

D滑走路における埋立部地盤改良工

護岸・埋立Ⅰ工区 堀内 大廉

護岸・埋立Ⅱ工区 相川 秀一

護岸・埋立Ⅲ工区 椋林浩一郎

護岸・埋立Ⅳ工区 伊藤 嘉邦

キーワード：地盤改良、SCP工法、SD工法、品質管理

1. はじめに

羽田D滑走路建設工事の空港島埋立部は、軟弱地盤上に最大45m程度の高盛土を実施し、圧密沈下量は最大8mにも及ぶ。工期の制約から急速に盛土する必要があるため、傾斜堤護岸直下には低置換のサンドコンパクションパイル（SCP）工法、島内部の中仕切堤直下他にはサンドドレーン（SD）工法を採用した。設計段階で、SCP工法の改良範囲を捨石マウンド（捨石1）の施工が原地盤の初期強度で施工可能となるよう決定した。また、SD工法の改良ピッチをA.P.-35m付近まで堆積する上部有楽町層を対象に4ヶ月間の放置期間で圧密度80%程度が期待できるよう決定した。

埋立部のSCP工およびSD工は、平成19年4月のSCP船入域に始まり平成20年3月のSD船の出域までの期間で、全ての改良杭の打設を完了した。ここに、当工事における両工法の施工実績および品質管理について報告する。

2. サンドコンパクションパイル工

2-1 施工概要

空港島埋立部の外周護岸部では、工期と経済性を考慮し、環境等にも優しい緩傾斜護岸を採用している。緩傾斜護岸下の軟弱な粘性土層は、護岸背面埋立に対するせん断抵抗の増加やドレーン効果による地盤強度促進を目的として、サンドコンパクションパイル工法（以下、SCP工）による改良（直径2mの砂杭を海底地盤中に打設）を行った。

SCP工は、施工の効率性や経済性を考慮して改良率30%（堤体法尻部の一部は60%）で設計した。また施工は、平成19年4月に着手し、平成19年12月に完了した。SCP工を担うSCP船の稼働隻数は最大で13隻/日（連絡誘導路部の改良に1隻/日であるため、D滑走路工事全体としては14隻/日）、SCP船への砂供給船であるガット船の搬入隻数は約50隻/日であった。

