

深浅測量を用いて取得された埋立土の単位体積重量および体積変化率について

東亜建設工業（株） 正会員 ○山根 信幸, 深沢 健
 広島大学 正会員 土田 孝

1. はじめに

埋立による人工島の建設は一般的に、水中部は土運船による埋立土砂の投入、陸上部は揚土船による埋立にて行われている。土運船による埋立は水面下の施工となるため、出来形等の施工管理は深浅測量により実施されている。近年、その施工管理のための深浅測量にナローマルチビーム(NMB)音響測深器や位置測量に RTK-GPS が導入され、従来、直接的に確認することが困難であった水面下の施工状況が高精度かつ面的に把握することが可能となった。筆者らは、この NMB 音響測深器を用いた深浅測量により、従来の出来形等の施工管理に加え、施工層厚・沈下量や埋立材の単位体積重量(γ)および施工による体積変化率(α)が取得可能なシステムの開発を行った¹⁾。本文は、本測量システムを用いて得られた埋立材の γ および α について報告を行うものである。

2. 土運船の形式および施工方法とデータ取得方法

2-1 土運船の形式および施工方法

施工区域は水深約 18m の海域であり、その海域に人工島を建設するものである。本報告では人工島建設の内、土運船により水深-4m まで埋立が行われた区域を対象とした。本工事で使用された埋立材は最大粒径 300mm の岩砕材であり、その埋立材を表-1 に示す土運船にて施工現場へ搬入している。土運船による施工方法は、全開式土運船は埋立材を一度に投入する全倉投入方法であり、底開式、兼用式土運船は、埋立材が積込まれる土倉部が独立して 3～6 倉あるため、通常の施工方法である全倉投入方式に加え、埋立地盤の不陸解消等の出来形調整を目的とした段落し投入・時間差投入が可能である。いずれの土運船も施工位置まで GPS により誘導した後、それぞれの施工方法により埋立材の投入を行っている。

2-2 埋立土の単位体積重量(γ)と体積変化率(α)の取得方法

本工事の深浅測量は、NMB 音響測深機に加え、測量船の位置測量は RTK-GPS、波浪による船体の変位は動揺補正装置等を用いて実施している。NMB 音響測深機は、90° の範囲で扇状に発信された音響ビームにより、進行方向直角に水深の約 2 倍の範囲の海底地盤を、面的にかつ高密度に取得することができる測量機器である。これらの計測機器を組み合わせることにより、精度の高い面的な測量が可能となっている。

図-1 に深浅測量による埋立土の単位体積重量(γ)および体積変化率(α)の取得概念を示す。まず、①土源での土運船への埋立材積み込み時の積載体積(V_1)、重量(W_1)および含水比(w_1)により、土運船上での単位体積重量(γ_{t1})を得る。次に②投入前後の測量結果より投入後の体積(V_2)を把握し、体積変化率($\alpha=V_1/V_2$)を算出する。これにより、投入後の水中単位体積重量(γ')を算出することができる。③以後同様に繰返し、各施工段階での γ' 、 α を算出することが可能となる。

3. 埋立材の単位体積重量(γ)と体積変化率(α)

3-1 取得データの補正

施工に伴う埋立材の体積変化には、①埋立施工前後の体積変化と②投入材の原地盤（既施工地盤）へのめり込み、および③上部埋立荷重による投入材の圧縮がある。深浅測量により得られる体積変化は、原地盤へのめり込みと上載荷重による圧縮は評価できない。そのため、既往調査結果や施工実績および室内試験結果等により、投入材のめり込み量お

表-1 土運船形式および機能

船型	模式図	構造および機能	積載能力	隻数
底開式		船艙の下側に排土扉を装備し、扉の開放により土砂を海中に投入。	2,000 ~ 4,500m ³ /積	17種類 全1015隻
兼用式		底開式と箱形土運船の兼用式。基本的な土砂投入方法は底開式と同様。	3,000 ~ 4,500m ³ /積	14種類 全732隻
全開式		船体底部を左右に開いて土砂を海中に投入。	2,000 ~ 4,000m ³ /積	6種類 全175隻

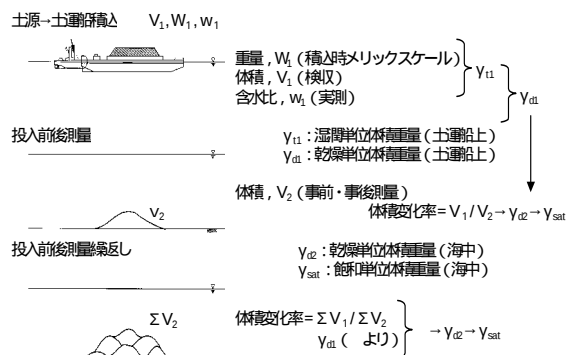


図-1 γ' , α 取得の概念

キーワード：埋立地盤、単位体積重量、体積変化率、測量

連絡先：〒596-0015 大阪府岸和田市地蔵浜町11-1 東亜建設工業（株） TEL072-433-0713

よび圧縮量の補正量を実施した。

めり込み補正は, 本工事と同様に土運船にて埋立られた地盤のめり込み量調査により, 既施工地盤への平均めり込み量を 5cm と想定し, 実測投入底面積に対してめり込み体積を算出し体積補正を行った。

上載荷重による埋立土砂の圧縮は上部埋立層の土被り圧の関数となる。そのため, 室内試験で実施した水浸圧縮量試験³⁾および現地での実測圧縮量を考慮して下式により設定を行った。

$$\text{圧縮ひずみ}(\%) = 0.011 \cdot \sigma'_v + 1.12 \quad \text{ここに, } \sigma'_v: \text{鉛直土被り圧(kN/m}^2\text{)}$$

