

葉山層群衣笠泥岩の物性に関する考察

神奈川県横須賀土木事務所 副技幹 市橋清功
 前田・日産・イワキ特定建設工事共同企業体 副所長 正員 酒井照夫
 応用地質(株) 技術本部 技術センター 副部長 正員 水野敏実
 応用地質(株) 東京支社 技術部 課長 安藤 伸

1. はじめに

葉山層群衣笠泥岩は房総半島から連続する丹沢・嶺岡隆起帯と呼ばれる隆起の著しい断層と褶曲構造が認められる地層であり、特に破碎質で掘削に伴う強度劣化が著しいことが知られ、法面掘削に伴う地すべり・斜面崩壊が多数報告されている地層である。当現場付近に分布する葉山層群衣笠泥岩(新第三紀前～中期中新世)は海底地すべりによって堆積した泥岩に蛇紋岩が貫入し、その時の熱水作用により形成されたと思われる膨潤性を示すモンモリロナイトや緑泥石を含み、スレーキング指数も4、CEC試験でも30~60(meg/100g)程度の値が確認されている。当現場はこのような地山に大規模法面掘削が計画されており、地山掘削に伴い吸水膨張による地山のクリープや応力の解放に伴うリバウンドによる急激な強度劣化等から斜面崩壊を引き起こすことが懸念された。

ここではこの大規模法面掘削の施工にあたりその安定性、安全性を評価するために実施した各種地質試験と施工実績から求まる物性値を基に、葉山層群衣笠泥岩の物性について考察する。

2. 各種試験結果

2-1 飽和させての三軸試験

当現場では大規模法面掘削に先立ち、管渠敷設のため小段を設けた約5mの法面掘削を行った。ところが最初は自立していた法面が徐々に変形、3日後には小段にひび割れが入り、ついには崩壊にいたった。横須賀市内の葉山層群の泥岩層ではこの種の事例が多く報告されているが、事前の調査結果で得られた物性を用いた安定検討では、斜面が安定であるとされている場合が多い。これは掘削による地中応力の解放に伴った強度劣化の評価が考慮されていないために生じる問題であると考えられる。

そこで、強度劣化後の物性値の指標を求めるため、本工事の事前調査として、ボーリングコアを自然含水比状態で三軸試験を行うのではなく、一度吸水させて飽和に近い状態にしたコアを用いて三軸試験(CU)試験を行う事を試みた。

試験は1つの供試体について、吸水量が安定するまでに約30日を要し、セル内で圧密が完了するまで1週間の日数を要した。試験により得られた物性は以下の通りである。粘着力 $c' = 1$ (t/m²)程度、せん断抵抗角 $\phi = 20$ (°)程度となった。この値を用い本工事第1斜面の安定を円弧すべりで検討したところ、 $F_s = 1.06$ となり、やや不安定な動きを示す計測結果と良く合致した。この斜面は当初十分に安定であると評価されていたものである。

表 2-1 安定計算結果の当初設計との比較

ケース	粘着力 (t/m ²)		せん断抵抗角 (°)		安全率 (F _s)
既設調査結果の物性	$c' = 4.0$	$c = 4.0$	$\phi' = 21.5$	$\phi = 15$	$F_s = 2.257$
今回調査結果の物性	$c' = 1.0$	$c = 2.0$	$\phi' = 20.5$	$\phi = 15$	$F_s = 1.063$

