

Ⅲ-B173

底部地盤改良梁の盤ぶくれ対策に対する適用性に関する解析的検討

（株）鴻池組 土木設計部 正会員 山田富夫 非会員 奥田晋史
 阪神高速道路公団 大阪建設局 正会員 金治英貞 正会員 佐藤奈津代

1. はじめに

都市部での開削工事は、既設構造物に近接した条件下での施工となることが多く、土留め壁の変形量に制限を受け、底部地盤改良梁の施工等の対策がとられる。被圧地下水の高い大深度掘削の場合には、底部地盤改良梁を盤ぶくれ対策として利用することが考えられる。その場合には、盤ぶくれに対する検討を土留め壁と地盤との摩擦抵抗を考慮して実施することが可能となるが、地盤内部の安定性の検討が必要である。

今回、盤ぶくれ防止対策として実施する底部地盤改良梁の揚圧力による曲げ引張に対する検討を、2次元非線形FEM解析により検討したので、その結果について報告する。

2. 検討対象

検討対象は図-1に示すように、粘土層の均一地盤において、掘削深さ20m、幅30mのトレンチ掘削を実施する場合を想定した。土留め壁の根入れ長は15mで、揚圧力作用面まで達する。なお、自重バランス法¹⁾による安全率は $F_s=0.87$ であり、土留め壁と地盤間の摩擦抵抗を考慮する手法²⁾による安全率は $F_s=0.79$ である。

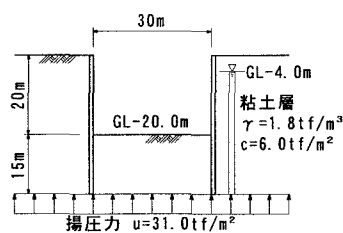


図-1 検討対象

3. 盤ぶくれ対策として実施する底部地盤改良梁の形状検討

(1) 浮上りに対する改良体形状

浮上りに対する必要改良厚 L の検討は参考文献2)に基づき行った。一方、改良体の幅 W は図-2に示すように改良体のせん断方向を 45° とし、 AB 間の摩擦抵抗力 f と AC 間のせん断抵抗力 q の鉛直成分が等しくなる幅とした。

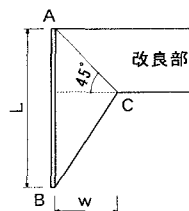


図-2 浮き上がりに対する検討モデル

AB の摩擦抵抗力 $= f \cdot L$ 、 AC のせん断抵抗力の鉛直成分 $= q \cdot W$

$f \cdot L = q \cdot W$ ($f=c/3, q=c/2$)より、 $W=0.67 \cdot L$ ……………(式-1)

(2) 曲げ引張に対する改良体形状

曲げ引張に対する必要改良厚の検討は、改良体を図-3示すように単純梁にモデル化し、改良体に働く最大引張応力度 σ が許容引張応力度($2/3 \cdot c$ 、 c :改良体の粘着力)と等しくなる厚さとした。なお、改良体には参考文献1)による主働側圧より算出した軸力を作用させた。

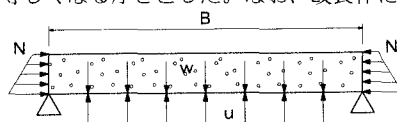


図-3 曲げ引張及びせん断に対する検討モデル

$\sigma = M/Z - N/A \leq 2/3 \cdot c$ ……………(式-2)

M : 改良体に働く最大曲げモーメント、 Z : 改良体の断面係数

N : 改良体に働く軸力、 A : 改良体の断面積

(3) せん断に対する改良体形状

せん断に対する必要改良厚の検討は、図-3より求まる改良体に働く最大せん断応力度 τ が許容せん断応力度 τ_u と等しくなる厚さとした。

$\tau = S/A \leq \tau_u$ ($=$ 改良体の粘着力 c)……………(式-3)

S : せん断力 $= (u-w) \cdot B/2$ 、 u : 揚圧力、 w : 改良体の自重

(4) 改良体形状の設定

上記結果より決定した底部地盤改良体の形状を図-4に示す。

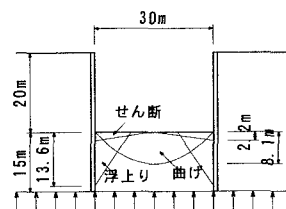


図-4 底部地盤改良体の形状

キーワード: 土留め、盤ぶくれ、底部地盤改良梁、2次元非線形FEM解析

(株)鴻池組: 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1、阪神高速道路公団: 〒559-0034 大阪市住之江区南港北 1-14-16