2-1-1 施工平面図・断面図および数量

SCP工の施工断面図を図2-1-1に、施工平面図を図2-1-2に示す。

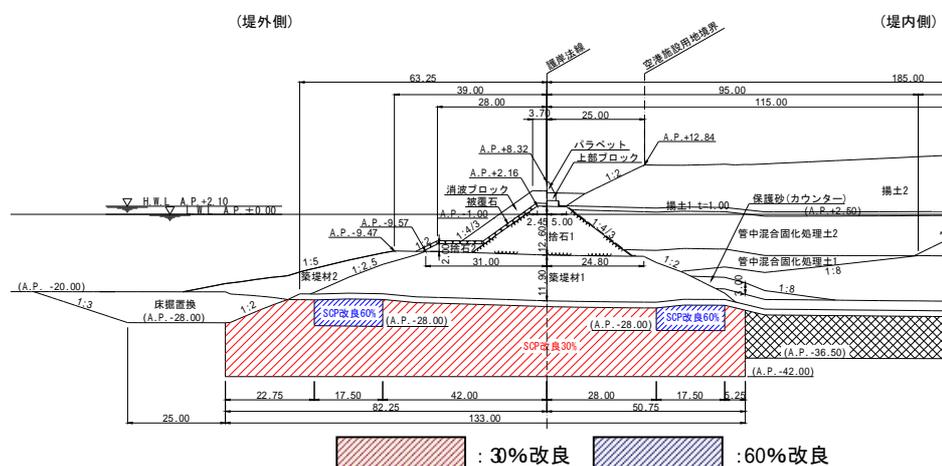


図 2-1-1 SCP工施工断面図

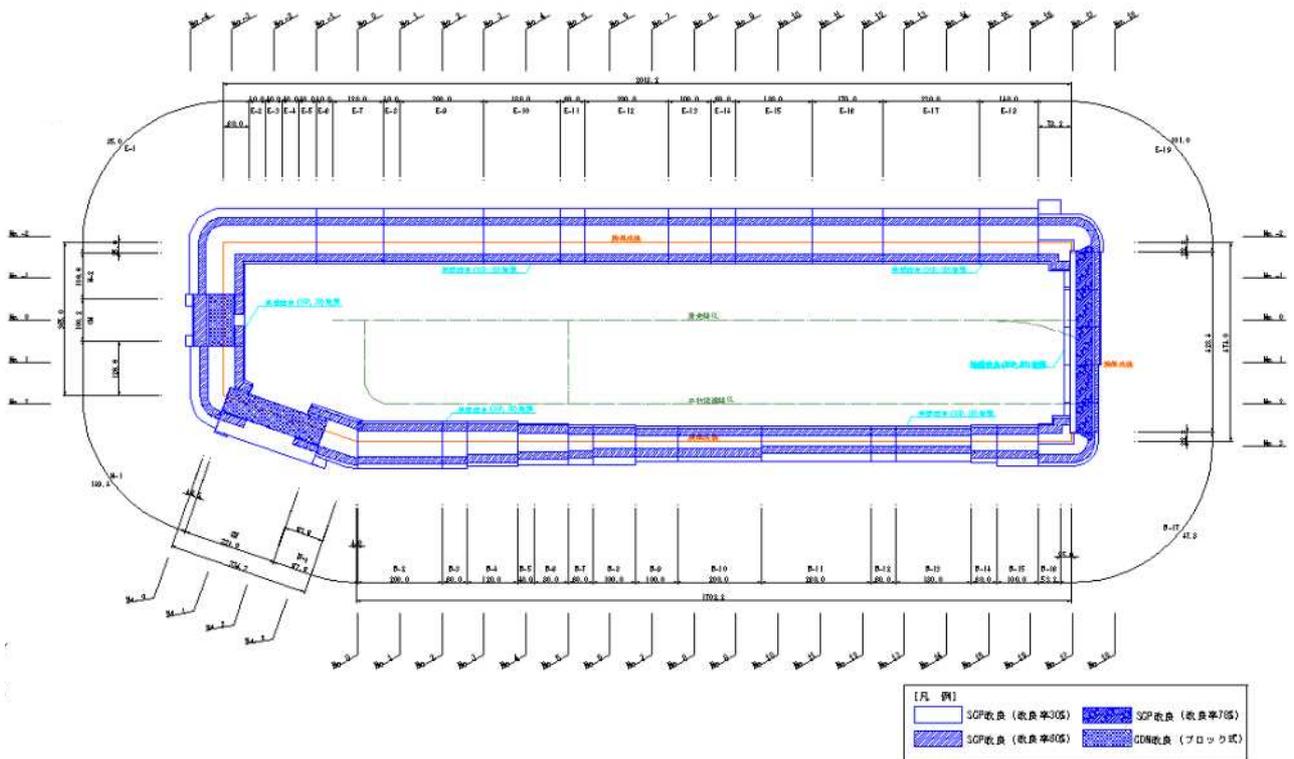


図 2-1-2 SCP工施工平面図

SCP工の進捗に伴い、砂杭造成によって海底面上に盛上がる原地盤盛上土(SCP工完了後撤去)が、計画数量を上回ることが判明した。このため、盛上土撤去数量削減を目的として、施工進捗に応じ施工可能な範囲については盛上土のSCP追加改良を実施した。図 2-1-3に盛上土改良断面図、図 2-1-4に盛上土改良平面図を、表 2-1-1に全体計画及び施工数量を示す。