3-2 水中単位体積重量(γ')と体積変化率(α)の分布

本工事での施工方法および土運船形式別の実績を図-2 に示す。全搬入数量約 500 万 m^3 のうち約 80% は底開式および兼用式の土運船による全艀投入により施工されている。

図-3 に γ' と α の代表的な頻度分布として, 施工割合が最も高い底開式土運船による全艀投入での結果を示す。得られた γ' と α は正規分布を示し, それぞれの平均値は 12.3 kN/m^3 , 1.22 であった。他の土運船形式, 施工方法においても得られたデータは同様な正規分布を示すことが確認された。

図-4 にそれぞれの施工組合せでの平均 γ' および γ' の変動係数(COV)を示す。平均 γ' は, 全艀投入に対し段落し施工の γ' が小さい。また, 全艀投入においても全開式土運船で施工された場合の γ' が底開・兼用式土運船の γ' に比べ若干小さい。これは, 段落し施工では一度の投入が全艀投入の 1/2~1/3 の土量であること, 全開式土運船は底開・兼用式土運船に比べ投入時間が長いこと, 等により投入時の既施工層への衝撃が小さく, そのため γ' が小さくなったものと考えられる。

γ' の COV は, 各施工ケースで大きな差はないが, 全艀投入に比べ, 段落し施工のばらつきが若干大きい。これは段落し施工では, 少ない土量を数回に分割して施工を行うため, 全艀投入に比べばらつきが大きくなったものと考えられる。

4. まとめ

今回, 約 500 万 m^3 の埋立土量に対し, 深浅測量から得られる γ' と α について検討を行った。その結果, ①土運船にて施工された埋立柱材の γ' , α は, 施工方法, 土運船形式により若干の違いはあるものの平均的に 12.2 kN/m^3 , 1.21 が得られた。② γ' のばらつきは COV で評価すると平均的に 0.11 である。これは, 自然地盤の γ' のばらつきより大きく, また, 転圧締め地盤のばらつきより小さい。③海上埋立地盤の γ' は, 施工水深や潮流に影響される。また, 埋立柱材の特性(粒度, 比重等)にも影響されることが考えられる。今後はこのようなパラメータも考慮して埋立地盤特性の評価を実施する必要がある。

参考文献

- 1) 深沢健, 平林弘, 山根信幸, 川合弘之, 大西正夫, 近藤武司: 軟弱地盤上に建設された土構造物の新しい施工・沈下安定管理法, 粘土地盤における最新の研究と実際に関するシンポジウム, pp.197-204, 2002.
- 2) 杓見吉春, 荒井清, 太田正規, 矢内栄二, 増田稔: 軟弱地盤上に投入した土砂の堆積形状とその予測, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.891-895, 1998.
- 3) 安藤敏宏, 山根信幸, 田口博文, 水上純一, 鈴木隆: 頁岩の埋立柱材としての圧縮特性について, 第 37 回地盤工学研究発表会, pp.471-472, 2003.
- 4) 北澤真, 山根信幸, 深沢健, 中川誠, 山口正高: 和泉層群埋立柱材の水浸・圧縮特性について, 第 38 回地盤工学研究発表会, pp.557-558, 2003.

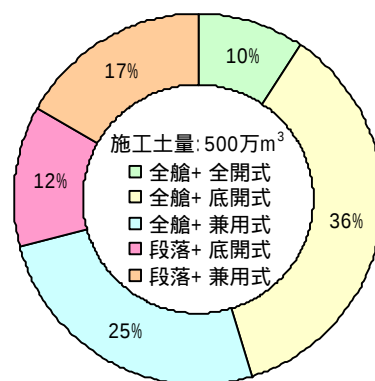


図-2 施工方法, 土運船形式別の実績

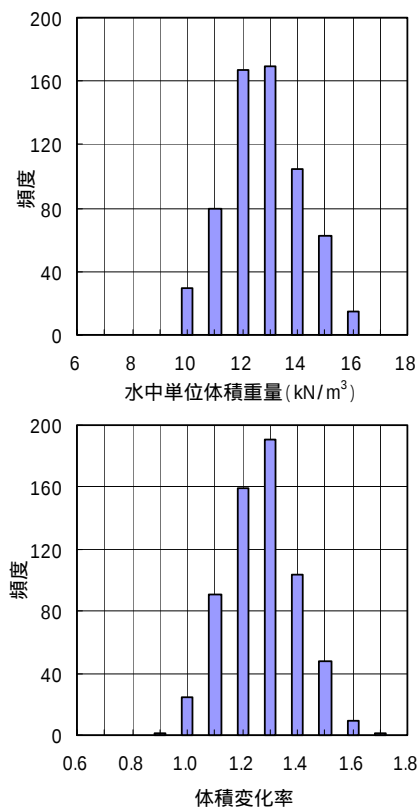


図-3 γ' , α の頻度分布

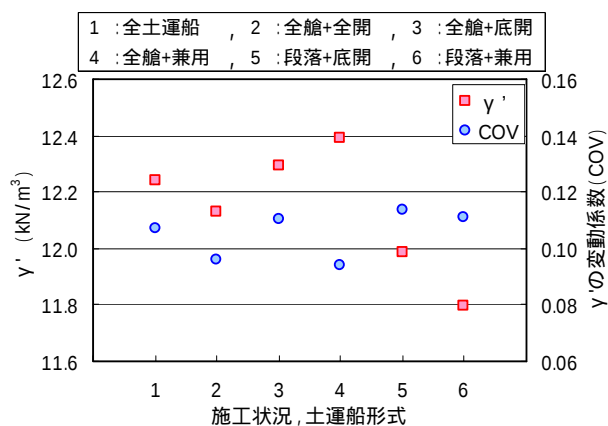


図-4 施工方法, 土運船形式別の γ' およびそのばらつき