

#### 4.1.8 橋台の側方移動抑止に適用された大深度深層混合処理工～熊本県熊本市～

##### 1. はじめに

熊本市と宇土市に架かる橋長 800m の緑川大橋（仮称）（写真 1、図 1）は、平成 23 年度に着工され、橋台建設工事に先駆けて①橋台の側方移動防止対策工事、②背面盛土の沈下抑制・安定対策工事、③橋台下部工工事が同時期に開始された。当該地区は緑川の河口に位置する島原湾の干拓地である。そのため、緑川上流から運ばれてきた粘土も影響して深さ約 40m の軟弱層を形成しており、緑川大橋 A1 橋台の側方移動防止を目的とした地盤改良工が行われた。

本工事は、最大打設長  $L=41.9\text{m}$ （改良径  $\phi 2.0\text{m}$ ）の大規模施工であるため、大口径籠式複合相対回転攪拌工法<sup>1)</sup>（以下、本工法と記す）にて継ぎ施工が行われた。なお、施工当時では前例のない大深度施工であった。



写真 1 施工箇所



図 1 路線計画

##### 2. 土質条件

改良対象の土層構成は図 2 に示すとおり GL-10m 程度までは主に砂質土層(As2)が堆積しており、その下層 10m～40m までは第二粘性土層(Ac2-1、Ac2-2)から成る。第二粘性土層の下部においては N 値 0～2 と低い N 値を示しているが、表 1 に示すとおり着底層付近では、土と固化材スラリーの攪拌が困難な  $c=90\text{kN/m}^2$  程度の高い粘着力を有している土質であった。また、改良目的からは、第二粘性土層にある良質砂質土 (As3) への着底が求められていた。

表 1 地盤定数一覧

土層名	土質区分	記号	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	変形係数 $E$ (MN/m <sup>2</sup> )	備考	
第一粘性土層	粘性土	Ac1	14.5	12.0	-	1.5		
上部砂質土層	砂質土	As2	17.5	1.3	36.9	2.0		
第二粘性土層	上部	粘性土	Ac2-1	16.5	30.0	-	3.5	
	下部	粘性土	Ac2-2	15.0	30+2.0z	-	3.5+0.57z	z基準：T.P-10m
礫質土層	礫質土	Dg	20.0	-	-	-		

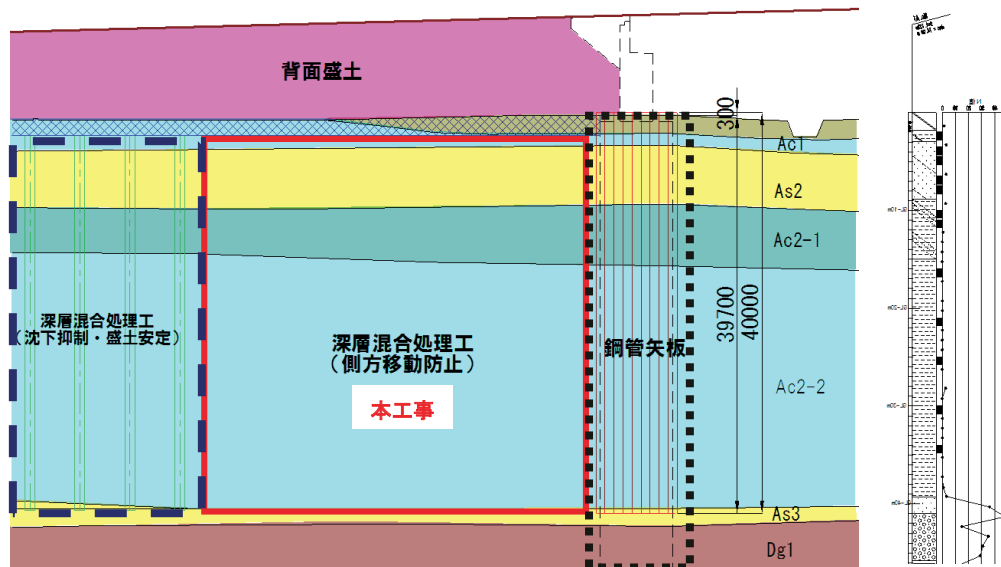


図2 土質構成

### 3. 施工仕様

#### (1) 改良仕様

当該現場では、大深度施工のためロッド継ぎ切り作業が必要となるため、作業手順などを作成して施工性・安全性の高い方法で実施した。継ぎ切りは現地盤より19m貫入した位置で実施した(写真2)。

改良体配置は側方移動対策を目的とした場合、「橋台の側方移動対策ガイドライン」<sup>2)</sup>などでは接点配置が一般的であるが、当該現場では有識者委員会で検討の結果、経済性を考慮した格子状配置が採用された。改良体配置平面図を図3に示し、地盤改良の仕様を表2に示す。