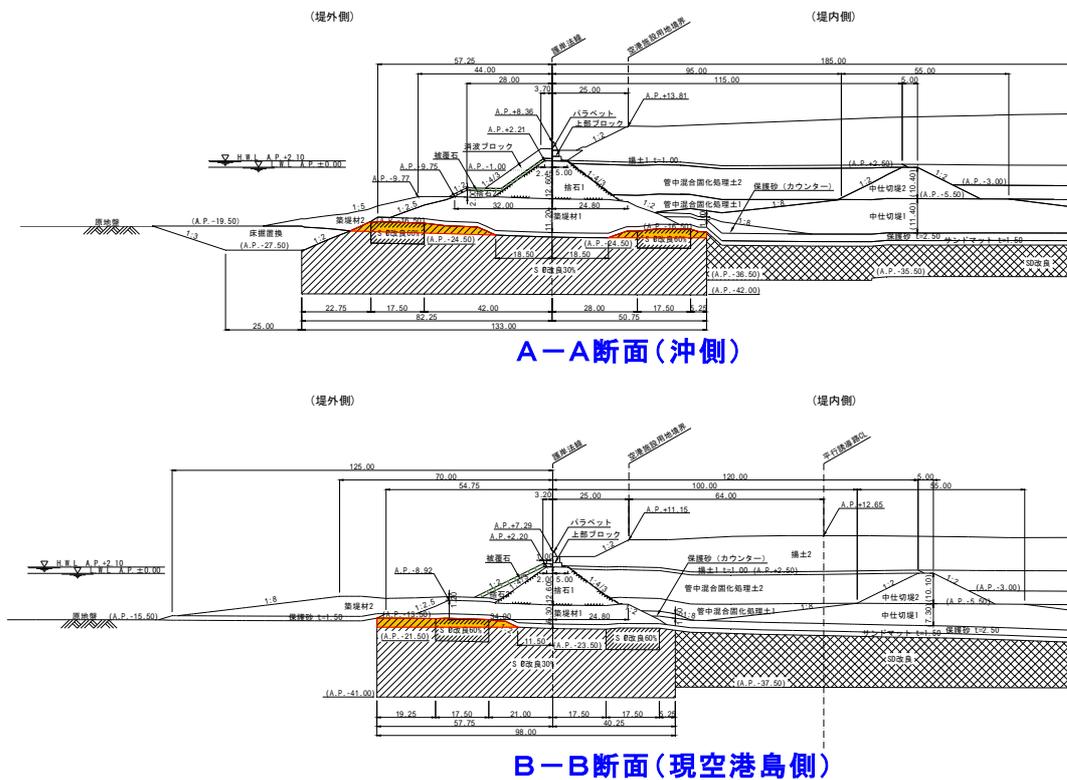


図 2-1-3 盛上土改良断面図

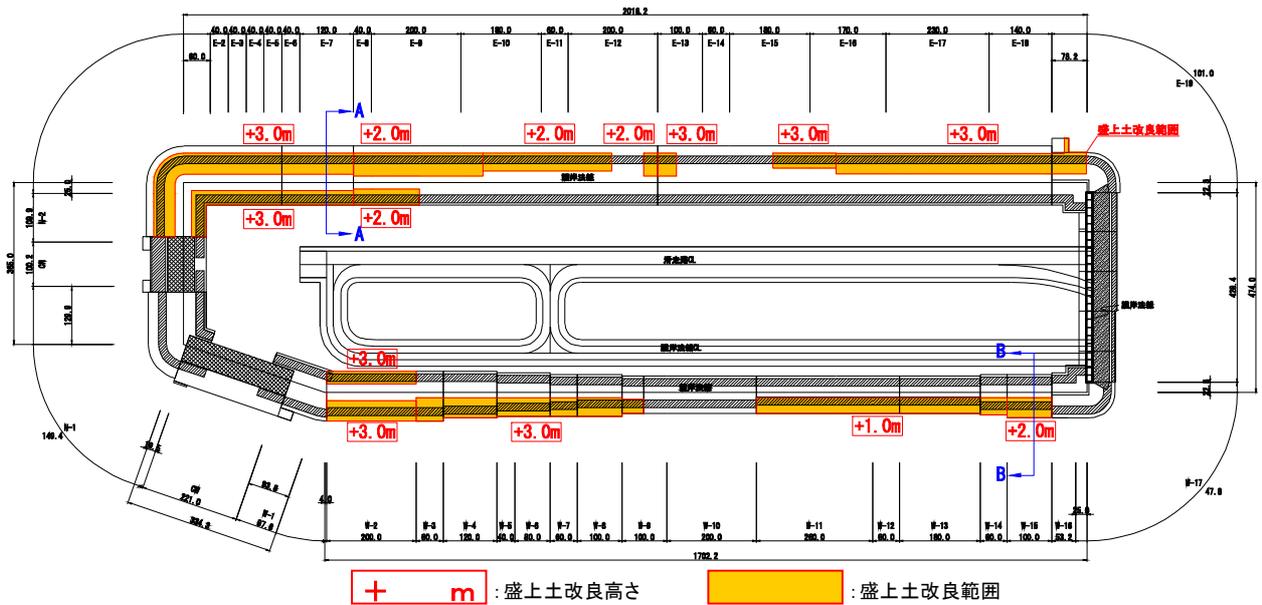


図 2-1-4 盛上土改良平面図

表 2-1-1 SCP工全体計画及び施工数量

区分		単位	全数量	全工区	埋立Ⅰ工区	埋立Ⅱ工区	埋立Ⅲ工区	埋立Ⅳ工区	接続部工区
打設長	昼夜区間	m	1,320,239	737,964	366,664	282,496	86,366	-	-
	夜間区間	m	1,360,633	589,443	-	-	14,863	32,613	116,193
				600,373		150,581	3,359	116,193	

※黒数字:計画数量 橙数字:施工数量(盛上土追加改良含む)

2-1-2 SCPの基本配列と施工帯

SCPの施工は、30%改良(砂杭直径 2000mm)の配置が必要なため、SCP船のケーシングピッチ6.0mを考慮して基本配列を3.0m×3.5mの長方形配置とした。また、SCP船のケーシングが3連装であることを考慮して図2-1-5に示す施工帯での施工を計画した。施工帯は、基本的には護岸法線直角方向に、埋立側から海側の方向へ施工を行った。

$$\text{改良率} = (1.0\text{m} \times 1.0\text{m}) \div (3.0\text{m} \times 3.5\text{m}) \times 100 = 30\%$$

