

車両基地盛土に使用される細砂の締固め特性

日本工営(株) ○河内 洗輝
日本工営(株) 林 良樹

1. はじめに

バングラデッシュ国では、メトロによるダッカ大量高速輸送開発プロジェクト(DMRTDP)が進められており、MRT 1号線がバングラデッシュ初の地下鉄路線となる。MRT 1号線は、国際空港、ビジネス地区、ダッカの交通網の重要な結節点を結ぶ計画である。このDMRTDPは、2022年12月に開通したMRT6号線と同様に、JICAによる日本の円借款プロジェクトとして実施されている。



図-1 MRT 1号線路線図

バングラデッシュは、そのユニークな地形と河川デルタ地帯で知られており、世界最大のデルタ地帯は、ガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川の3つの大河川の合流によって形成されている。このデルタ地帯は、河川、小川、湿地が複雑に絡み合っていることが特徴で、洪水が発生しやすく、気候変動、特に海面上昇の影響を非常に受けやすい地域となっている。ほぼ毎年、雨期には国土の3分の1が1メートル以上の深さまで冠水し、盛土構造物は浸食や浸透の危険にさらされている。

国土の大部分は砂が堆積する広大な沖積デルタ平野で構成されており、盛土工事には基本的に砂が充填材として使用されている。MRT1号線の車両基地は、湖沼地への埋立・盛土として建設されている。盛土部分は、河川より浚渫した細砂を適用し、極めて高い締固め密度管理の下で建設されるよう設計されている。締固め管理は、修正プロクターでの締固め度D値95%以上である。一般的には、路盤工事を対象に修正プロクターが適用されるが、本プロジェクトでは、車両基地の盛土は深い湿原の上に細砂を一層ずつ締固めた造成盛土にも適用している。ここでは、パドマ

川の細砂を使用した盛土材料の締固め特性と締固め試験結果、およびその後の品質管理状況について報告する。

2. 盛土材の特性

MRT1号線の車両基地盛土は、36万 m^2 に平均高さ約6m、166万 m^3 の盛土を建設する計画である。盛土材はガンジス川の支流のパドマ川から採取され、砂運搬船で現場付近へ運搬し、現場のストックヤードへポンプアップされる。盛土材は「細砂」で、物理的特性は下表のとおり。

表-1 盛土材の材料特性

Soil properties		min	max	Ave
Specific gravity	Gs g/cm ³	2.682	2.726	2.700
Moisture Content	Wn %	6.6	13.0	10.1
Fine Content	Fc %	1.3	9.9	7.5
D50	%	0.200	0.219	0.212
Coefficient of uniformity	Uc %	1.57	2.94	2.48
Maximum dry density [※]	ρ_{dmax}	1.57	1.61	1.59
Optimal water content [※]	wopt %	13.6	14.1	13.8

※Modified Proctor's compaction DATA:Fre1~Fre17 (17)

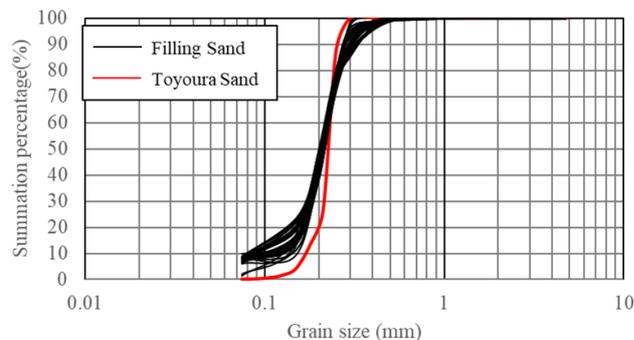


図-2 盛土砂の粒径加積曲線

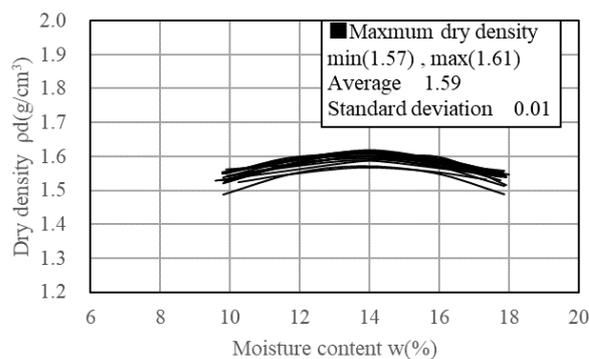


図-3 盛土砂の締固め曲線

盛土材の特徴を示すために豊浦標準砂を合わせて提示した。均等係数 U_c は 2.54 で、豊浦標準砂の 1.4 より大きい(図-2 参照)。修正プロクター締固め試験は、最大乾燥密度 $1.57 \sim 1.61 \text{ g/cm}^3$ で、平均値は 1.59、標準偏差は 0.02 となっている。最適含水比は $13.6 \sim 14.0\%$ を示す。図-3 に締固め曲線を示す。自然含水比は $8.1 \sim 13.0\%$ の範囲で、平均値は 10.8% である。締固め曲線形状から、乾燥密度は含水比の増減によって大きく変化しないことがわかる。ただし、乾燥すると粉のように乱れてしまうため、施工中に水を追加散布する必要がある。当然ながら、最適含水比となるように水を追加する。

