

深層混合処理工法における盛り上り特性について

東洋建設(株)大阪本店 ○ 正員 吉野 洋一 岸本 和重
関西国際空港(株)建設事務所 阪井田 茂 後藤 清

1. はじめに

関西国際空港 2 期護岸工事は、主にサンドドレーン工法（以下 S D 工法と略す）で改良された軟弱地盤上に緩傾斜護岸を築造するものである。波当たりの強い隅角部については深層混合処理工法（以下 D M 工法と略す）により改良された地盤上に捨石マウンドを築造し、ケーソンを据付ける構造が採用されている。

本工事では、D M によって生じる盛り上り土は、環境に配慮して撤去を行わずに有効利用するため、盛り上り土を含む表層部まで改良を行い、標準部と同様の強度をもたせることとした。また、実施工では盛り上り高さや影響範囲等を考慮して、ケーソン直下付近に極力盛り上りの影響が生じないように予測して施工を行った。

また、本工事では、ナローマルチビーム方式の深浅測量システムを採用しており、海底地盤を面的に把握し、精度の高い深浅測量データの取得が可能であった。ここでは、深浅測量による盛り上り土の形状特性の検証および D M 改良体の強度発現状況について報告する。

2. 土質および施工条件

本工事の施工海域は水深-20m、沖積粘土層厚が 25m、自然含水比は上部沖積層(GL-12m)で 80～120%、下部沖積層(GL-25m)で 60～80%であり、一軸圧縮強度は深度に比例し $qu=0.04z$ (kgf/m²) で表される。

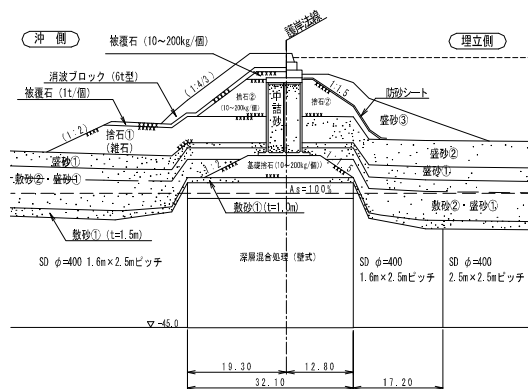
D M 工法の改良形式は壁式と格子式が採用され、固化材は高炉セメント B 種、設計基準強度は $qu_{91}=40$ (kgf/cm²) であった。

本工事では、拘束圧による改良体表層部の強度確保やセメントスラリー、浮泥の巻き上がり防止の観点から D M 施工に先立ち、原地盤上に敷砂 ($t=1.0$ m) の施工を行った。また、D M は盛り上り土を含む敷砂下面まで改良するが、一般に盛り上り等の表層部の強度は、標準改良部と比較して 3 割程度低下する傾向がある。そこで、本工事では表層部と標準改良部で同等な品質を確保するため、表層部でのセメント添加量を 30kg/m^3 増量し、 180kg/m^3 とした。

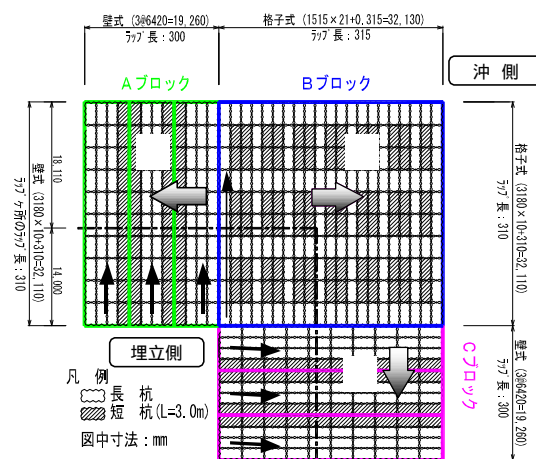
D M 改良部は護岸隅角部にあたり、沖側から波圧が作用するため、埋立側に大きな端し圧が発生することとなる。D M 上のケーソン基礎マウンド厚は、ピシヨップ法により設計されており、実施工においてはケーソン直下、埋立側において盛り上がりを極力少なくし、捨石マウンド厚を確保する必要がある。そのため、ケーソンの沖側および改良体の外側に盛り上り土が多く発生するよう打設方向、順序について検討した。図 - 2 に改良形式と施工順序を示す。

3. 盛り上り形状の検証

D M の施工に伴う盛り上りは、改良地盤の土質性状、改良形式、改良長および施工方向などに影響される。これまでの実績では盛り上り土量は、注入したセメントスラリー量とほぼ同量で、改良区域直上部ではスラリー量の約 70% 程度が盛り上がり、影響範囲は改良下端から 40° 程度上方に広がった範囲となると報告¹⁾されている。



図—1 護岸断面図



図—2 改良形式と施工順序

キーワード : 深層混合処理工 盛り上り土

連絡先 : 〒541-0043 大阪府大阪市中央区高麗橋 4-1-1 東洋建設(株) 06-6209-8773

また、改良区域直上部の盛り上り層厚は以下の式で示される。

改良区域直上盛り上り層厚 = (注入セメントスラリー量) ×
(盛り上り率 : 0.7) ÷ (改良面積)・・・式

図 - 3 に本工事における盛り上り土分布図(5m×5m)を示す。
各施工ブロックにおいてDMは埋立側から沖側に向けて施工したため、盛り上り土の形状は護岸法線より沖側が高くなっている。