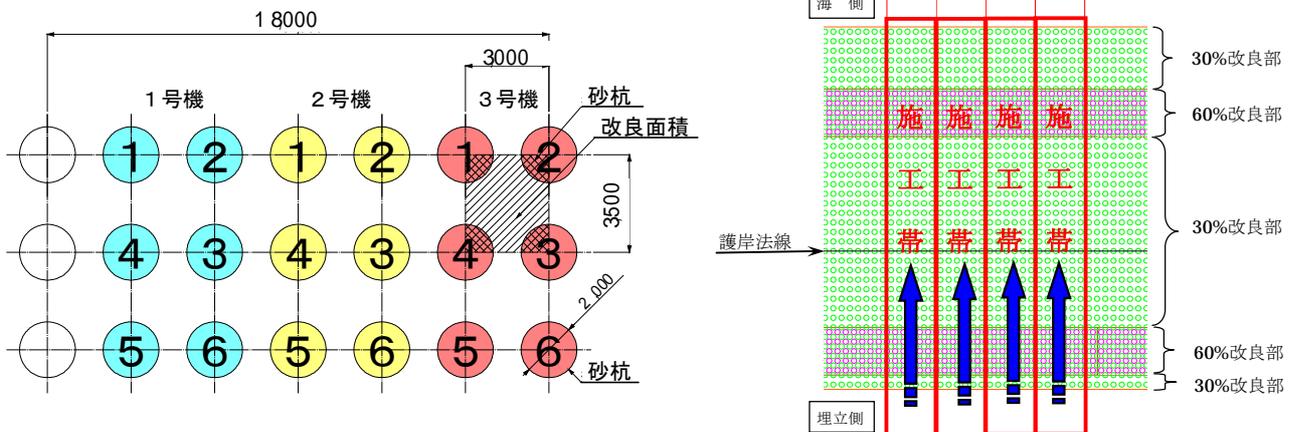


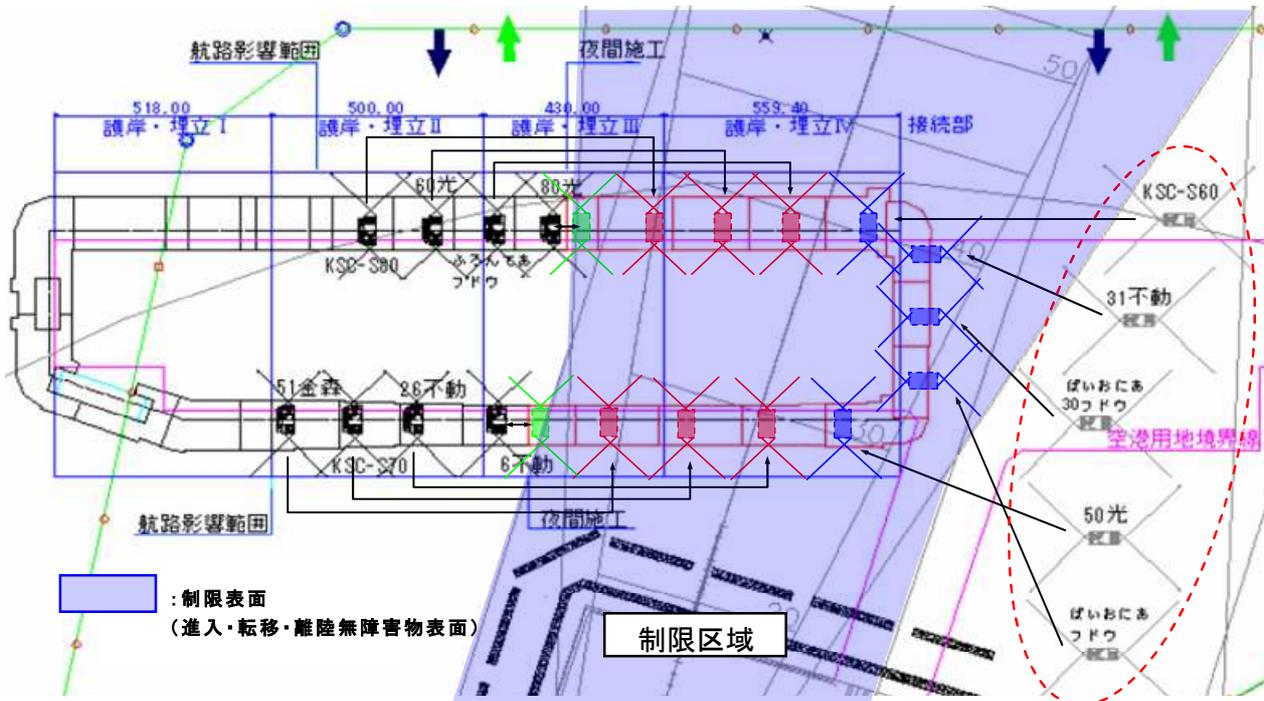
図 2-1-5 SCPの基本配列と施工帯

2-1-3 施工の特徴

(1) 制限表面下での施工

羽田D滑走路建設工事の最大の特徴は、供用中の空港に近接した施工であり、特に制限表面（進入・転移・離陸無障害物表面）下に位置する施工区域（以下、制限区域）を有することにある。

制限表面に抵触するSCP船は、図 2-1-6 に示すように昼間に制限区域外で作業（一部は待機）を行い、制限が解除される夜間（20:45～7:45）に制限区域内に移動して作業をおこなった。最盛期には 13 隻のSCP船が毎日夜間移動しながら施工を進めた。



	総作業隻数		(良航無)	(良航有)	
昼間 (制限区域外)	8隻 5隻待機	作業	← 黒に移動	← 黒に移動	待機
夜間 (制限区域内)	13隻	緑、赤に移動→	作業	作業	作業↓

図 2-1-6 制限表面範囲とSCP昼夜作業状況図

(2) 作業船高さ管理システム及び投錨管理システム

全てのSCP船がRTK-GPSによる作業船高さ管理システムを採用、搭載して施工を進めた。制限区域下での作業となることから、各船の位置情報を全て航空安全情報管理室にて常時モニターし、制限表面への抵触がないか等を確認している。写真 2-1-1 に示すモニター画面左上が現空港島を、赤線が制限表面を、写真中の丸印(白、黄緑、青他)が各作業船の現在位置を示している。