4. 2次元非線形FEM解析による底部地盤改良梁の地盤内部の安定検討³⁾

モデル化は図-5に示すように底部地盤についてのみのみ行った。解析モデルは対象性を利用した1/2モデルとし、地盤と土留め壁の間および揚圧力作用面にはジョイント要素を配置した。改良体には2.(3)に示した主動側圧を作用させた。掘削は5mピッチに行った。地盤の非線形性は、応力～ひずみ関係をDuncan-Changモデルで表現した。地盤の入力定数を表-1に示す。今回の解析では、双曲線の漸近線の $Rf=0.9$ 倍がMohr-Coulombの破壊基準と一致するように設定し、破壊した要素の変形係数は1/100に低減した。ジョイント要素の特性は、せん断に関しては地盤と同様にMohr-Coulombの破壊基準で算定した降伏せん断力を越えると滑動を始め、垂直応力に対しては剥離するものである。

5. 解析結果

図-6は、上記により求めた範囲(ケース1:底部地盤9m,土留め壁側13.5m×3m)を改良した場合の底部地盤の変形および破壊状況を示したものである。掘削底面の浮上り量は20.6cmである。改良体の最小主応力は1点(-0.3tf/m²の引張応力度)を除き圧縮応力であり、また最大せん断応力度も21.4tf/m²と許容せん断応力度(27.5 tf/m²)以内である。揚圧力作用面は1点を除き剥離を起こしていない。このことから、このケースの場合は、底部地盤の安定性は確保できている。なお、改良体の最小主応力は、土留め壁側の改良幅(3m)の中間点を単純梁にモデル化すると同程度の値が得られる。

図-7は、上記改良範囲では改良体に曲げ引張応力がほとんど発生しなかったことから、改良範囲を底部地盤3m,土留め壁側13.5m×1.5mとカギ型にしたケース(ケース2)である。掘削底面の浮上り量が88.7cmと大きく、改良体に許容引張応力度(-18.5 tf/m²)を上回る最大-35.0 tf/m²の曲げ引張応力度が発生することから、このケースの場合は、底部地盤の安定性は確保できていない。

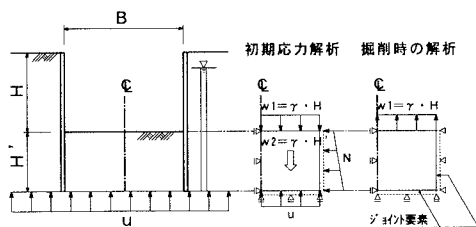


図-5 解析モデル

表-1 地盤の入力定数

	γ (tf/m ³)	E (tf/m ²)	ν	c (tf/m ²)	ϕ (°)	K	n	Rf
改良前	1.80	550	0.45	6.0	10	180	0.5	0.9
改良後	1.80	14300	0.40	27.5	0	825	0.5	0.9

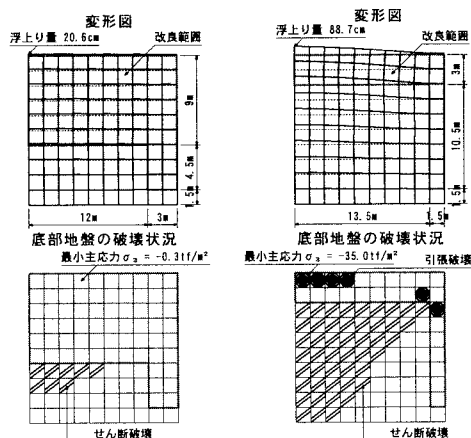


図-6 ケース1の解析結果 図-7 ケース2の解析結果

6. おわりに

盤ぶくれ防止対策として実施する底部地盤改良梁の揚圧力による曲げ引張に対する安定性の検討を、2次元非線形FEM解析により行った結果を以下に示す。

- ①盤ぶくれ検討において、自重バランスで不安定な比較的掘削幅が広い場合でも、底部地盤改良梁+土留め壁側の拡幅改良を行うことにより、土留め壁との摩擦を考慮した検討を行うことは不可能ではない。
- ②盤ぶくれ防止対策に底部地盤改良を行う場合、底部改良地盤の曲げ引張に対する検討が必要である。

なお、改良範囲を(式-1)～(式-3)により算定する場合には、底部地盤の安定性は確保できている。

本検討は解析によりものであり、実用に際してはさらなる試験施工等の検証が望まれる。

参考文献: 1)阪神高速道路公団:開削トンネル設計指針(案),p.3-38,平成9年10月、2)(社)日本鉄道技術協会:深い掘削土留に設計法-深い掘削土留に設計指針研究会編-,pp.74～75,平成5年9月、3)(財)先端建設技術センター:大深度土留め設計・施工指針(案),pp.251～262,平成6年10月