

# 軟弱地盤対策におけるコスト縮減 ～ 試験盛土による軟弱地盤の評価と対策工法の選定 ～

九州地方整備局 福岡国道事務所 有明海沿岸道路出張所 下尾崎隆博

## 1. はじめに

有明海沿岸道路は福岡県大牟田市と佐賀県鹿島市を結び、地域発展の核となる都市圏の育成や地域相互の交流促進、空港、港湾等の広域交通拠点との連携等に資する地域高規格道路である。計画図を図-1に示す。

当該道路は全線において図-2に示すように10m前後の厚さで存在する有明海周辺部特有の軟弱粘性土上を通過する。現計画では、一般盛土部は一部を除き、5～9m程度、また、橋梁取付け部等では一部10数mの高盛土で計画されている。

当該地区の粘性土に関する既存データを用いた事前検討では、無対策で構築可能な限界盛土高さは、3～5m程度と考えられた。このため、ほぼ盛土区間全線にわたって何らかの地盤強度増加対策が必要とであることが予想され、地盤対策費が膨大になると考えられた。

以上のことから、当該道路の設計・施工のより一層の合理化を目的して、「有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会」を組織し、この中で、新技術・新工法を含めた実大試験盛土等の種々の検討を行なってきた。その結果を踏まえて、必要とされる設計水準や、新技術・新工法の適用性、調査・設計・施工・品質管理の合理化等に関する、福岡県内の有明海沿岸道路独自の「技術基準」を策定した。この基準に基づき、軟弱地盤対策工の大幅なコスト縮減を図る工法の選定を行なうものである。

## 2. 試験盛土の概要

試験盛土の実施場所は図-1に示す二ヶ所で、大牟田市側が昭和開地区、大川市側が高田町地区である。両地区とも軟弱地盤の層厚は7～10m程度であるが、高田町地区のみ中間砂層を挟在する。地盤調査の結果から両地区ともに、当初の想定よりもシルト分が多く、やや良好であるが、ここでも、限界盛土高さは5m程度と考えられ、盛土高さがその程度の場合でも圧密終了までの期間が数年以上必要となることから、最低限の対策として圧密促進が必要と考えられた。

以上の調査結果を踏まえ、実大試験盛土を計画した。事前の検討結果から、地盤の力学特性の確認を目的とした無処理盛土と、対策工法の適用性の確認を目的



図-1 有明海沿岸道路計画図(福岡県)

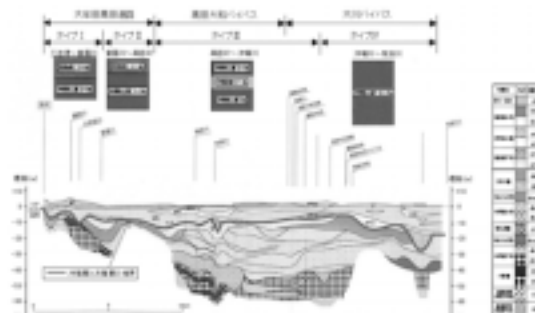


図-2 概略地質状況

とした7種類の工法を用いた試験盛土を施工した。

試験盛土の全体的な目的としては、以下の点を挙げる事ができる。

- 1) 当該地区粘性土の力学特性の把握
- 2) 各種対策工法の適用性
- 3) 将来の性能規定化を念頭に置いた施工管理・品質管理手法
- 4) 合理的な設計手法
- 5) 変形予測手法
- 6) 地下水等の環境への影響

表-1 に、試験盛土で採用した対策工法を示した。

表-1 試験盛土の対策工法

サイト	工法	対策工法	盛土形状				工法概要	目的	模式図
			盛土高 m	法勾配	天端幅 m	縦断延長 m			
昭和開地区		無処理	7.2	1:1.8	14	14	無処理 当初 5m で計画したが、安定していたため 7.2m まで施工	無処理地盤の評価	
		補強盛土 + PD	8	1:1.8	22	40	安定に補強土, 圧密促進に PD	補強盛土と圧密促進工法の技術基準と適用性。	
		GCP+PD	8	1:1.8	22	40	安定に GCP, 圧密促進に PD 液状化対策にもなる。	GCP の技術基準、適用性。	
	A	補強土壁 + 深層混合処理 (擁壁)	5	1:1.5	15	40	安定に深層混合処理, 圧密促進に PD 深層混合は改良率(78.5%及び 50%), 改良幅を変更	深層混合処理工法の技術基準 (滑動・転倒の必要性)。急勾配補強土壁での深層混合処理地盤の挙動。	
	B	+ PD	8	1:1.5	15	25			
	C		10	1:0.5	22	25			
		補強土壁 + 深層混合処理全面改良 (橋台)	10	直壁	22	38	直壁の補強土壁の安定に深層混合処理 補強土壁背面部は深層混合処理による段差緩和	直壁(橋台相当)に対する深層混合処理地盤の挙動。段差緩和工法の適用性	
	浅層混合処理 + 低改良率深層混合処理 (非着底) 新工法	8	1:1.5	15	40	深層混合処理 22% 浅層混合処理厚 1m 浮き基礎 (ローディングタイプ) 地下水を遮断せず環境にやさしい。	比較的安価で、急速施工が可能な新工法の技術基準、設計手法および適用性。		
	浅層混合処理 + 低改良率深層混合処理 (非着底) 新工法	8	1:1.8	22	40	深層混合処理 12% 浅層混合処理厚 3m 浮き基礎 (ローディングタイプ) 地下水を遮断せず環境にやさしい。	比較的安価で、急速施工が可能な新工法の技術基準、設計手法と適用性(低コスト版)。		
高田町	新軽量盛土 + 浅層混合処理 新工法	7	1:1.0	22	22	原地盤土を使用した気泡混合軽量盛土 不同沈下防止に浅層混合処理	新工法の技術基準、設計法、適用性。		

