

軌道直下での大型函体けん引工事における長尺鏡補強ボルトの設計

三井住友建設(株) 正会員 ○須川 智久 非会員 黒沼 範男
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 小島 芳之 正会員 小野 隆利
 北海道旅客鉄道(株) フェロー 吉野 伸一 正会員 小西 康人

1. はじめに

土被りの少ないアンダーパス工事では、一般的に地山の安定対策として薬液注入による地盤改良が用いられている。今回、JR 上野幌駅構内アンダーパス工事では、対象地山が飽和粘性土を主体とする盛土構造物であるため、薬液注入に替わる切羽安定対策として長尺鏡補強ボルトを採用した。

2. 工事・地質概要

当工事は、札幌～新千歳空港間の JR 千歳線上野幌駅構内に、最小土被り約 1.4m で、B=24.5m、H=7.7m のボックスカルバートを R&C 工法により構築する(写真-1)工事であり、工事概要は表-1 に示すとおりである。当該工事地点は、野幌丘陵に囲まれた小規模な沖積低地にあたり、JR 千歳線はこの沖積平野の盛土上に敷設されている。既往の調

査結果によれば、掘削対象土層は、盛土～腐植物交じり混じりシルトであり、いずれも含水比が高く不均質な土層構成となっている。

表-1 工事概要

事業主体	札幌市
発注者	北海道旅客鉄道株式会社
施工者	三井住友建設(株)・鉄建建設(株)共同企業体
工事箇所	北海道札幌市厚別区上野幌
工期	平成12年12月27日～平成16年 5月25日
工事内容	けん引延長 23.4m、掘削断面積 188.7m ²
掘削方式	人力掘削+機械掘削(バックホウ)



写真-1 函体全景

3. 地山安定の評価

掘削対象地山が、飽和粘性土を主体とする盛土構造物であるため、地盤注入改良による軌道の隆起・変状が懸念された。そこで、地山の安定性と安定対策の要否を数値解析により検討した。

(1) 幾何学モデルと入力条件

有限差分法(コード名:FLAC)による3次元解析に用いたモデルの要素分割図を図-1に、地山及びルーフボックスの物性値を表-2に示す。土層は、いずれも Mohr-Coulomb の降伏側にしたがうものとし、物性値は、掘削位置近傍の盛土内で行った地質調査結果により決定した。

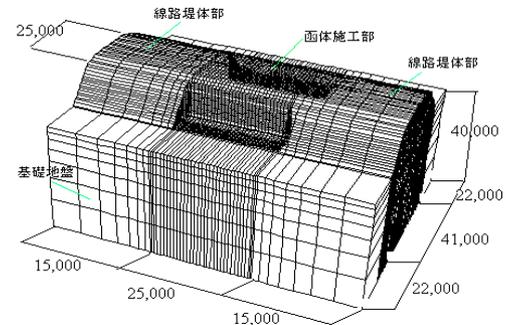


図-1 要素分割図

(2) 未対策時の地山挙動予測

最初の1m区間を掘削した際の地山変形を図-2に示す。これは、モデル内の函体掘削部分を函体中央で切断し、左上方より俯瞰したものである。図に示すように、上部2.5mの掘削時点で変形量32.6mmであるが、上部5m掘削時点では変形1,283mmと過大な変形を生じている。本解析ではひずみ軟化を伴う大変形解析を実施しているが、物理的な破断や破壊現象は取り扱うことができない。したがって、この過大な変形を切羽崩壊現象と捕らえることが妥当であると考えた。また、最大せん断ひずみ、主応力状態

表-2 解析に用いた物性値

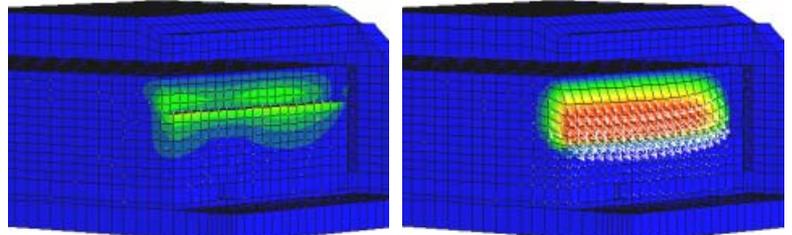
地山物性値						
記号	土層名	弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	単位体積重量 (kN/m ³)
B	盛土	7.68	0.40	10	12	18.0
Av	沖積層	16.80	0.40	8.0	10	18.5
Ac						
As						
N	野幌層	64.40	0.35	15	15	19.0
使用材料物性値						
事前補強材	部材寸法	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	単位体積重量		
ルーフボックス	W800×D25,000×H800 t=19	2.1×10 ⁵	0.11	78.0		
垂直バイブルーフ	Φ812×D25,000 t=12	2.1×10 ⁵	0.11	78.0		
コンクリート	—	2.4×10 ⁴	0.20	26.0		