写真 2-1-1 作業船の位置情報モニター画面



写真 2-1-2 作業船、アンカーブイ等が輻輳する海域

また、写真 2-1-2 に示す隣接船がアンカーワイヤーをクロスさせて施工せざるを得ないほど海域に余地がない中、より安全にかつ効率良くアンカー作業を行うため、自船を含め他船のアンカー位置も把握できる全船統一の図 2-1-7 に示す投錨管理システム¹⁾（東亜建設工業株式会社 特許出願中）を採用した。当システムは、GPSとパソコンを装備した自船及び揚錨船が無線LANにより接続され、揚錨船の誘導や投錨結果の転送がなされ、またアンカー位置やアンカーワイヤーのクロス状況をモニター画面により直接確認出来るようになっている。写真 2-1-3 に示すモニター画面中央の白四角が作業船を、白線およびその端部がアンカー及びアンカーワイヤーを示している。

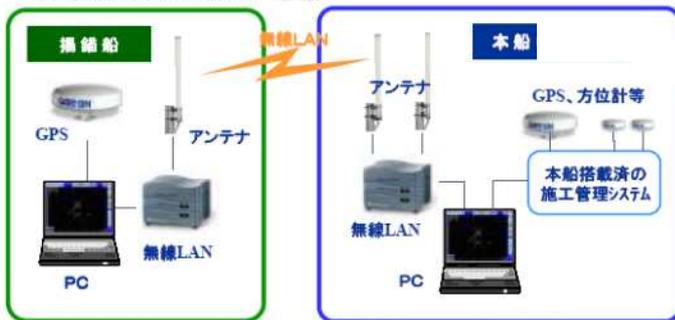


写真 2-1-3 投錨管理システムのモニター画面

無線LAN中継設備

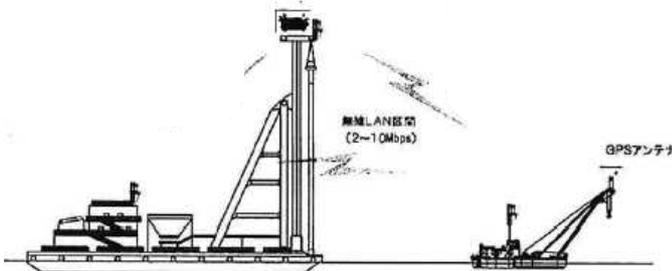


図 2-1-7 投錨管理システム構成図

2-1-4 施工方法

(1) 施工手順

SCP工の施工フロー（打設フロー）を図 2-1-8 に示す。位置決めシステムにより所定の位置に誘導後、ケーシングパイプ(1200mm)を打ち込み、引抜きと打戻しを繰り返す、砂杭(2000mm)を造成する。

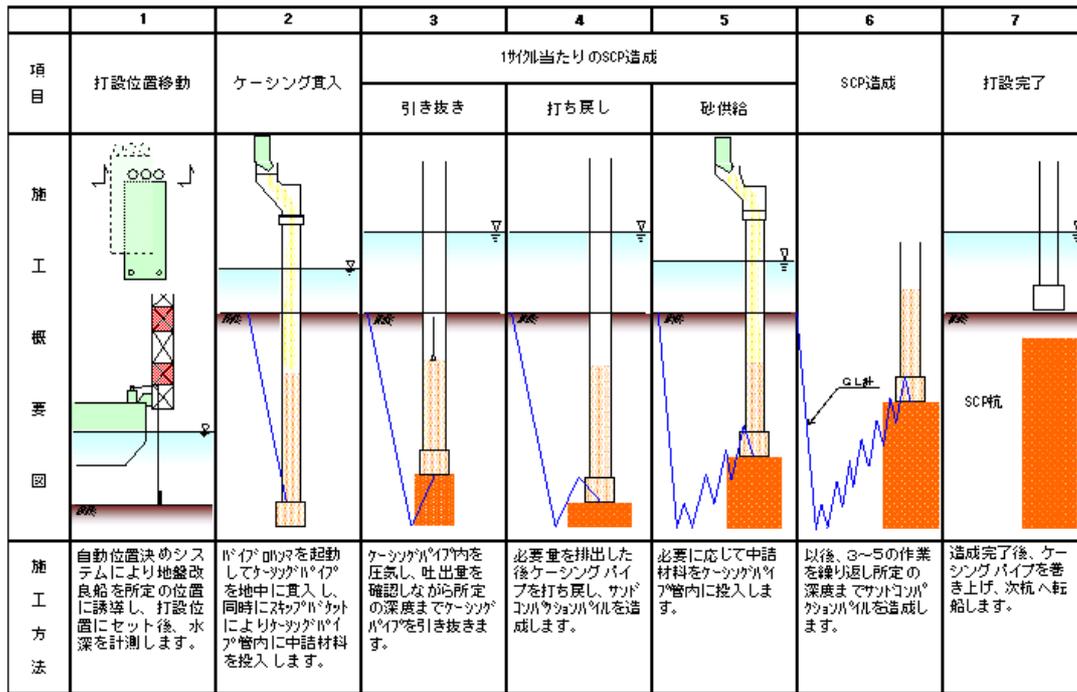
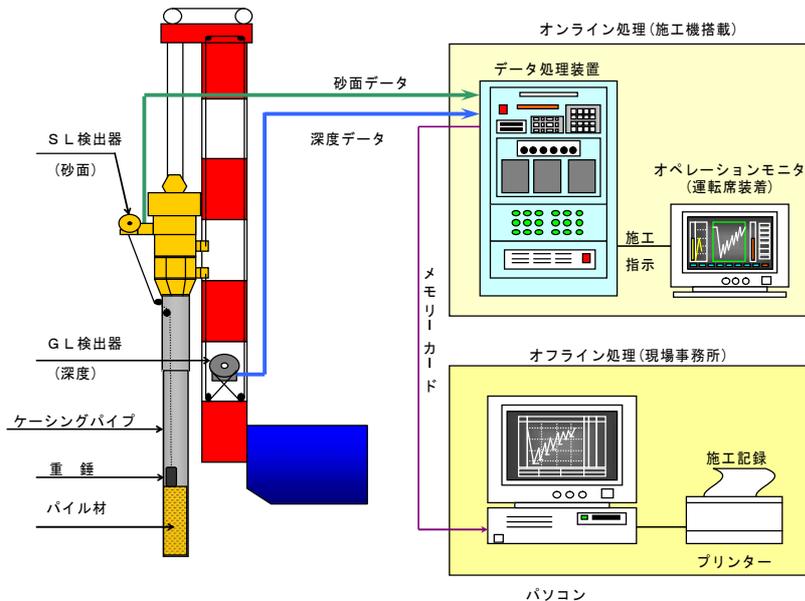


