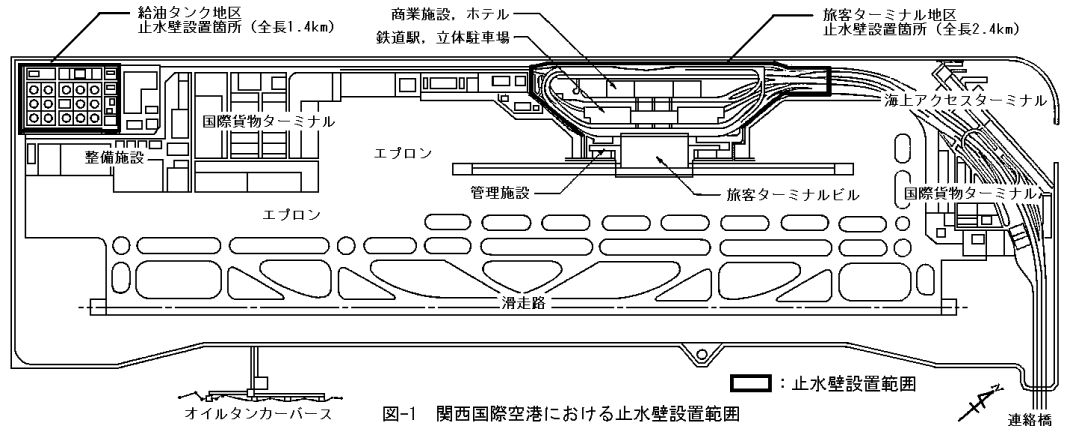


関西国際空港 I 期空港島における止水壁施工に伴う埋立土の層厚確認調査

関 西 国 際 空 港 (株) 正会員 鈴木慎也
 国土交通省 北陸地方整備局 川井雅博
 川 崎 地 質 (株) 神 戸 支 店 正会員 坂上敏彦 ○住 武人

1. はじめに

平成 6 年 9 月に開港して以来、関西国際空港では局所的に予想を上回る沈下量が計測され、当該地区における地下水位の上昇による構造物への影響が危惧される状況となってきた。この対策として給油タンク地区と旅客ターミナル地区全体を囲むように止水壁の施工を行って海水の侵入を防ぐ方法が採用された。止水壁施工には旧海底面の粘土層以深への根入れが必要であり、埋立土層の層厚すなわち粘土層までの深度を確認する必要がある。確認深度の精度は 50cm 程度を目標とする。通常、調査はボーリングによる方法が用いられるが、調査対象である止水壁施工予定箇所の全長が 3.8km（給油タンク地区 1.4km、旅客ターミナル地区 2.4km）と広大で、かつ短期間で行う必要があるため、回転式動的貫入試験を用いた。なお、本調査の前に粘土層の深度が確認されている止水壁予備施工実験フィールドで予備試験を実施し、整合性のあることを確認している。調査箇所は 43 地点（給油タンク地区 19 箇所、旅客ターミナル地区 24 箇所）、掘削深度は 1 地点当たり 40m、延べ 1720m とした。



2. 概要

回転式動的貫入試験は先端コーンを付けたロッドを回転させながら一定重量のハンマーによって打ち込み、貫入量と打撃回数、回転抵抗の関係から地盤の硬軟・土の構成を調べる。本試験機は強力な貫入力をも有し、一般に動的コーン試験では困難とされる玉石やコンクリート塊、瓦礫等の障害物が多在する地盤での適用が可能である。また、通常のボーリング調査に比べて機動性・作業性に優れており、広大な範囲を短期間で調査する能力を有している。

試験機の貫入機構は、①押込み圧力：5096N（打撃力の変動が生じない最低の圧力）、②回転：33 回転／分、③打撃：2400 回／分で、押込み圧力及び回転は操作盤に取り付けた圧力検出センサーを用いて計測し、打撃回数は油圧ハンマー内の油圧変化で検出する。また、貫入深度はガイドセルに取り付けた非接触距離センサーによって計測する。これらのデータは計測ユニットに計測時間と共に取り込まれ、IC カードに記録する。図-2 に回転式動的貫入試験機の概要を示す。打撃回数、回転抵抗を表すパラメータとしては、換算打撃回数 N_b 、回転抵抗指数 A を用いた。

$$N_b = \left(N_h - \frac{RP - R_0}{R_0} \times C_n \right) / C_d, A = \frac{RP - R_0}{N_b'} \times t_{10s}, N_b' = 1.7 \times \frac{N_b}{p + 0.7}$$