写真2 継切り状況

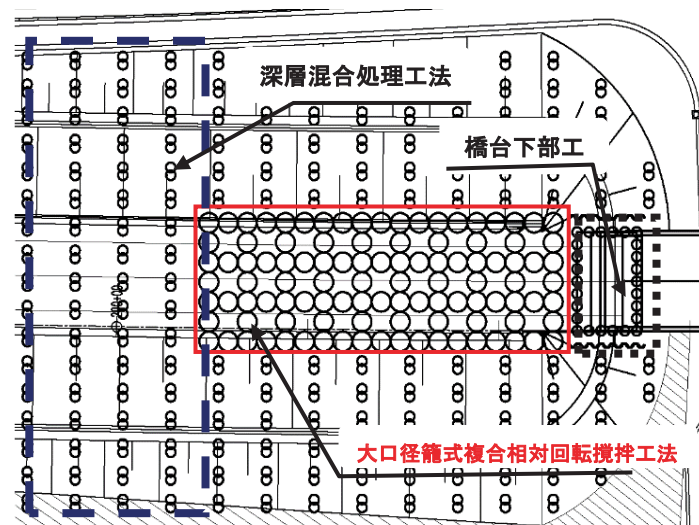


図3 改良体配置平面図

表2 地盤改良の仕様

項目	仕様
工法	大口径籠式複合相対回転攪拌工法
対象土	粘性土
改良径 (m)	2.0
改良本数 (本)	106
掘削長 (m)	41.12 (総掘削長 4,358.72)
改良長 (m)	38.66 (総改良長 4,099.02)
設計基準強度 (kN/m <sup>2</sup> )	500
固化材の種類	高炉セメントB種
固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	110
添加方法	スラリー添加 (W/C=100%)

## (2) 機械仕様

当該現場では1プラント1マシン編成で行った。ベースマシンは170t級の大型施工機(三点杭打機)を使用し、アースオーガについては、高粘着力粘土層の改良があるため、トルク能力の高い強化仕様とした。

また、軟弱地盤上での施工のため、乗り込み前に重機足場としての安定検討を行い、別途、固化材を用いたスラリー式による表層改良工事を実施し、1.0mの改良地盤を造成した。

## 4. 施工

### (1) 着底管理

本施工に先立ち、着底層の確認と着底管理基準を定める目的で、事前調査ボーリング位置と同位置にて試験施工を実施した。その際、深度 35m～40m 付近の高粘着力粘土層では電流値 180A 程度の高い値を示した。しかし、直下の砂質土層では、更に高い 200A 以上が確認されたことから、その深度を着底層と定めた。また、当現場では砂質土層への確実な着底を行うため、監督員との協議の上、着底層に対して 30cm 以上の根入れを行うことを着底管理基準として取り決めて本施工を実施した。

### (2) 施工サイクル

本工事は他の隣接工区と比較して工程が多少遅れていたため工期短縮を求められていた。しかし、本工法の作業手順において、当現場は大深度施工のためロッド継切り施工が必要となり、工事工程に大きな影響を与えると考えられた。そのため、九州地区における本工法での継切り施工が初めてであることを考慮して、熟練工を派遣して、入念な事前検討及び施工手順書を作成して、現場作業員との間で周知徹底を行い施工した。

### (3) 障害物施工

本現場の改良範囲の中で橋台背面直近部の数箇所にて**写真 3**に示す転石が深度 3m～6m に埋まっていることが施工時に判明した。バックホウにて事前の試掘を試みたが小礫から最大でφ 1.0m 程度の巨礫が複数混在していることが確認された。そこで、完全掘削除去を試みたが、重機足場が乱されてその復旧に時間とコストが発生すること、クラムなどでの掘削では大掛かりな土留め工が必要となることなどから工程的にも困難であると判断された。

そのため、一部の礫は地中に残したままでの障害物施工となった。しかし、本工法を用いたため、障害物層を貫入するのに多少の時間を費やしたものの、事前除去の効果もあって、貫入不能となることは 1 本もなく、所定の深度まで貫入することができた。また、攪拌翼の大規模修繕や交換が必要となるような損傷もなく無事施工することができた。

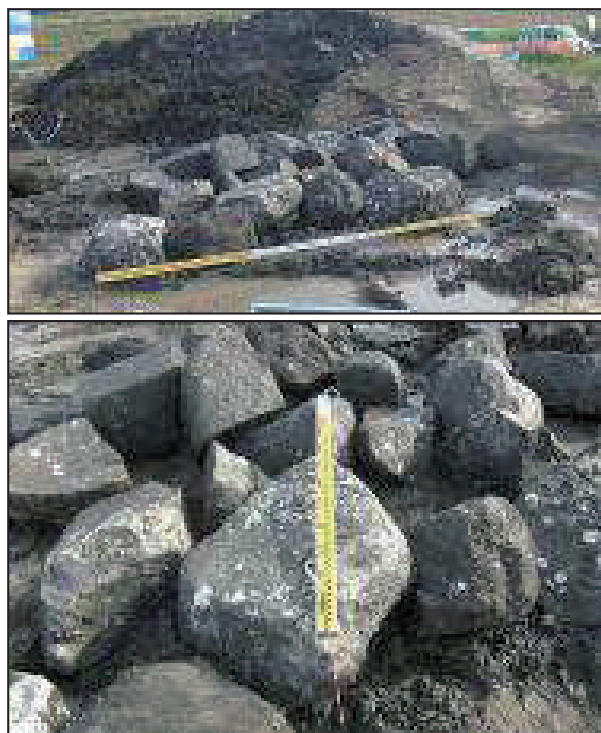


写真 3 地中障害物

#### (4) 高粘着力地盤に対する供回り防止策

事前調査より判明していた最下層部の高粘着力粘土層 (Ac2-2 下層 :  $c=90\text{kN/m}^2$ ) については、固化材スラリーとの攪拌混合精度にムラが生じて品質不良を起こす可能性があることが想定され、試験施工時に確認した際も供回り等による改良ムラが生じた。