図 2-1-8 施工フロー

(2) 打設管理システム

SCP工法は、仕上がり状態を直接確認出来ないため、ケーシング深度及び中詰材量を連続的に記録する管理計器を用いた施工管理が主体となる。記録は、ケーシングパイプの先端軌跡を表す「GL計」記録とケーシングパイプ内の砂排出長を表す「SL計」記録からなり、両記録から打設深度、改良砂杭の仕上がり長を把握しながらの施工となる。図 2-1-9 に重錘式の打設管理システムを示す。



2-1-5 使用船舶

本工事に使用したSCP船一覧を表 2-1-2 に示す。ケーシングは3連装、最大打設深度はA.P.-44m以上（設計最大深度 A.P.-44m）、ケーシング間隔は6mに統一している。写真 2-1-4 に、当工事にて活躍したSCP船の一部を示す。

表 2-1-2 SCP船一覧

船名	船体主要寸法				最大高 AP(m)	最大打設 深度(m)	砂箱 設置箇所
	長(m)	幅(m)	深(m)	吃水(m)			
ふろんてあぷドウ丸	60.0	25.6	4.4	2.1	67.2	-45.0	右舷
ばいおにあ第30ぷドウ丸	70.0	30.0	4.6	2.3	79.8	-49.0	両舷
ばいおにあぷドウ丸	60.0	26.0	4.1	2.1	66.6	-45.0	両舷
第6不動号	67.0	27.0	4.5	2.4	68.3	-44.0	両舷
第26不動号	70.0	30.0	5.0	2.9	70.0	-47.0	両舷
第31不動号	61.0	26.0	4.5	2.3	80.3	-49.0	両舷
KSC-SUPER60	60.0	26.0	4.0	2.3	67.1	-48.0	右舷
KSC-SUPER70	70.0	30.0	4.5	2.3	77.1	-50.0	右舷
KSC-SUPER80	70.0	30.0	4.5	2.3	76.3	-50.0	右舷
第50光号	61.0	27.0	4.0	2.1	69.5	-47.0	両舷
第60光号	61.0	27.0	4.5	2.5	69.3	-46.0	両舷
第80光号	66.0	27.0	4.5	2.4	64.4	-44.0	両舷
第51金森丸	60.0	26.0	4.1	2.1	67.1	-46.0	右舷



第26不動号



KSC-S80



第60光号



第51金森丸

写真 2-1-4 SCP船

2-2 実施工程

SCP工着手当初、4月中旬から下旬に掛けて順次8隻のSCP船を入域させ施工を開始した。山砂搬入の遅れ等から5月末時点で計画に対し2ヶ月近い遅れが生じたが、6月に入って山砂搬入が軌道に乗ったことから、残り5隻のSCP船を入域させ13隻体制での施工を開始した。9月以降は、昼夜連続施工をおこなうSCP船が増えたこともあり月間打設長が伸び（月最大打設長約28.5万m）、当初の遅れを取り戻し、12月中旬に施工を完了した。

表 2-2-1 に工程表（計画・実績）、図 2-2-1 に全体進捗図を示す。

表 2-2-1 SCP工 工程表（計画・実績）

年 月	平成19年										平成20年
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	
累計施工月数	1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月	4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	
SCP-計画	[Blue hatched bar chart showing planned progress from April to September]										
SCP-実績	[Red hatched bar chart showing actual progress from April to December]										

