水中堆積条件下の埋立解析と実測値との比較

国土交通省九州地方整備局　正　吉田秀樹　吉本靖俊　束野忠伸
沿岸技術研究センター　正　山崎真史
日建設計中瀬土質研究所　正　○片桐雅明　寺師昌明
日建設計シビル　正　村川史朗　吉福　司

１．はじめに　　浚渫粘土による埋立の挙動を予測する解析手法“CONAN”は，水中（海中）に粘土粒子が静かに一次元的に堆積していくと仮定している[1)]．堆積面が処分場周辺の水位を超えた場合，埋立速度が遅いと，日射や風などによって埋立層表面が乾燥し，水中堆積条件とみなせなくなり，**図-1** に示すようなドライクラストが埋立層表面に生じるようになる．片桐らはこの状況を乾燥応力という仮想応力を予め与えた粘土層が水中に堆積したと仮定して，苅田沖土砂処分場における埋立開始後 16 年の粘土層内部の状況を CONAN 解析で説明している[1)]．本文では，同じ苅田沖土砂処分場における埋立開始後 5 年の地盤調査結果が入手できたので，片桐らの計算結果[1)]と対比して，埋立解析における堆積条件の適用範囲について検討する．また，浚渫計画において通常用いられる膨み率についても言及する．

２．苅田沖土砂処分場と新門司沖土砂処分場１工区　　関門航路は古くから海上交通の要であり，近年，大型船の運航のために航路の増深・拡幅が行われている．苅田沖土砂処分場は，航路整備で発生する浚渫土砂の処分場であり，1979 年 7 月から周防灘の海底粘土を受け入れはじめ，幾度かの嵩上げにより，1997 年 3 月までの約 18 年にわたり，その役目を果たしてきた．

新門司沖土砂処分場 1 工区は，苅田沖土砂処分場に隣接して構築された処分場で，空港整備事業のひとつの工程として 1996 年 10 月から 1999 年 6 月までの 32 ヶ月間に浚渫土砂を受け入れた．

図-1 埋立地表層：ドライクラスト

図-2 に，両処分場に対する浚渫土砂の投入履歴を示す．横軸が埋立開始からの経過時間であり，縦軸は投入された地山土量を処分場面積で除して正規化している．工期が定まっていた 1 工区は，3 年程度で海底土砂 15 m 程度が投入された計算となる．一方，苅田沖土砂処分場は，工期よりも受入れ土量の増大が目的であったため，約 18 年間で 18 m 程度堆積した換算となる．このように，年間の受入れ量は，5 倍の違いがある．

３．乾燥効果を考慮した埋立解析と地盤内状態の比較　　**図-3** は，苅田沖土砂処分場の浚渫粘土埋立過程のモニタリング結果と水中堆積条件下（図中の破線：負圧ゼロ）ならびに乾燥効果を表現するためにある大きさの負圧を与えた粘土層が堆積していくと仮定した場合（図中の実線）の埋立地盤高さの経時変化[1)]である．乾燥効果は，埋立地盤高さが平均水位を上回る埋立開始後 4 年目投入分から加えている（図中：負圧付加）．埋立開始後 4 年程度までは，解析結果に大きな差が生じず，実測データと解析結果はほぼ一致している．しかしながら，埋立後 5 年程度にあたる 1984.7 では，負圧ゼロの水中堆積条件下の結果と実測値とで 2 m，埋立後 16 年程度の 1995.9 では 8 m 程度の差が生じている．全体的に見ると，50 kPa の負圧を与えた結果が実測値と対応していることがわかる．

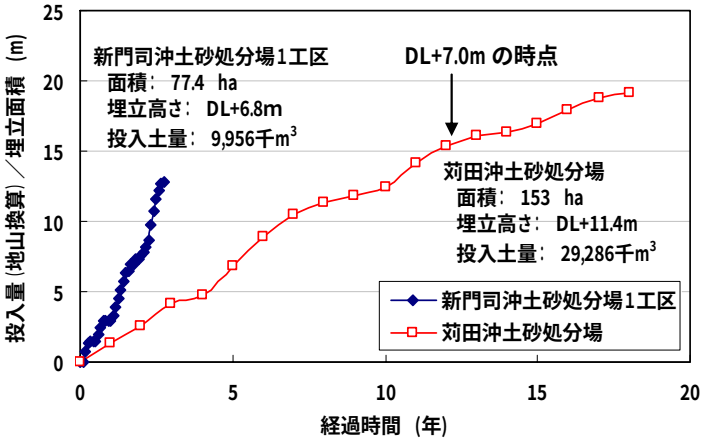


図-2 苅田土砂処分場と 1 工区の受入れ土量の比較

キーワード　浚渫粘土埋立解析，解析条件，調査事例，膨み率，乾燥
連絡先　　〒102-8118　東京都千代田区飯田橋 2-18-13　日建設計　中瀬土質研究所　TEL03-5226-3030

図-4(a)は埋立後 5 年の，**図-4(b)**[1]は 16 年の含水比分布である．図中のマークが実測値で，解析値は曲線で示している．σ_{des}は加えた負圧を示し，0 kPa は水中堆積条件下の条件である．

図-4(a)の実測値が，50 %程度のばらつきにあること，深くなるにつれて含水比が増加するという傾向があることが読み取れる．表層部の含水比がその下部よりも低いなど，解析結果と合致しているところも見られるが，乾燥効果による影響とみなせるような特徴は見られず，乾燥の影響は小さいとみなせる．

