

7. ピストンコアラーによる海底軟弱堆積物の調査

Investigation of Soft Sediment Sampling Using Piston Corer

○松木 宏彰、五十嵐 厚夫、高田 圭太、山田 和弘、小笠原 洋（復建調査設計株式会社）

1. はじめに

海底堆積物の調査は、海上足場（単管足場、スパット台船、鋼製櫓、特殊櫓など）を設置して行うボーリング調査が一般的である。また海底表層の非常に軟質な地層を採取する場合には、採泥器の使用や、サンプリングチューブを用いたダイバーによる採取方法が用いられることが一般的である。しかし、水深 30m 以上のボーリング調査の場合は、足場設置や移動に多額の経費と時間を要するため、調査の実施は容易ではない。またダイバーによるサンプリングも、潮流が早い場合や水深が深い場合には、潜水時間や作業に制約が伴うことが多い。

このような条件下で、比較的安全で短期間に経済的な方法によりサンプリングする手段として、ピストンコアラ - を用いたサンプリング調査を複数行ってきた^{1) 2)}。今回は、水深が 50m 以深の海域および浮泥層が厚い場所でのコアリング事例と調査の意義について報告する。

2. コアリング方法

ピストンコアラリングの模式図を図 - 1 に示す。作業船は、クレーン台船を用いることが一般的である。コアリングの方法は、一般に以下の手順で行う（図 - 1 の番号に対応）。

採取器（コアラ）を作業船上で組み立てた後クレーン台船のワイヤーを繰り出し、コアラを海底にゆっくりと降下させる。先端の重りが海底に着くと、ワイヤーが緩み天秤が上がり始める。天秤のフックからパイプがはずれて、ウエイトの重みで堆積物の中に貫入し始める。

メインワイヤー先端のピストンの作用で、堆積物がパイプ内に採取される。海底にパイプが貫入し、停止する。貫入後直ちにワイヤーを巻き上げ、コアラを海底から引き抜く。その後作業台船に引き上げる。

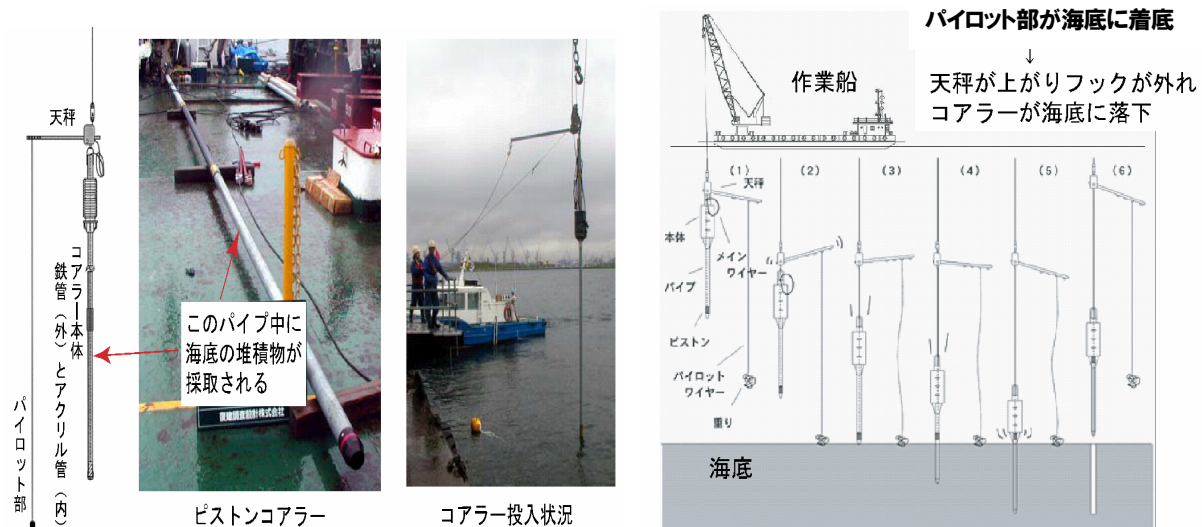


図 - 1 コアリングの状況と模式図

コアラの降下から引き上げの時間は、水深が 30m 程度の場合では、15 分程度である。水深が深い場合には、船のウインチワイヤーを長くすることで対応でき、コアラの構造部分は基本的には同じである。土質調査の分野でも 100m 程度の水深の調査では、汎用のクレーン台船を用いることで、同様の調査が可能である。