注：PD (プラスチックボードドレン)、GCP (グラベルコンパクションパイル)

軟弱地盤対策工法は大きく二種類に分類することができる。近接施工を想定して変形を 10 cm 程度以内にする必要がある箇所での深層混合処理 (DMM) などの固化系地盤処理や軽量盛土を用いた工法と、もう一つは、盛土の安定のみを目的とした補強盛土等の工法である。また、本試験盛土では、軟弱地盤対策工法の設計・施工の合理化を目指して、新技術・新工法を積極的に取り入れた。

### 3. 試験盛土結果による地盤条件の再評価

試験盛土は、無処理盛土も含めて、安定管理上は全く問題なく試験盛土が構築できた。特に地盤条件の再評価に重要となる、無処理盛土 ( ) について検討を行い、地盤の再評価を行なった。

無処理盛土の中心部における地表面沈下量は盛土立上り後約 13 ヶ月経過時で

123.5 cmである。この時点の水平変位の最大値は約18 cmであり、松尾・川村の安定管理図(図-3)によると、レベル2に達した程度で、破壊傾向時特有の水平変位の増大(安定管理線が急激に図の右方向へ向かう状況)が見られず、十分に安定していると考えられた。この時点の盛土高が、7.2mであることから、当初の設計用強度定数は過小評価と考えられ、見直しが必要であると考えられた。また、圧密沈下についても、過剰間隙水圧の発生量も低く、沈下が事前予測より早く進行していることから、圧密特性の見直しも必要と考えられた。

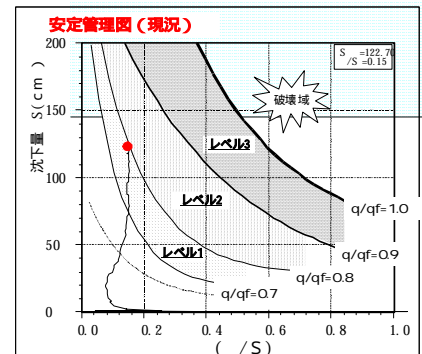


図-3 無処理盛土の松尾・川村の安定管理図

まず、強度特性の見直しについては、三成分コーンの結果や、一軸圧縮試験の粘土分含有率等の補正を実施した結果、事前の  $c_u=7.9+1.2Z$  を  $13.5+1.2Z$  と見直すことが妥当と考えられた。また、無処理盛土での盛土後の基礎地盤における強度増加を三成分コーンで測定すると、強度増加率  $m$  は0.4程度となり、強度増加も0.3以上期待できることがわかった。また、ボーリング調査では明確でない表層の硬化層も、三成分コーンを用いると確認可能であった。以上より、一軸圧縮試験のみではなく、三成分コーンや三軸  $\bar{C}U$  試験、SBIFTなどから、総合的に設計用地盤定数を設定することが重要である。

表-2 設計用地盤定数の見直し

	当初 設定値	調査結果 (昭和開)	試験盛土 後見直し
自然含水比 $W_n(\%)$	110 ~ 80	65 ~ 55	-
自然間隙比 $e_0$	2.478	1.5 ~ 1.8	-
粘着力 $C_u(kN/m^2)$	$6.2 + 1.11Z$	$7.9 + 1.2Z$	<b><math>13.5 + 1.2Z</math></b>
強度増加率 $m$	0.25	0.3	<b>0.4</b>
圧縮指数 $C_c$	0.83	0.4 ~ 0.6	0.4 ~ 0.6
圧密係数 $C_v$ ( $cm^2/day$ )	140	700	<b>2000</b>

また、圧密係数に関しては、事前設計値の  $700 cm^2/day$  を圧密試験の平均値に近い  $2000 cm^2/day$  に見直すことによって妥当な計算値となり、この地盤条件では、ドレーン等の圧密促進の必要性は低いことがわかった。設計用地盤定数の見直しをまとめて表-2に示した。

#### 4. 設計水準の設定

地域高規格道路である有明海沿岸道路の設計水準については、道路土工指針等の設計基準の性能規定化を考慮し、性能規定的な考え方に基づいて設定することとした。性能規定化は設計の考え方を再整理しようとするもので、設計手法そのものが抜本的に変わるものではない。設計水準の設定イメージを図-4に示した。この場合施工管理・品質管理が重要となるため、新しい考え方や手法についても検討を行なった。