N_b ：換算打撃回数（回/10cm）、

周面摩擦に伴う抵抗を考慮し、補正された貫入抵抗

N 値への概算は、 $N = 3 \cdot N_b \cdots$ （経験式）

N_h ：実測打撃回数（回/10cm）、10cm 貫入するのに要する打撃回数

RP ：回転圧力（10cm 区間の代表値）

R_0 ：周面摩擦が作用しないときの基準回転圧力（=15（kgf/cm²））

C_n ：回転圧力換算係数（=15）

C_d ：打撃回数換算係数（=10）

A ：回転抵抗指数（周面摩擦に伴う抵抗の指標）

t_{10s} ：貫入量 10cm に要する時間（sec）

N_b' ：有効土被り圧 $p(=\sigma' \times z)$ の影響を補正した換算打撃回数

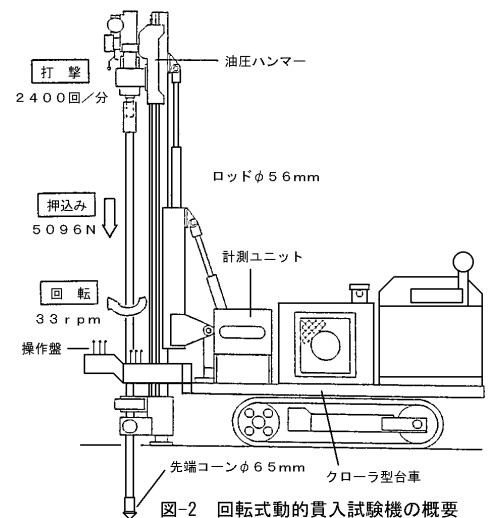


図-2 回転式動的貫入試験機の概要

キーワード：止水壁、動的貫入試験、サウンディング

連絡先：〒650-0001 神戸市中央区加納町 2-4-10 川崎地質(株)神戸支店 TEL:078-232-0426 FAX:078-232-0473

3. 調査結果

この回転式動的貫入試験機を用いて埋土層厚の確認調査を行った。調査結果の代表例として図-3、図-4 にそれぞれ Nb-H、A-H 関係を示す。この Nb、A を用いて地層区分を行った。地層区分方法を表-1 に示す。

図-3、図-4 より CDL-28.75m 付近以浅では Nb、A のバラツキが大きく、不規則な変動が見られるがそれ以深では Nb のバラツキが比較的小さく、A が深度に対してほぼ一定勾配で増加している。このことから比較的均質で周面摩擦抵抗の大きな地層であると推測され、粘土層であると思われる。また、埋土層下部の粘土層との境界付近では Nb、A のバラツキが比較的小さい所が見られるが、これは敷砂であると思われる。

1 地点当たりの作業時間は試験機の搬入～貫入試験実施～ロッド回収まで2時間程度であった。また、43 地点、延べ 1720m の調査を行うのに要した日数は 18 日で、1 日平均で約 100m の調査を行うことが可能であった。通常のボーリング調査では、本調査地のような礫質土の埋立土層の削孔であれば日進 10m 程度であるから、回転式動的貫入試験は通常のボーリング調査に比べると 1/10 程度の時間で調査が可能である。

4. 検討結果

平成 13 年 3 月現在、止水壁の施工が実施されている。その際にバケットによって掘削を行った際に確認された旧海底面深度（以下、確認深度）と本調査より想定した旧海底面深度（想定深度）との比較を表-2、図-5 に示す。

想定深度は確認深度に比べて平均 0.49m 浅く、想定深度と確認深度との差は-0.31～1.05m の範囲に分布している。この差の原因として、確認深度の決定手法が考えられる。

確認深度は粘土層に確実に根入れさせるためバケットによる掘削土が完全に粘土になった段階での深度としており、実際の旧海底面深度よりも深めとなる可能性があると考えられる。バケットの一回の掘削厚は 50cm 程度であるから、想定深度はほぼ旧海底面の深度と一致していると考えられる。

5. まとめ

止水壁施工実績による確認深度と本調査における想定深度との差は 50cm 程度であったが、バケットによる深度確認方法の特性から想定深度はほぼ旧海底面と一致していると思われる。本調査に代表されるように、広大な調査範囲を短期間に、かつ安価で処理する必要性が社会的に高まっている。このような点から回転式動的貫入試験は簡易に地層境界の判別を行う手法として、非常に有効かつ実用的であると考えられる。