3.ピストンコアリングの実施例

3.1 水深50m以深でのコアリング

(1) 調査目的

調査区域は、水深が約50m～70mの海域であり、浮波堤の基礎地盤の状況を調査するために行ったものである（図-2 調査地点位置図参照）。一般に水深が30mを超えると、特殊な足場が必要となり、足場の回航や設置のための経費が高くなる。当地区の場合、前年度の深浅測量と音波探査によって、間接的な海底状況の調査は行われていたが、ボーリング調査によって直接試料を採取することは、費用の面と施工条件の上で困難なことが予想された。このため、経済性および作業条件等を考慮のうえ、ピストンコアリングによる調査を実施した。

(2) 調査概要

調査地区の海底地形は、南東部に陸上から続く岩礁部が存在し、複雑な等深線が認められる。その北東～西部にかけては、水深が50mを超える緩やかな平坦斜面が存在する。これらの平坦部には表層採泥の結果から、軟質な粘性土が厚く堆積していることが予想され、その地盤特性の把握が必要であった。

コアリングは、水深57m～67mの地点で6地点で実施した。作業には、非自航式クレーン台船（30t 吊り）を使用した。コアラは、直径90mm、長さ4mのアルミパイプを3本ジョイントでつないだもの（計12m）を使用した。今回の調査では、コアラを台船上から降下して船上に回収するまでの時間は、約30分であった。1本の試料を採取後、台船の移動とアンカーによる台船の固定中に次のコアリングの準備を行った。その結果1日に3箇所でのコアリングが可能であった。

(3) 調査結果

6本の試料の採取長は、8.5m～11.85mであった。調査の結果、採取された地層としては有機質土が最下層に分布し、その上位に砂質土（No.6地点のみで確認）が分布し、最上位には粘土層が約7～13mの層厚で存在することが判明した。また粘土層中には、火山灰層（アカホヤ火山灰）が0.15～0.4mの層厚ではさまれていた（図-3の地質断面図参照）。

