震度
1	20.00	18.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	17.00	16.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
3	11.00	10.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
4	13.00	12.00	0.00	14.00	0.00	0.000	0.000
5	18.00	17.00	0.00	20.00	0.00	0.000	0.000
6	18.00	17.00	23.00	0.00	0.00	0.000	0.000
7	16.00	15.00	0.00	21.00	0.00	0.000	0.000

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

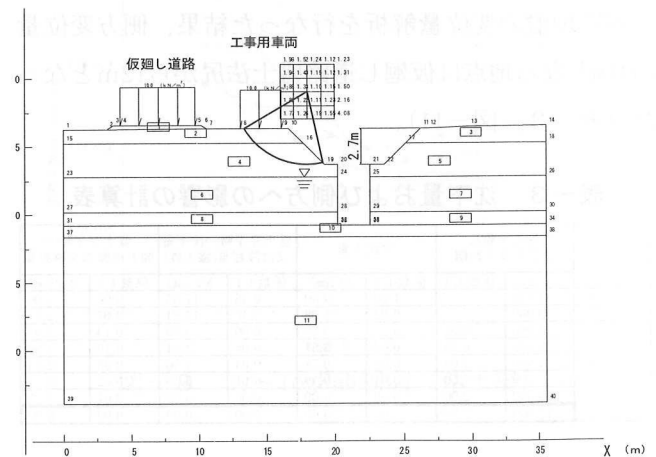
図-13 素掘の場合の斜面安定検討結果



最小安全率 $F S_{MIN} = 1.092$
 円弧の中心 $X = 25.00$ (m)
 $Y = 9.00$ (m)
 半径 $R = 5.32$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 330.7$ (kN·m)
 起動モーメント $M_D = 303.0$ (kN·m)

層番号	飽和重量 (kN/m ³)	湿潤重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力の 一次係数	水平震度	鉛直震度
1	19.00	18.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	17.00	16.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
3	17.00	16.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
4	11.00	10.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
5	11.00	10.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
6	13.00	12.00	0.00	14.00	0.00	0.000	0.000
7	13.00	12.00	0.00	14.00	0.00	0.000	0.000
8	18.00	17.00	0.00	20.00	0.00	0.000	0.000
9	18.00	17.00	0.00	20.00	0.00	0.000	0.000
10	18.00	17.00	23.00	0.00	0.00	0.000	0.000
11	16.00	15.00	0.00	21.00	0.00	0.000	0.000

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)



最小安全率 $F S_{MIN} = 1.105$
 円弧の中心 $X = 18.00$ (m)
 $Y = 9.00$ (m)
 半径 $R = 5.32$ (m)
 抵抗モーメント $M_R = 319.9$ (kN·m)
 起動モーメント $M_D = 289.4$ (kN·m)

層番号	飽和重量 (kN/m ³)	湿潤重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	粘着力の 一次係数	水平震度	鉛直震度
1	19.00	18.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.000
2	17.00	16.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
3	17.00	16.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
4	11.00	10.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
5	11.00	10.00	0.00	9.00	0.00	0.000	0.000
6	13.00	12.00	0.00	14.00	0.00	0.000	0.000
7	13.00	12.00	0.00	14.00	0.00	0.000	0.000
8	18.00	17.00	0.00	20.00	0.00	0.000	0.000
9	18.00	17.00	0.00	20.00	0.00	0.000	0.000
10	18.00	17.00	23.00	0.00	0.00	0.000	0.000
11	16.00	15.00	0.00	21.00	0.00	0.000	0.000

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図-14 仮設土留めの場合の斜面安定検討結果

素掘り掘削断面での斜面安定計算により検討した結果、安全率は $F_s=0.857$ で素掘りではのり面の安定が保たれない(図-13)。また、法勾配を安定勾配(1:1.0上)にすると付替道路の路体に影響を与えることになる。

したがって、これらの区間については、素掘で安定する掘削深までを1:1.0で掘削し、それ以深に仮設土留工を施す計画とした。

なお、安全率は掘削が一次的で仮設的であることから最小の $F_s=1.05$ 以上とし、法面の安定計算結果、掘削深が $H=2.7m$ で安全率1.05以上を確保できるため、これより以深を土留工で計画した(図-14)。

また、仮設土留め工には、簡易土留め工と鋼矢板による土留め工があるが、掘削底面位置の土質は砂層であり、地下水位も高いことから、根入れをとらない簡易土留め工は採用出来ないため、鋼矢板による土留め工を計画した。

3. まとめ

泥炭性軟弱地盤における土層の性状から、圧密沈下量及び周辺地盤の変位量を解析し、近接する構造物に影響を与えない対策を講じたことで、施工中の安全性が図られ、各工種(橋梁・排水路・用水管路)の同時施工によって単年度工事が可能となり仮設備経費の縮減となった。

既設用管路及びバス走行時の安全走行を確保するため、杭基礎形式(H鋼杭による支持杭)の仮橋を3箇所計画した。しかし、仮橋工事費は仮廻し道路全体工事費の80%近く占めるため、基礎工法の改善によってコスト削減を図ることが可能であることから、試験盛土の沈下解析により理論沈下量との検証を行い、圧密沈下量の仮設時の許容範囲を定め、杭基礎に変わるサンドマット等の基礎工法の選定を提案した。

実施工事では、試験盛土による沈下解析結果から基礎形式をサンドマットに変更して施工され安全に施工が完了した。

軟弱地盤対応の仮設工は、様々な現地条件に応じて設計段階での創意工夫が求められる。これらの創意工夫は今後さらに事例として集積することが必要と考え

ている。本書で示す設計・施工事例が、泥炭性軟弱地盤における今後の仮設備計画にとって有効に役立てば幸いである。

4. おわりに

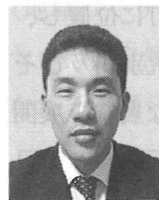
札幌開発建設部札幌北農業事務所の関係皆様方、並びにご指導・ご協力を頂いた関係各位にこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針、昭和61年11月 pp. 55~68, pp. 75~77
- 2) (社)日本道路協会：道路土工 仮設構造物土工指針、平成11年3月
- 3) (社)日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、平成21年6月、pp. 398~399, p. 403
- 4) (一財)土木研究センター：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル、平成12年2月、pp. 236~242

略 歴

つじ てるき
辻 輝樹



- 1974年 北海道に生まれる
- 1998年 三京コンサルタント株式会社に勤務
- 2000年 株式会社北日本ソイル研究所と合併により株式会社北日本ソイル総合研究所に社名変更
- 2005年 株式会社イーエス総合研究所に社名変更
現在に至る