一方，**図-4(b)**では，DL+0～+7 m 付近の含水比が 50 %と小さく，その下部では深くなるにつれて含水比が増加していることが読み取れる．水中堆積条件下の解析結果(σ_{des} = 0)は，表層部と浚渫粘土下部の状況を説明できているが，DL+0～+7 m の部分は説明できない．しかしながら，σ_{des}を 50 kPa 加えた結果は，含水比分布の傾向をよく再現しているとみなせる．なお，DL+0～+7 m における圧密降伏応力も 50～80 kPa が得られており，加えた負圧とほぼ対応している[1]．このように，16 年という長期間にわたり投入されてきた場合には，単純な水中堆積条件下では表現できないことがわかる．

図-5 は，新門司沖土砂処分場 1 工区のバーチカルドレーン打設時の含水比分布である[2]．この時点は，埋立開始から 4 年程度であり，この程度の期間であれば解析結果と実測値がよく対応していることがわかる．

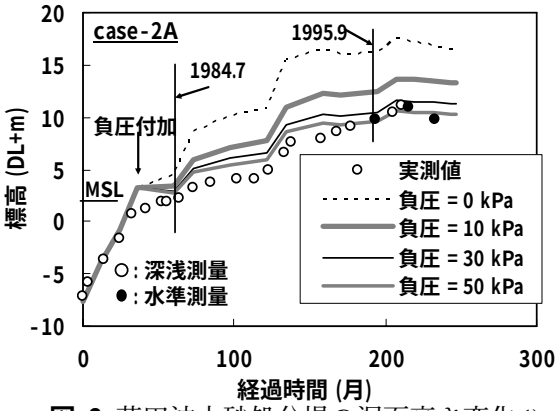
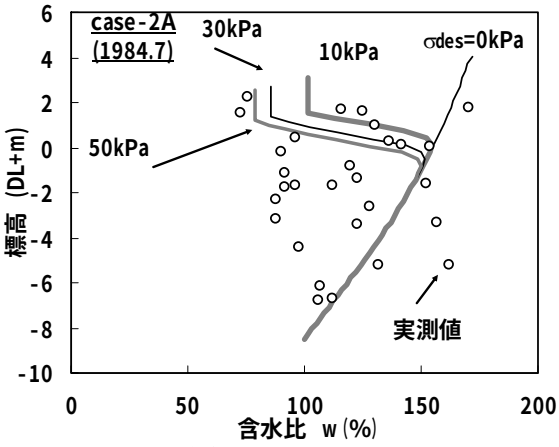
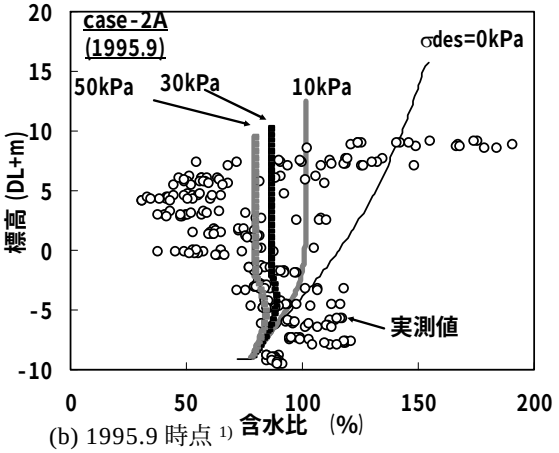


図-3 苅田沖土砂処分場の泥面高さ変化[1]



(a) 1984.7 時点



(b) 1995.9 時点[1]

図-4 苅田沖土砂処分場の含水比分布

4．膨み率

浚渫計画や浚渫土砂を受け入れる処分場の規模を決定する際には，伝統的に膨み率が用いられている．この定義は，埋立後の体積と地山体積の比率であり，その大きさは砂や粘土などの土の種類で決まるとされている．この膨み率を**図-2** の事例から換算すると，1 工区では 1.12 (=14.5/12.9)と膨らんだが，苅田沖土砂処分場では同じ DL+7 m の時点において 0.94 (=14.5/15.4)と収縮した．同じ海域の粘土が投入されたので，この膨み率の違いは投入土砂の違いではなく，膨み率に時間の概念がないこと，先に述べた乾燥の影響と考えられる．

今後，土砂処分場を計画する際，一律としていた膨み率を時間の関数とすると予測精度が向上するものと考えられる．

5．まとめ

埋立地盤高さが海面よりも上位にある場合，埋立解析において水中堆積条件とみなせるのは，単位面積当たりの地山体積が 5 m 程度の速度で投入される場合であることがわかった．この速度は投入される粘土の特性にも依存すると考えられ，今後多くの事例を収集し，検討していくことが必要と思われる．また，膨み率に時間（投入速度）の概念がないこと，乾燥の効果を考慮していないことも指摘した．

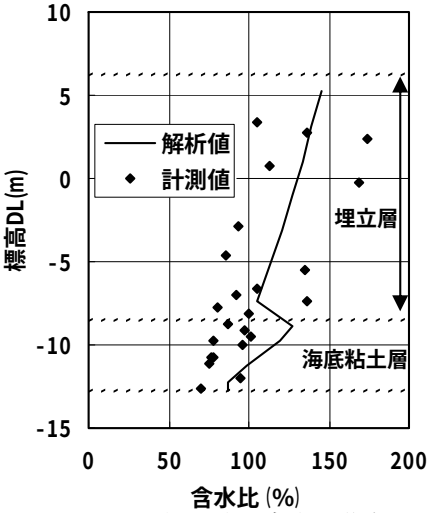


図-5 1 工区 VD 打設時の含水比分布[2]

参考文献： 1) Katagiri, M., et. al (2001): Back analysis of reclamation by pump-dredged marine clay –Influence of ground water lowering–, *S&F*, Vol.41, No.5, pp.73-86. 2) 東俊夫ら（2002）: 埋立解析を基にした地盤改良設計とその沈下挙動，*第 37 回地盤工学会研究発表会概要集*，pp.1143-1144.