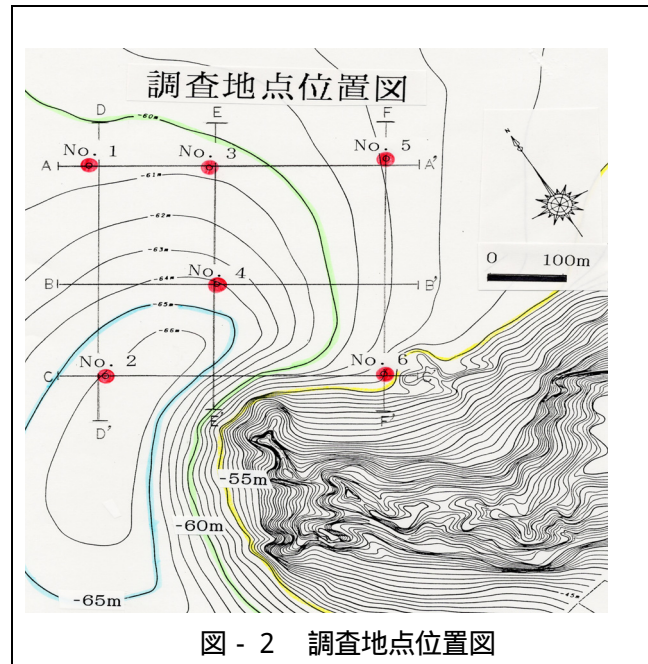


図 - 2 調査地点位置図

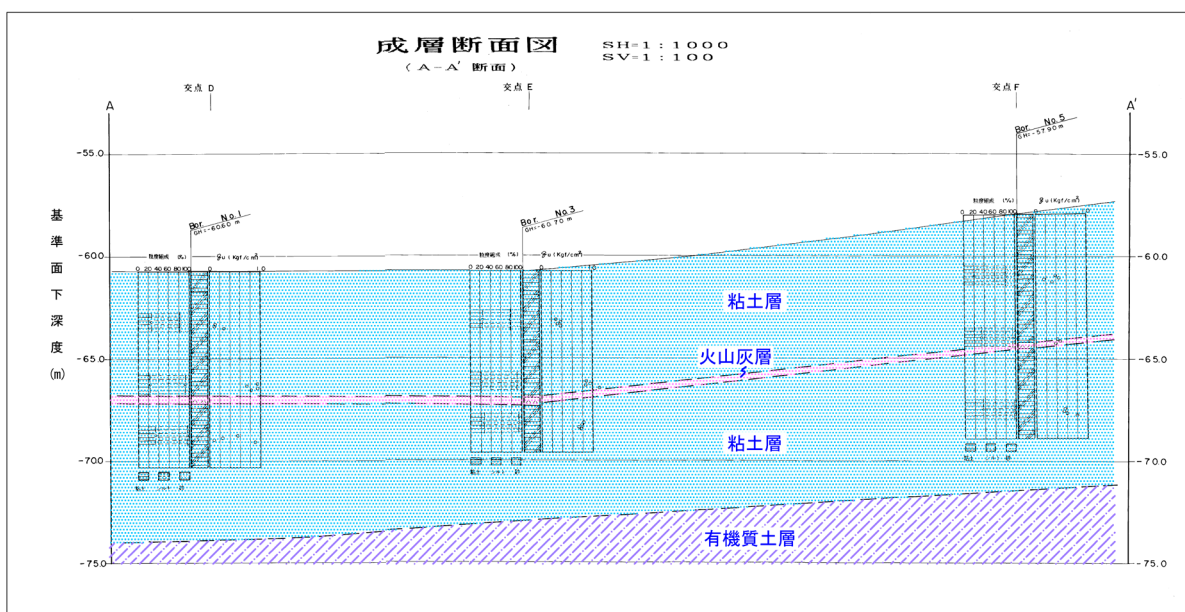


図 - 3 東西方向の地質断面図（有機質土層は No.2,4 地点で確認）

採取した試料は、観察の後、現地に設置した試験場所にて現場一軸試験を実施した。その後採取試料を試験室に持ち帰り各種土質試験を実施した。

図-4に一軸圧縮強度と深度の相関図を示す。多少のバラツキは見られるが、深度が深くなるにつれて強度が増加しており、ほぼ妥当な結果が得られた。

また試験の結果、破壊ひずみは表層の含水比の高い軟質な部分は7～10%であるが、下位の粘土層では3～6%であった。採取方法が基準として規定された方法ではないため、不攪乱試料

として直接的には取り扱いえないものの、乱れの影響は相対的には少ないものと考えられる。そのため、安全率を考慮したうえで試験結果を用いることで、設計に活用するための地盤情報として有益であると考えられる。

現地での作業は、積み込み準備1日、コアリング作業2日、後片付け1日の4日間であった。この結果、従来のボーリング足場を設置した場合の調査に比べ、非常に短期間で効率的に地層の採取ができたといえる。

3.2 表層の軟質浮泥の採取例

(1) 調査目的

調査区域は、埋立地の沖側防波堤の隅部であり、防波堤施工後の浮泥層の分布状況の把握が課題となっていた。深浅測量などの間接的な調査方法では、浮泥層の層厚やその土質特性が不明であり、軟質浮泥の採取を目的としてコアリングを実施したものである。

従来であれば、サンプラーを持ったダイバーが海底付近まで潜水し、直接サンプリングする方法などが行われている。しかし、調査地点の水深は25～35mで、潜水時間や作業条件に制約が多いことが問題点としてあげられた。また層厚が厚い場合や砂層の挟みがある場合などには、サンプリングが困難となることも予想された。今回は、特に表層付近の軟質浮泥の層厚を把握する必要があり、採取後速やかに地層を乱さない状態で観察する必要があった。そのため、ピストンコアラのパイプの内部に、透明のパイプを装着し、2重構造とすることで対処した。

(2) 調査概要と調査結果

調査はクレーン台船を用いて、4地点でコアリングを実施した。パイプ長は8m～12mで、錘は500kgとした。作業はコアラを台船上に回収後、直ちに地層状況の概要観察を行った。その後運搬のため1m毎に透明パイプを切断し試験室にて詳細な試料の記載と土質試験を行った。No.1地点では粘土層の下位に締まった砂層が存在し、砂層の途中でコアラが止まったため、最大採取長は、4.6mであったものの、上部の地層は連続して採取できた。図-5にNo.1地点の代表地質断面図を示す。

