羽田Ｄ滑走路建設工事埋立部の情報化施工技術
－　その４　盛土の安定管理　－

東亜建設工業㈱東京支店　正会員　○堺谷　常廣
同　上　正会員　高橋　充
同　上　正会員　榊原　務
同　上　正会員　木内　大介
関東地方整備局　東京空港整備事務所　原田　勉

１．はじめに

羽田 D 滑走路建設工事（以下，本工事）の埋立部は，軟弱粘性土地盤の改良工法として SD（φ400，@1.6m×2.5m）を採用し，段階盛土による地盤の強度増加に期待した設計[1]としている．一般的に圧密促進工法における地盤の強度管理は，サンプリングを伴う一軸圧縮試験を用いて行われることが多いが，本工事では，圧密途上の地盤に対して有用な地盤情報が効率的に取得できる RI コーン貫入試験（以下，RI-CPT）を採用した．本稿は，RI-CPT を用いた地盤強度管理の適用事例と合わせて，傾斜計による水平変位計測結果やリアルタイム GPS 沈下管理システムを用いた盛土施工中の安定管理手法について述べるものである．

２．地盤強度管理

RI-CPT は電気式静的コーン貫入試験（CPT）と RI（ラジオアイソトープ）を併用した原位置試験法で，計測項目は，コーン先端抵抗 q_t，周面摩擦 f_s，間隙水圧 u と湿潤密度 ρ_t である．事前調査段階にて RI-CPT の原位置計測と原位置土被り圧で再圧縮した等体積一面せん断試験等を組み合わせることで，**図-1** に示すように圧密途上の地盤に対してせん断強度 c_u，間隙比 e，有効応力 σ_v'を求めることができる．そのため，得られた c_u から盛土を行う際の安定解析上の安全率を直接算定できるだけでなく，e や σ_v'から事前の室内試験で求められた圧密定数の検証も可能である．また，RI-CPT を用いた場合，貫入試験結果がリアルタイムで確認できるため，従来のサンプリングによるせん断試験と比較して短時間で c_u の確認が可能となる．すなわち，設計から施工段階まで RI-CPT による一貫した調査を実施することで，圧密地盤の強度管理を効率化することが可能である．