そこで、当該工事では、攪拌混合時間を通常より多くするなどの品質向上対策を実施した。

### 5. 品質管理

#### (1) 採取コア

品質管理は、4カ所でオールコア採取を行った。代表的な杭 No1 (-35.9m~-40.9m) の採取コアを写真4に示す。採取時には改良体下端より余分に 1.0m の原土採取を行い、改良体の着底確認のために、その下層の N 値も計測して硬質性を確認した。

実線は改良部のコア、破線は着底層と判断した砂層である。改良部は良好なコアが確認され、その下層には硬質地盤が確認された。

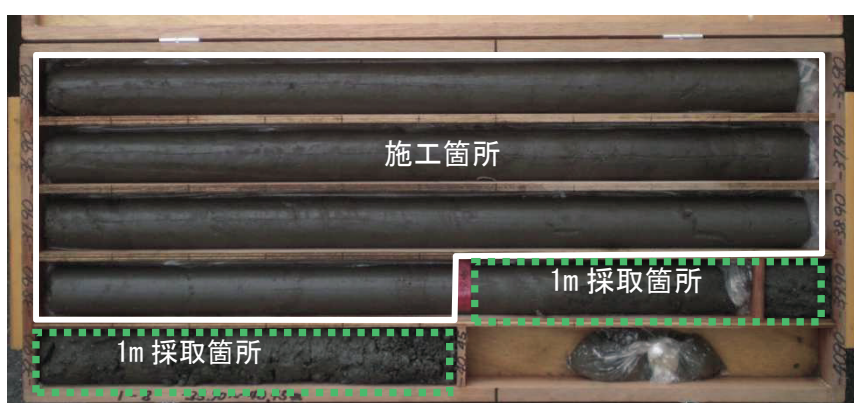


写真4 採取コア

#### (2) 強度試験結果

表3に4か所で実施した一軸圧縮試験結果を示す。図4に各層の一軸圧縮強さ結果と深度及びN値との関係図を示す。一軸圧縮試験はAs2、Ac2-1、Ac2-2（上・下）の計4層にて試験を行った。下層の高粘着粘性土層（Ac2-2 下）は他の層に比べ発現強度が小さい結果となった。ただし、事前の配合試験でも同様の傾向が確認されており、バラつきも少なく目標強度以上の良好な結果が得られた。

表3 一軸圧縮試験結果

(単位：kN/m<sup>2</sup>)

対象土	杭番 (No.)				平均値	目標強度
	1	42	73	101		
As2	2073	2074	1587	2416	2038	500
Ac2-1	2700	2634	2638	3563	2884	
Ac2-2 上	1795	2246	1888	2328	2064	
Ac2-2 下	970	1327	1196	1520	1253	

平均値：2060、最大値：3563、最小値：970

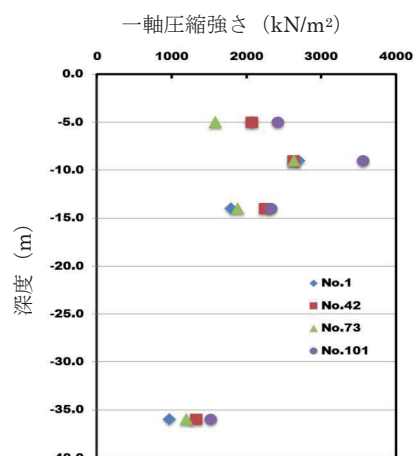


図4 各層の一軸圧縮試験結果

### (3) 出来形確認

当現場では、任意に指定された区画を掘削して、改良体の頭部を直接確認して出来形確認を実施した。改良体の出来形を写真5に示す。当現場には表層部に障害物（転石）があったものの、杭位置、改良径ともに設計値を満足する良好な出来形が確認できた。



写真5 出来形写真

## 6. おわりに

今回の施工は、改良径φ2.0m、最大打設長41.9mで継切り後の打設長も長く、かつ予想されていなかった障害物が点在した。しかし、本工法の特徴を生かし、施工方法の工夫改善を行うことで、大口径、大深度、高粘着力粘土層の地盤でも施工可能であることが確認された。今後は、更なる大深度、大口径施工のニーズも増えてきており、様々な条件での地盤改良の施工事例として参考になると考える。

### 【参考資料】

- 1) エポコラム-Loto 研究会：平成28年8月 設計・施工マニュアル エポコラム工法—Loto工法、Taf工法、Pls工法—
- 2) 土木研究所：橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討（その2）、2010年6月土木研究所資料第4174号、p.45