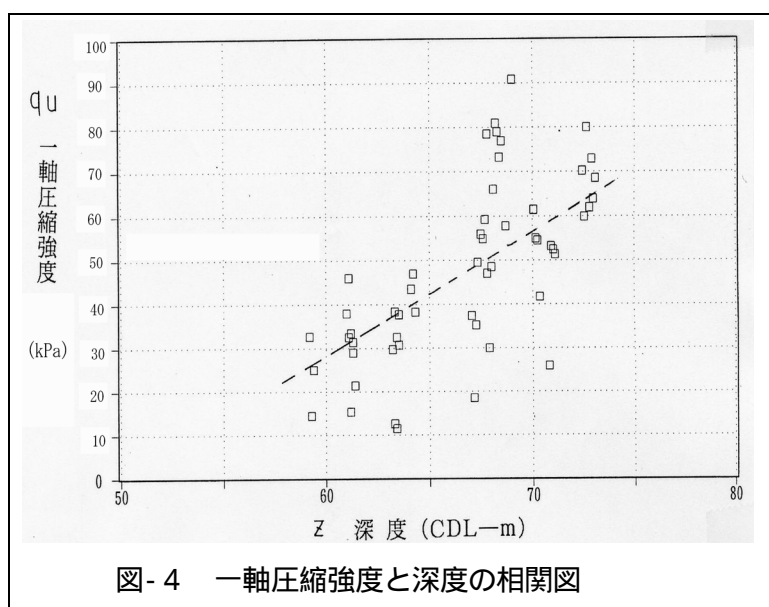


図-4 一軸圧縮強度と深度の相関図

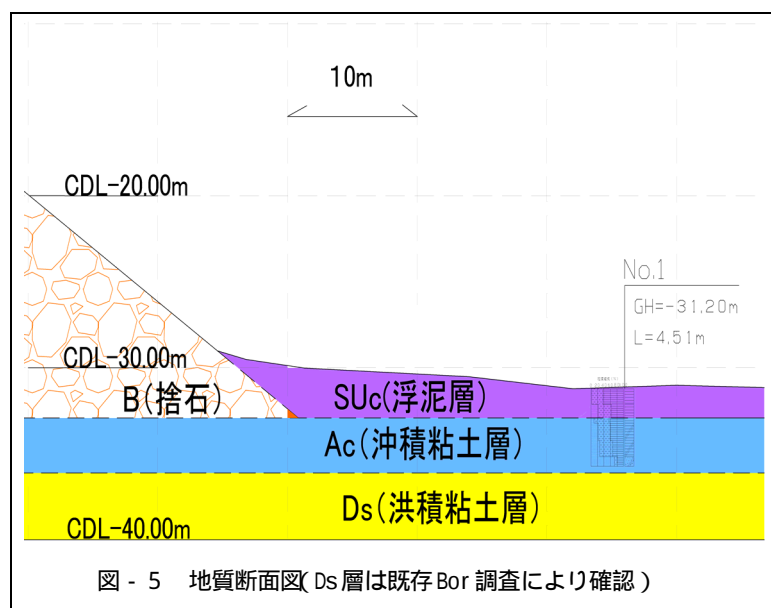


図-5 地質断面図(Ds層は既存 Bor 調査により確認)

それによると表層に分布する SUc 層（浮泥層）の層厚は、約 1.7m であり、その下位には Ac 層（沖積粘土層）Ds 層（洪積粘土層）が分布することが判明した。

土質試験結果の一覧表を表 - 1 に示す。地層の詳細観察と土質試験の結果、含水比や色相などに違いをもとに地層区分を行った。SUc 層の特徴は、非常に軟質で腐敗臭があり暗黒色～暗灰色を呈し含水比が非常に高いことである。一方 Ac 層は、緑灰色を呈することと一部貝殻小片を含むことが特徴であった。

また、No.1 地点よりさらに東側に位置する No.4 地点は、浚渫土砂の投入地点に近いので、浚渫土砂起源の浮泥層が 7.6m 分布する。コアリングではその下位の砂礫層（人工埋土）と沖積粘土層までの約 12m の試料採取に成功した（写真— 1 参照）。