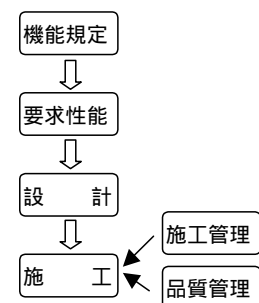


図-4 設計水準設定の流れ

#### 5. 軟弱地盤対策工法の評価と選定

試験盛土の動態観測結果から、どの対策工法も十分に安定していたため、変位と沈下について、以下のような評価を行なった。

##### 1) 対策工施工時の地盤変位

図-5に法尻から1mの位置で対策工施工時の変位を示した。この結果より以下のような評価ができる。

- ・ 対策工法が近接施工に適した工法  
補強盛土+PD( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、  
( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )

2) 盛土施工時の地盤変位

図-6 に盛土施工時の変位を図示した。

この結果より以下のような評価ができる。

- ・ 近接施工に適した工法(水平変位)  
従来型 DMM78.5%全面改良( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )
- ・ 近接施工に適した工法(鉛直変位)  
GCP+PD( )、従来型 DMM 工法( B)、従来型 DMM78.5% 全面改良( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )

ただし、いずれの工法でも、法尻から 5~10m 程度離れた位置では、鉛直・水平変位ともにほとんど発生せず、盛土勾配を急にして近接構造物との離隔を確保するような方法も有効であると考えられる。

3) 盛土中央部における沈下抑制

盛土高さとの比を図-7 に示した。この結果、以下のような評価ができる。

- ・ 沈下抑制効果が高い工法

従来型 DMM78.5%, 50%全面改良( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )

道路供用時に通常問題となるのは、残留沈下であるが、長期沈下等の観点からは、対策コストが同程度であれば、盛土中央部の沈下量が小さいほうが望ましいと考えられる。

以上のような試験盛土を通じた検討から、表-3 に示すような対策工法の選定が考えられる。

6. まとめ

これまでの軟弱地盤対策においては、用地の制限等より実大試験盛土を実施することなく地盤評価を行なっていたため、安全側という観点から地盤特性を過小評価することが多かった。今回、実大試験盛土を含めた種々の検討を行い、福岡県内の有明海沿岸道路における独自の「技術基準」を策定した。この基準に基づき、適正な調査による地盤の力学特性の適正な評価と、新技術・新工法の採用によって、当初計画より大幅なコスト縮減がはかれることが明確となった。今後は、軟弱地盤対策工法の設計、道路実施設計にこの成果を生かしていきたい。

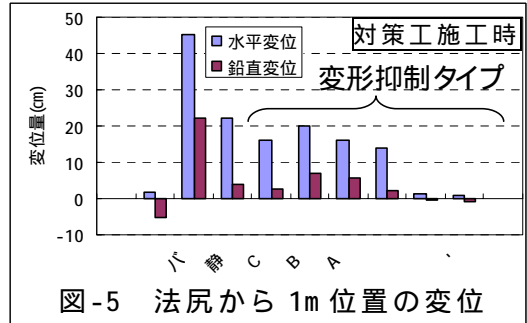


図-5 法尻から 1m 位置の変位

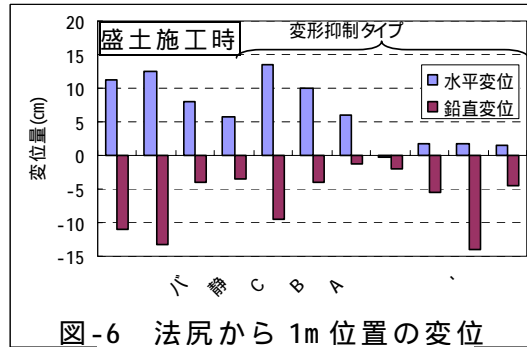


図-6 法尻から 1m 位置の変位

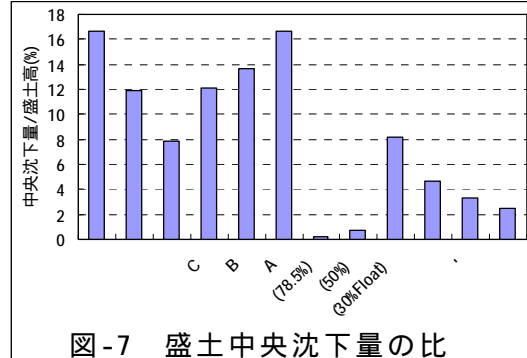


図-7 盛土中央沈下量の比

表-3 対策工法の選定

試験盛土	対策工法	改良目的		主な適用分類			対策工費
		沈下対策	安定対策	側方変位対策	高盛土 (>8m)	通常盛土 (8m)	
	無処理						安
	補強盛土						↑ 高
	補強盛土+浅層混合						
	浅層混合+低改良率 DMM 軽量盛土						