改良区域直上での実測盛り上り高は、1.3m から 3.5m、平均盛り上り高は 2.52m で、前述の 式から算定した平均層厚 2.68m とほぼ同等であった。改良前後の深浅測量結果より算定した盛り上り土量は 9000m³ であり、軟弱地盤に注入したセメントスラリー量 8646m³ とほぼ同量の盛り上りが発生している。また、DM改良区域直上部での盛り上り土量は 5720m³ でセメントスラリーの約 66% が直上部で盛り上がっていることとなり、前述の 式における盛り上り率とほぼ一致している。また、B→A→C ブロックの順で施工したことから、施工済みのDM改良体により盛り上り方向が拘束されるため、C ブロックにおいて大きな盛り上り示している。

図 - 5 に示す盛り上り断面図から、盛り上り土の影響範囲はDM改良端部から概ね 20～30m の範囲であり、長杭下端から上方に約 45° 範囲で広がっているものと考えられる。

4 . DM改良土の強度発現状況

本工事では、表層部、上層部、下層部の各層において 3 ヶ所で改良土をサンプリングし、一軸圧縮試験による強度確認を行った。

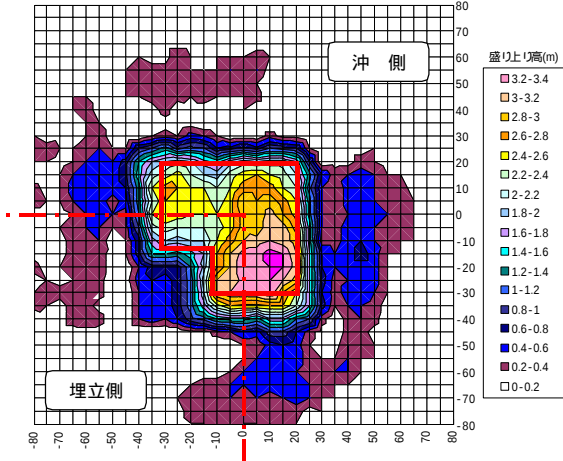
各層の平均一軸圧縮強度(q_{u91})は設計基準強度(40kg/cm²)を満足し、深度方向に増加している。また、変動係数(標準偏差 / 平均値)は 7～25%で、強度のばらつきは少ないものと考えられる。

表層部はセメント添加量を 30kg/m³ 増量して施工したが、含水比や土被り厚の違いから、上層・下層と比較して 25%程度低い強度となっている。しかし、変動係数は 15%と小さく、表層部においてもばらつきの少ない高品質な改良行われているものと考えられる。

5 . あとがき

ナローマルチ深浅測量システムを用いた盛り上り土の検証結果からDMの盛り上り形状特性は、既往の実績とほぼ同じ傾向が見られたため、今後精度の高い形状予測が可能である。また、施工方向や順序によって盛り上りをコントロール出来る他、盛り上り土を含む表層部まで改良することにより、盛り上り土についても所定の品質を確保が出来ることを確認した。これら実績をもとに盛り上り土の有効利用が可能であると考えられる。

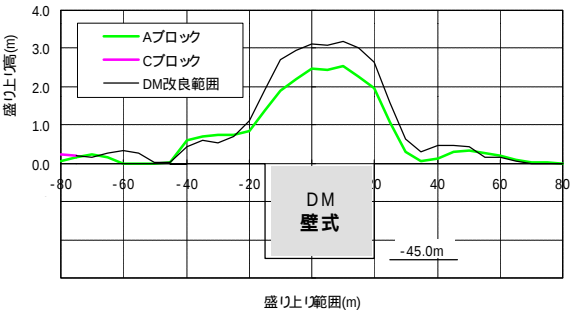
「参考文献」 1) 海上工事における深層混合処理工法技術マニュアル
財団法人 沿岸開発技術研究センター



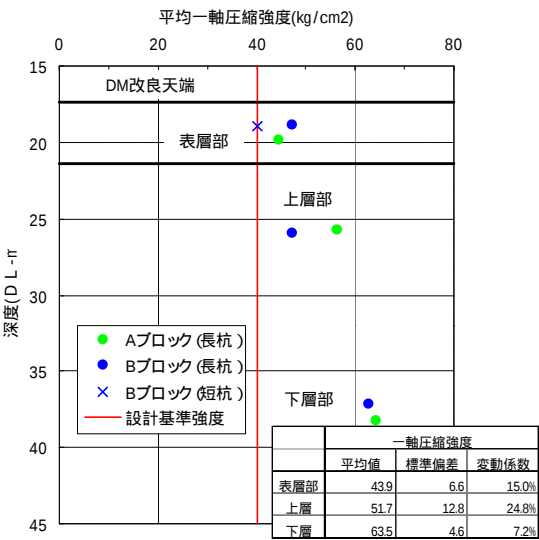
図— 3 盛り上り土分布図

改良ブロック		A	B	C	全体
施工順序					
実測盛り上り高(m)	最大	2.7	3.5	3.4	3.5
	最小	1.3	1.5	1.7	1.3
	平均	2.2	2.6	2.8	2.52
計算盛り上り高(m)		2.65	2.67	2.7	2.68
注入スラリー量(m ³)		2,335	3,936	2,375	8,646
改良面積(m ²)		616	1,030	616	2,262
盛り上り率		0.58	0.68	0.73	0.66

図— 4 DM改良部直上の盛り上り量



図— 5 盛り上り断面図（壁式）



図— 6 改良土の強度発現状況