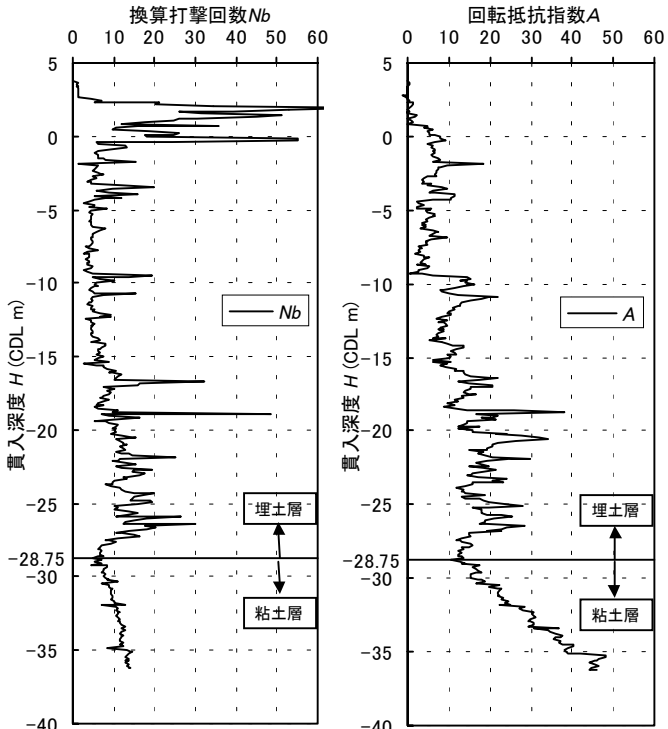


図-3 Nb-H 関係 図-4 A-H 関係

表-1 回転式動的貫入試験による地層区分

地層区分	換算打撃回数Nb	回転抵抗指数A
埋土(B1-1)	非常に密	20以上
埋土(B1-2)	(N≥60に相当)	小
埋土(B2-1)	密	10程度
埋土(B2-2)	(N=30に相当)	小
埋土(B3-1)	緩	5程度
埋土(B3-2)	(N=15に相当)	小
敷砂	—	バラツキ小
沖積粘土	一定または微増	一定増加傾向
玉石(点在)	部分的にNb≥20で、範囲が1m以下	
玉石(広範囲)	部分的にNb≥20で、範囲が1m以上	

表-2 境界深度の比較

想定深度 CDL(m)	確認深度 CDL(m)	想定-確認 (m)
-29.98	-30.39	0.41
-30.35	-30.04	-0.31
-30.11	-31.16	1.05
-29.27	-29.90	0.63
-28.29	-28.61	0.32
-28.91	-29.54	0.63
-28.64	-29.32	0.68
平均		0.49

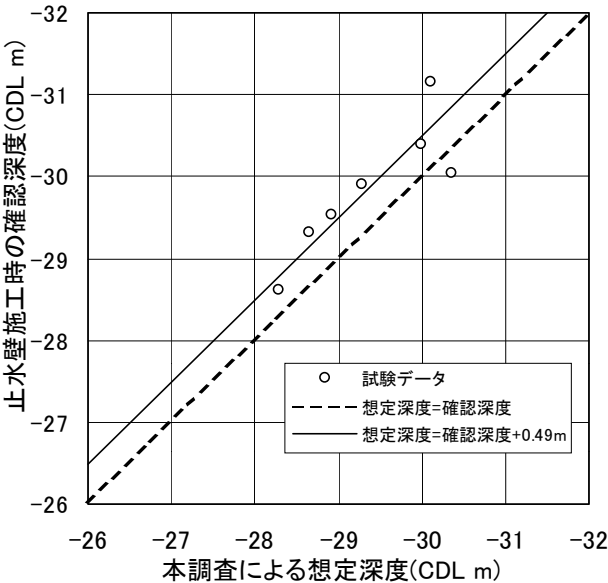


図-5 粘土層の確認深度と想定深度の関係

参考文献：回転式動的貫入試験機による調査例（川崎地質㈱、原田克之他：第 48 回土木学会）、回転式大型動的貫入試験機を利用した地下障害物の調査（川崎地質㈱、坂上敏彦、野田晃弘他：全地連「技術フォーラム 2000」神戸）