また、既設調査での三軸試験結果と今回の試験値を比較するとおおよそ以下の事が言える。

ϕ および ϕ' の値は20°程度とさほど変わらない

c の値は1/2程度に落ちている。 c' の値は1/4程度に落ちている

したがって、劣化した地山の強度は、1/2～1/4に落ちるものと判断される。

キーワード：葉山層群、膨潤性泥岩、三軸試験、粘着力、せん断抵抗角

連絡先：横須賀市池上 5-8-16 前田・日産・イワキ特定建設工事共同企業体 TEL.0468-54-0212
 FAX.03-5946-3118

2 - 2 アンカー基本試験とロックボルトの引き抜き試験から求めた付着強度

アースアンカーの施工に先立ち試験施工を実施した。試験アンカーの仕様は、掘削径φ=135mm、定着長L=8m、設計アンカー力は既設調査資料の付着強度を参考に約85tとした。定着体の中心から地表面までの深さをそのアンカーの地山深度とすると、地山深度と引き抜き荷重は表1に示した通りである。ここで、アンカーの試験施工から求めた付着強度と、施工前に行った事前調査でのボーリングコアから深度別に採取した2資料の自然含水比状態での1軸圧縮試験結果から求めた粘着力も表1に載せた。これらは図1に示す通り高い相関を示す。斜面防護ロックボルト引き抜き試験結果も表1、図1に示した。以上より乱さない地山の強度は、GL-20m付近では地山の深度に依存する事が分かる。

斜面表面で行われたロックボルトの引き抜き試験結果では、付着強度は半減している。

表1 深度と試験別付着力試験結果一覧表

深度	付着力		
	アンカー試験	ロック試験	室内試験
GL-(m)	t/m2	t/m2	t/m2
7		5.0	
9		8.0	
18.0			10.0
21.5			20.0
20.0	19.2		
20.0	17.3		
23.0	25.0		

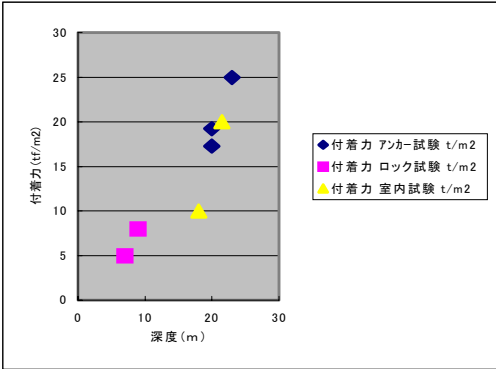


図1 深度と付着力の相関図

2 - 3 掘削時の逆解析から求めた物性

工事途中で斜面の動きが現れた時にアンカーの増し締めを行い、地中ひずみ変位速度が収束に向かった。想定すべり面を決定し、このときの安全率をFs=1.0として逆解析した物性値はc=1.5(t/m2)、φ=14(°)であった。以下これと同じ物性値で計算した斜面の安全率は、掘削時の計測状況と良く一致していた。例えばアンカーの定着をせずに次掘削した時の安全率はFs=0.98となり、これは実際に地山が動いたことで証明された。この物性値は、前述の飽和状態での三軸試験結果に極めて近い値である。このことから斜面の安定検討に用いる地山物性は自然岩水比状態での試験値の1/4程度にすべきであると判断される。

2 - 4 床付け付近で実施した平板載荷試験

床付け付近の地耐力不足が懸念されたため平板載荷試験を実施した。これは新鮮な地山で掘削直後とやや劣化状態(浸水させ2日後)またやや破砕された地山で掘削直後の試験と合わせて3回行った。この結果極限支持力(Qu)は以下のとおりとなった。

新鮮岩: Qu=90.5(t/m2)、やや劣化後(浸水2日後): Qu=75(t/m2)。2日で17%の強度劣化を記録した。

やや破砕された岩(一般部): Qu=63(t/m2)。この値を用いてc、φの値を逆算した。やや破砕された岩の場合、φ=15°とすると、c=4.8(t/m)となりこの値は、既設調査時点での三軸試験結果とほぼ一致した。ここで、2日で83%に劣化したこと、また今回の飽和三軸試験結果と総合的に考慮して、地耐力の算定に用いる劣化後の強度は半分程度としてよいものと思われる。

3 . まとめ

葉山層群衣笠泥岩中のすべり面の物性値はc=1.5(t/m2)φ=15(°)程度、アンカーに用いる付着力は新鮮部c=20(t/m2)程度と考えられる。もちろん地山の劣化は斜面形状、施工方法等により変わるものであるため、一概に劣化の指標を提案する事は危険である。しかし、今回の試験から 斜面の安定検討については約1/4程度、地耐力の検討に際しては約1/2程度として設計すべきであると判断される。

キーワード: 葉山層群、膨潤性泥岩、三軸試験、粘着力、せん断抵抗角

連絡先: 横須賀市池上5-8-16 前田・日産・イワキ特定建設工事共同企業体 TEL.0468-54-0212