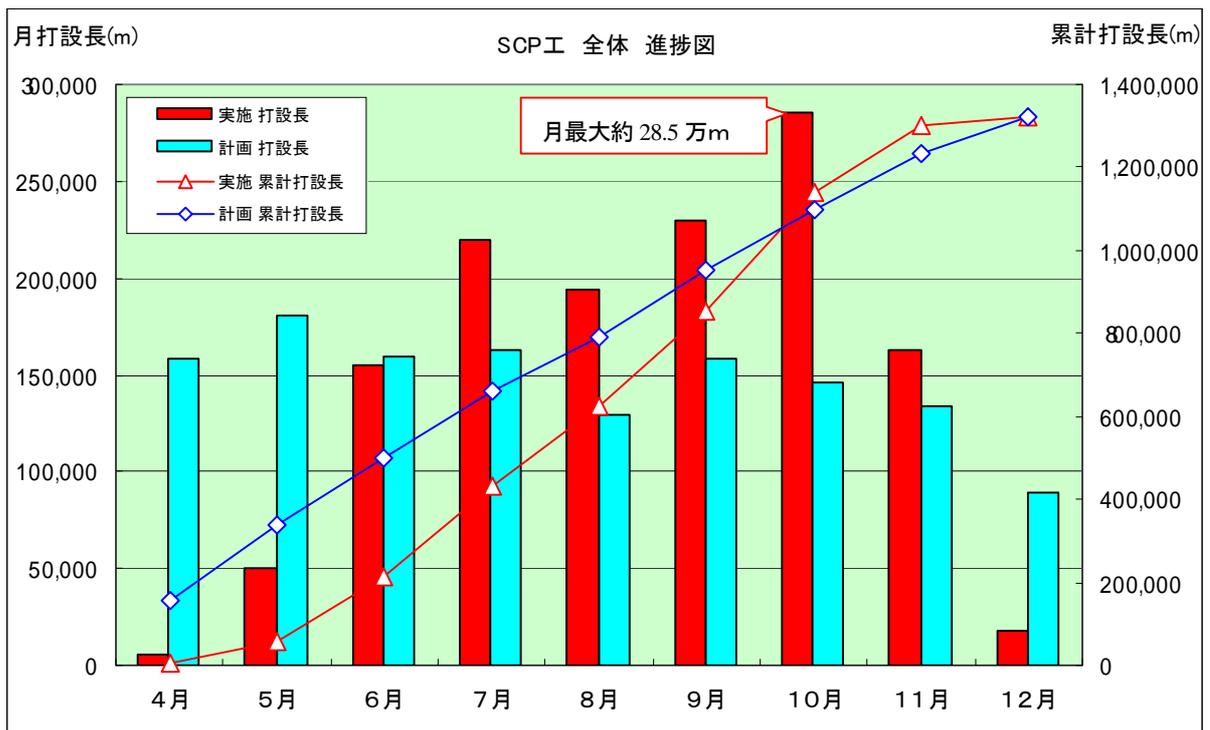


図 2-2-1 SCP工全体進捗図

2-3 使用材料

2-3-1 材料および仕様

SCPに使用した砂の材料仕様を表 2-3-1 に、定期品質管理における試験結果例を図 2-3-1 示す。

表 2-3-1 SCPに使用した砂の材料仕様

使用材料	品質規格	
山 砂	シルト分以下含有率	粒度分布 港湾工事共通仕様書に示された範囲 (図 2-3-1 に示す青点線範囲)
	F c 10%	

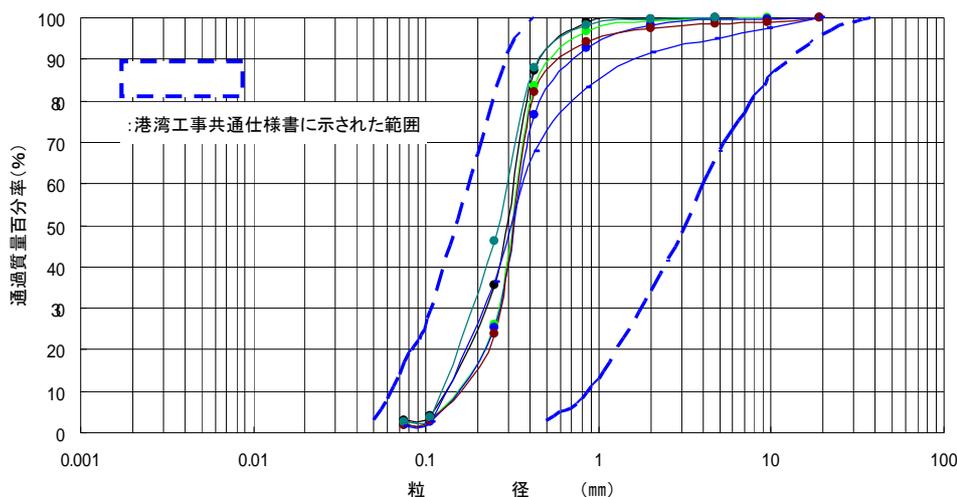


図 2-3-1 SCPに使用した砂の定期品質管理試験結果例 (護岸・埋立Ⅱ工区)

2-3-2 産地及び供給経路

一部を除き、主として千葉県産の山砂を使用した。

山砂の運搬は、図 2-3-2 に示す木更津地区袖ヶ浦地区からガット船にて運搬した。千葉県産の山砂については、木更津市、君津市、富津市、袖ヶ浦市、市原市に所在する土源より調達し、ダンプトラックにて木更津港または袖ヶ浦港に運搬した。ダンプトラックにより、1日当たり最大で約5万 m³の山砂を運搬した。