キーワード アンダーパス, 低土被り, 地山安定, 鏡補強ボルト

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設株式会社技術研究所 TEL04-7140-5201

についても検討を行い、掘削対象地山の挙動を、次のようなメカニズムによるものと推定した。

掘削時に発生した引張応力が地山の強度低下をもたらし、等価なひずみ軟化挙動を呈する。ひずみ軟化状態にある地山では、低応力レベルでも大きな変形が生じ、それらが伝播することにより崩壊現象へと発展する。



(a) 上部 2.5m 掘削

(b) 上部 5m 掘削

図-2 未対策時の地山変形

4. 切羽安定対策工の選定と設計

地山安定検討の結果では、何らかの地山安定対策工が必要であることが示唆された。その補強方法としては、改良で地山強度を改善する方法と補強材によって引張応力を分担させる方法が挙げられる。しかし、当工事は、地盤注入改良による軌道の隆起変状が懸念されたため、鏡補強ボルトを検討対象とした。

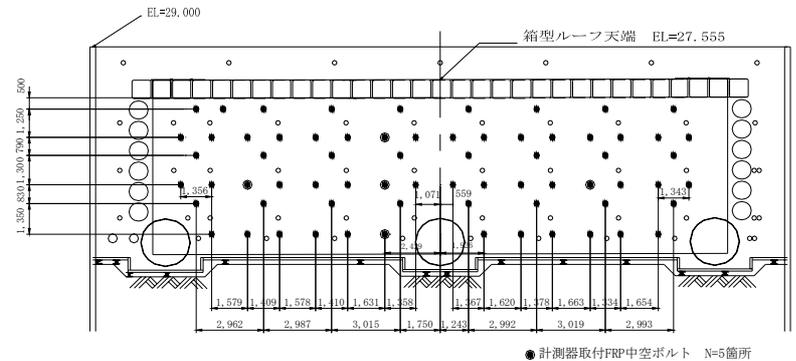


図-3 鏡補強ボルトの打設パターン

山岳トンネル工事では、切羽対策工として鏡面にボルトなどの補強部材の打設が行われ、 200m^2 級断面における実績も存在することから、山岳トンネルにおける切羽補強工の設計法を参照した。

- ①対象地山における切羽安定のための必要抑止力を「村山の式」により算出する。
- ②現場の施工条件（施工機械、要求精度、支障物の有無など）を抽出する。
- ③補強部材・充填材の選定を行い、条件を満たすような施工方法の検討を行う。
- ④必要抑止力を満たすような補強部材の打設本数・配置を決定する。

設計した鏡補強ボルトの配置を、図-3に示す。なお、補強ボルトの芯材には $\phi 76\text{mm}$ のFRP中空ボルトを用い、千鳥配置を基本として約 3m^2 /本、合計本数を $N=68$ 本とした。

5. 切羽補強ボルトによる地山安定解析

設計された切羽対策工の補強効果と地山挙動を検証するため、前述のモデルにパイル要素を追加し、数値解析を実施した。その結果、1m掘削時点での切羽変形量は全断面掘削時においても最大95mmとなり、鏡補強ボルトによって切羽の安定性が大幅に改善されることが確認できた。さらに、掘削の進行と切羽最大変位の関係をまとめた図-4によれば、1m位置での非常に大きな変位量を除けば、8m位置付近までは最大変位が漸増し、15m付近で減少傾向に転じていくことがわかる。これは、切羽全体の変形が減少するのではなく、断面中央部が下方にたわみだす変形から、掘削に伴って対象土塊が薄くなることにより、地山下部全体が押し出される変形へとモードが変遷するために、最大変位としては減少していくことを示している。

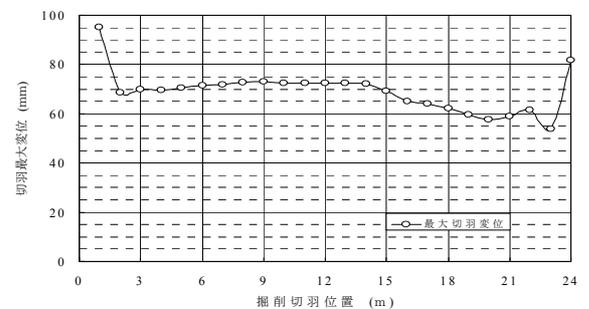


図-4 掘削に伴う地山最大変形量の推移

6. おわりに

本報文では、飽和粘性土地盤の安定性を数値解析で検証すると共に、安定対策としての補強ボルトの設計に関して述べた。しかし、補強ボルトの効果に関しては未だ改良の余地が残されていると考えられる。今回の事例を活用し、今後は、鏡補強ボルトの合理的で経済的な設計手法の確立を目指す方針である。

参考文献

- ・R&C工法技術資料： R&C工法協会，1997年9月