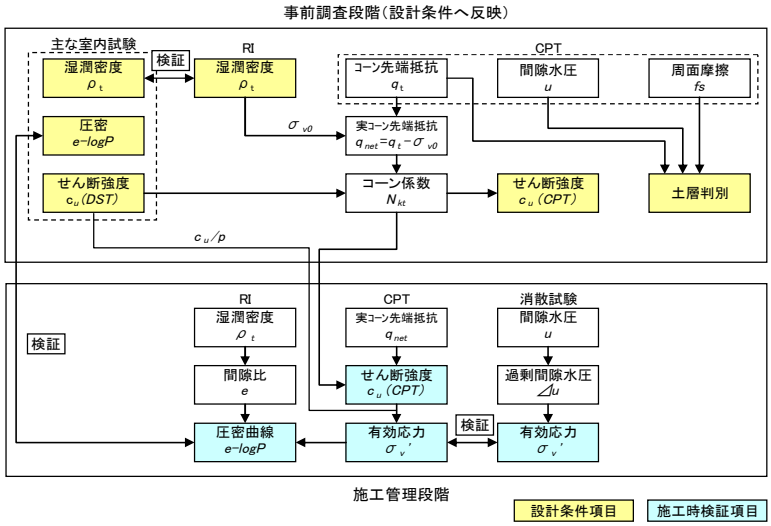

図-1　RI-CPT を用いた地盤強度管理フロー

本工事において各段階盛土の施工前に実施した杭間粘土の RI-CPT の計測結果の一例を**図-2** に示す．施工が進むにつれ，圧密進行に伴う強度増加が見受けられると同時に ρ_t も増加していることが分かる．標高-35m 以深の②-C 層[1]で結果が乱れる理由は，砂質土が多分に介入しているためである．また，**図-3** に示すようにコーン貫入によって発生する過剰間隙水圧の影響を取り除いた消散試験を実施することで，双曲線法などを併用して調査時点の間隙水圧 u を算定し，静水圧との差分から過剰間隙水圧 Δu を求め，σ_v'の検証が可能となる．また，各段階盛土の施工前に行った RI-CPT の計測結果から算出した c_u と ρ_t から深度別に σ_v'と e を求めると圧密試験で求められる e-$logP$ 曲線に相当するものとなる．σ_v'の算定は c_u を強度増加率 c_u/P（①-C 層；0.3，②-C 層；0.25）で割り戻したものとし，e は，飽和度 S_r を 100%とし土粒子密度 ρ_s は室内試験で求めた値を用いて算定している．RI-CPT より算出した σ_v'と e の関係は多少のばらつきがあるものの，**図-4** に示すように室内試験の圧密試験で求めた e-$logP$ 曲線に概ね合致する結果となった．これらの RI-CPT による地盤定数の検証と合わせて実測沈下傾向の評価を行うことで，各種地盤定数を同定し，**図-2** に示すように理論計算値として計測結果とほぼ同一の値を算出することが可能となった．これらの地盤情報と合わせて盛土の載荷履歴を把握[2]することで，直接，調査を行わない任意の場所でも安定解析モデルに用いる強度定数の再現性を高めることが可能となり，大規模埋立工事として合理的な施工管理が実現できる．

キーワード　空港，軟弱地盤，せん断強度，RI-CPT，安定管理図表，情報化施工
連絡先　〒135-0064 東京都江東区青海 2 丁目地先中央防波堤外側埋立地(その 1)羽田再拡張Ｄ滑走路建設工事共同企業体

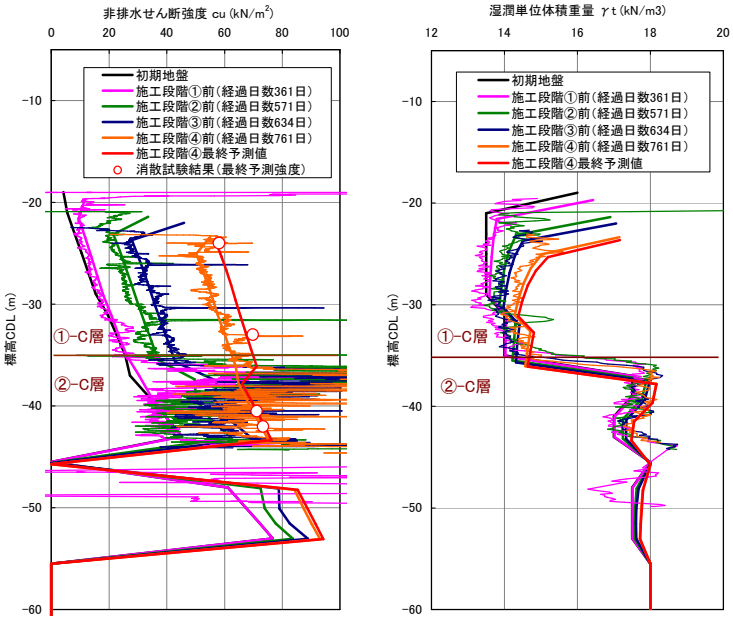

図-2 RI-CPT の調査結果

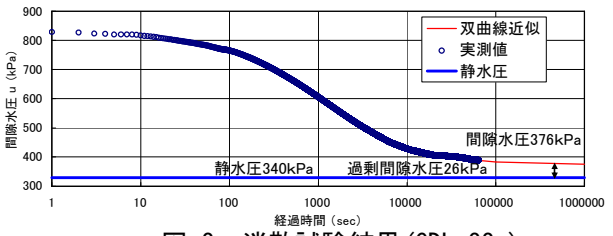

図-3 消散試験結果 (CDL-33m)

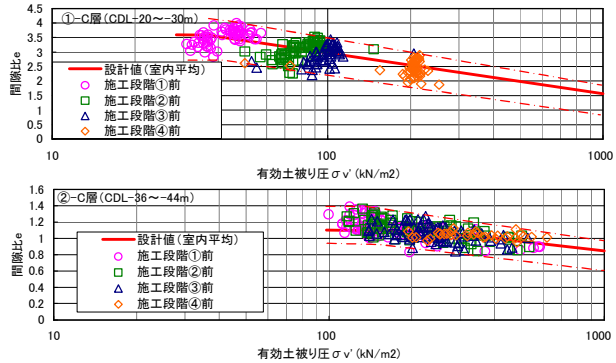

図-4 e-logP 曲線の検証結果

3．水平変位計測結果を用いた盛土安定管理

本工事では，盛土地盤の沈下，法尻部の水平変位，変位速度などの現場計測結果を利用して各種安定管理図表[3]を介して盛土中の地盤破壊現象の評価を実施している．**図-5** に示す盛土施工時における安定評価の一例を**図-6** に示す．傾斜計の水平変位量は盛土施工時に急激に変位したものの，各安定管理図表の総合的な評価から安定的に盛土を施工した．松尾・川村の方法では判断基準を超えているが，盛土の施工後沈下量が卓越した際に越えたものであり，このような場合には適用範囲外になるものと思われる．