3. 転圧試験

転圧試験では、転圧回数は 6 回、8 回、10 回とし、試験ヤードは 18 トン振動ローラーで層厚 20cm の層を 4 層まで構築した。図-4 に転圧試験ヤードを示す。各層、各転圧回数で砂置換法(サンドコーン試験 ASTM D1556)による現場密度試験を実施した。結果を図-5 に示す。3 層目、4 層目では、転圧回数とともに締固め度 D 値も増加している。2 層目では、転圧回数 10 回で D 値が低下している。転圧回数が 6 回の場合、管理値 D 値 95% に達する余裕はほとんどなく、転圧回数 10 回の D 値は 8 回とほぼ同じであるが、数値にばらつきがある。したがって、転圧回数は 8 回とすることとした。

施工品質管理は、盛土 3 層ごとに 100m 間隔、締固め 300 平方メートルごとにサンドコーン試験 (ASTM D1556) を実施している。2024 年 7 月末現在、盛土の 68% が完了しており、サンドコーン試験実施数 3368 点、締固め度は最小値が 95.0%、最大値が 99.4%、平均値が 96.5%、標準偏差は 0.715 となっている(図-6 参照)。

4. まとめ

細砂を使用した修正プロクター締固め度 D 値 95% 以上の管理は厳しい施工が強いられると考えられたが、現状は所定の転圧回数にて非常に良好な結果を得るに至っている。その理由としては、①適用する材料は細砂であるが、ばらつき自体はほとんどなく、一定した物理特性の盛土材料の安定供給されていること、②最適な含水比を目指した加水作業が着実に行われていること、③薄層 (20cm) 撒きだし・仕上がり厚での締固め作業により転圧効果を向上させていることが施工の背景にあると考えられる。

これらの状況を踏まえ、盛土材料の品質を採取現場で継続的にチェックし、最終的に、高品質で安定した強固な盛土の構築を実現すべく、入念な品質管理を継続して進めていく所存である。

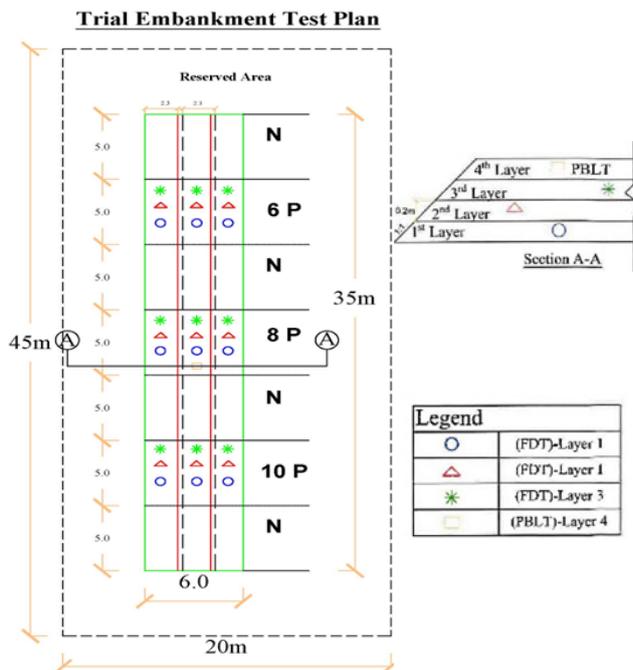


図-4 転圧試験ヤード

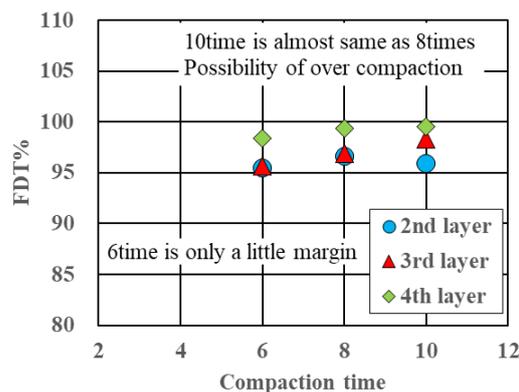


図-5 転圧回数と締固め度の関係

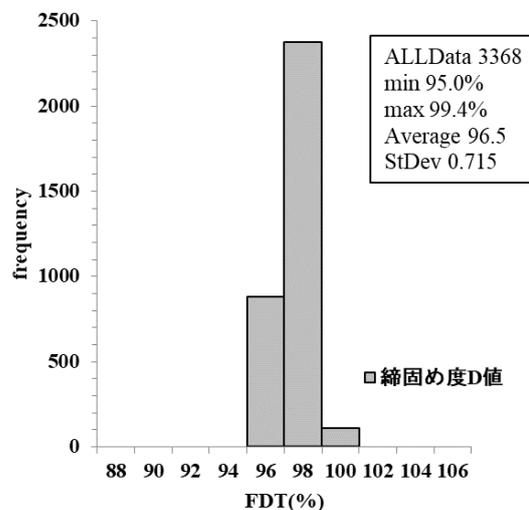


図-6 盛土品質管理試験結果

(2023/5/16~2024/7/11)