従来のシンウォールサンプリングによる方法では、このような非常に軟質な試料については、試料の押し出し時などに流動化しやすく、詳細な観察が容易ではなかった。しかし、今回透明パイプの半割り試料の観察により、表層の状況や層厚の把握が可能となった。

表-1 調 査 結 果 一 覧 表

		浮 泥 層	沖 積 粘 土 層
湿 潤 密 度 ρ_t (g/cm ³)		1. 17 ~ 1. 30	1. 48 ~ 1. 76
土 粒 子 の 密 度 ρ_s (g/cm ³)		2. 64 ~ 2. 66	2. 64 ~ 2. 69
自 然 含 水 比 W_n (%)		139. 6 ~ 265. 9	36. 1 ~ 142. 9
粒 度 組 成 (%)	粗 粒 分	0 ~ 23	22 ~ 80
	細 粒 分	77 ~ 98	20 ~ 91
特 性 コンシステンシー	液 性 限 界 WL (%)	85. 5 ~ 145. 5	29. 0 ~ 120. 5
	塑 性 限 界 Wp (%)	36. 2 ~ 50. 4	24. 7 ~ 38. 5
	塑 性 指 数 Ip	49. 3 ~ 95. 1	2. 5 ~ 82. 0
	コンシステンシー指数 Ic	-1. 26 ~ -1. 09	-2. 84 ~ +0. 68
分 類 名		有機質粘土、砂質粘土	砂まじり粘土、砂質粘土、粘土質礫質砂、シルト質砂、(CH-S)、(CHS)、(GCS)、(CH-S)、(SM)
分 類 記 号		(OH)、(CHS)	

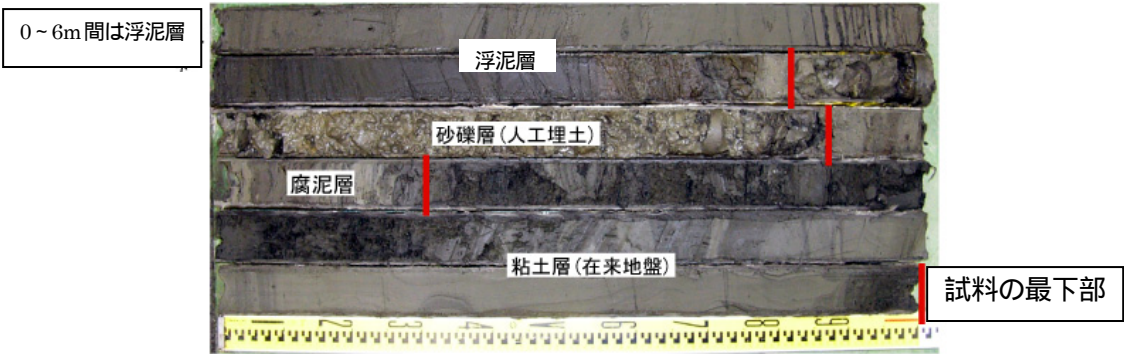


写真-1 採取試料状況 (6~12m)

4. まとめ

ピストンコアリングは、海洋調査（科学調査分野）では、多くの調査実績があり、さまざまな経験を踏まえて各種改良が行われてきた手法である。ピストンコアリングは、硬質な岩盤の採取やN値の測定は困難であるが、従来のボーリングなどの方法に比べると、以下のメリットがあげられる。

足場を長期間にわたって固定しないため、短時間で採取が済む。

クレ-ン台船を用いるため、汎用性が高く、機動性も高い。数箇所ですとまとめた調査の場合、移設が容易であり1本あたりの費用は割安となる。

採取した試料を直ちに連続した試料として観察でき、透明パイプを用いれば、表層の軟弱粘土の採取と観察が可能である。

今後は、適用例の拡大と調査目的に応じた工夫と改良をはかっていきたい。

《参考文献》

- 1) 原口 強・岡村 真・松岡裕美・松岡数充・近藤清二：ピストンコアラ-による堆積物の連続試料採取方法,応用地質,36, pp33-38,1995 .
- 2) 松木 宏彰：ピストンコアラ-による海底表層土の採取方法,第 40 回地盤工学研究発表会講演予稿集,2005 .