4．リアルタイムＧＰＳ沈下管理システムを用いた盛土安定管理

リアルタイム GPS 沈下管理システムは，施工現場において GPS による定点常時観測を行い，無線 LAN を用いて監視センター（工事事務所）にデータ転送することで沈下量及び水平変位量の連続的なモニタリングを行うものである．**図-5** に示す盛土施工時のリアルタイム GPS 計測結果を**図-7** に示す．盛土施工中に沈下量と共に水平変位量が増加している傾向が見て取れるが，前述の安定管理図表結果とも照らし合わせて総合的に判断しながら無事に施工を終えることが出来た．安定管理図表は法尻での水平変位量により安定管理を行うものであるのに対しリアルタイム GPS 沈下管理システムは天端を計測するものである．定性的な傾向としては今回の施工で整合が取れることが確認できたため，今回の知見を元に定量的な判断が出来るようデータの収集，検証を行うことが今後の課題である．

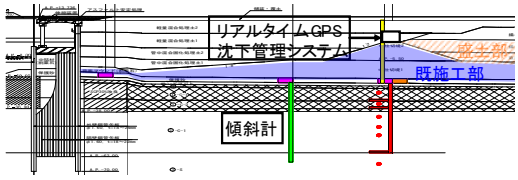

図-5 計測計器設置位置図

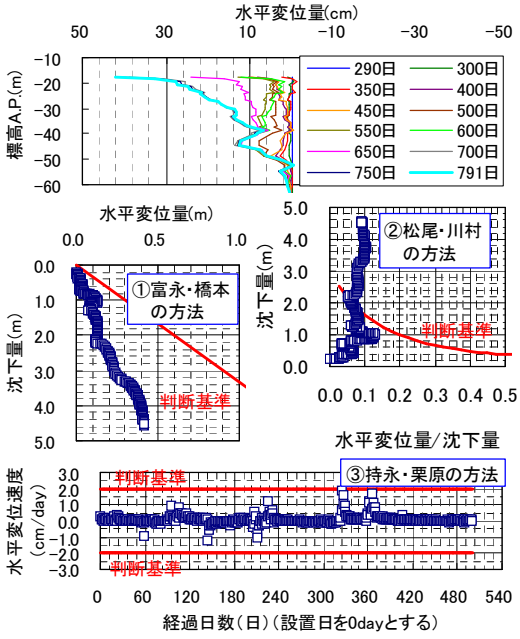

図-6 水平変位量計測に基づく安定管理

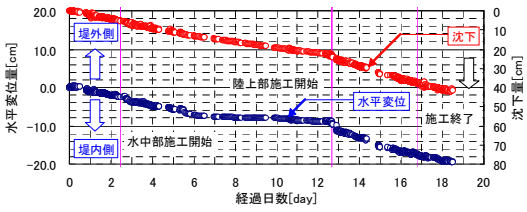

図-7 ﾘｱﾙﾀｲﾑ GPS 沈下管理ｼｽﾃﾑ計測結果

5．まとめ

圧密途上の粘性土地盤に対して RI-CPT を適用した結果，効率的に得られる多成分の計測項目を最大限に活用して圧密定数を同定することで地盤強度管理の合理化が図れる．さらに，盛土中も安定管理図表やリアルタイム GPS 沈下管理システムを適用することでより確実な安定管理の実施が可能となる．

参考文献

1)早川ら:羽田 D 滑走路建設工事埋立部の情報化施工技術－その 1 設計と情報化施工計画の概要－,第 65 回土木学会年次学術講演会(投稿中) .

2)高橋ら:羽田 D 滑走路建設工事埋立部の情報化施工技術-その 2 埋立載荷履歴と面的地盤挙動の管理-,第 65 回土木学会年次学術講演会(投稿中).

3)盛土の調査・設計から施工まで,地盤工学会. pp282-293.