千葉県産の山砂以外には、東京湾外産の海砂(浚渫砂)等を使用した。

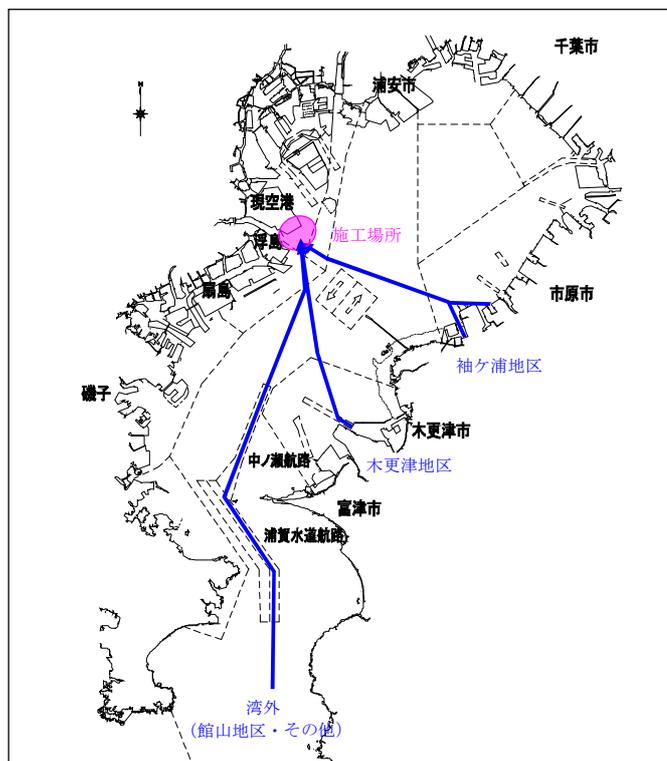


図 2-3-2 山砂の海上運搬経路図

2-4 チェックボーリング

2-4-1 チェックボーリング位置及び数量

砂杭造成後、砂杭の品質及び砂杭間粘土の乱れ確認を目的としてチェックボーリング（SCP打設本数1000本に1本）を行った。SCP改良範囲にて実施したチェックボーリング位置を図2-4-1に示す。また、表2-4-1に実施数量を示す。チェックボーリングでは、全70箇所内のSCP杭芯の標準貫入試験を68箇所、SCP杭間粘土は電気式静的コーン貫入試験（以下、CPT）により2箇所実施した。

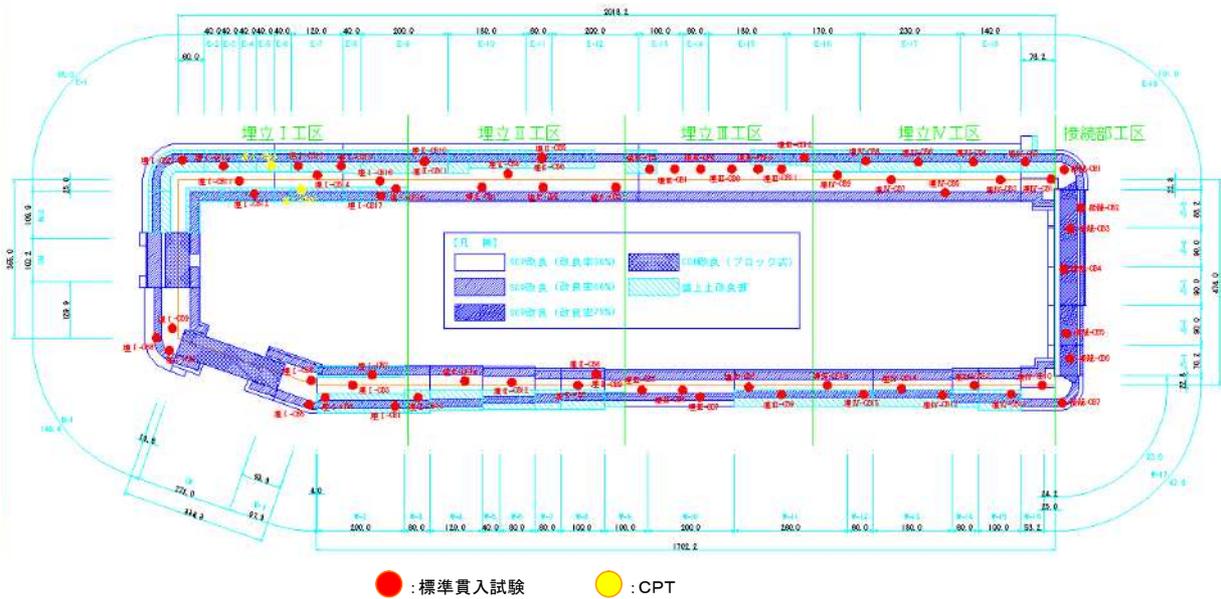


図 2-4-1 チェックボーリング位置図

表 2-4-1 チェックボーリング数量一覧

試験の種類	試験の対象	単位	全数量	全工区	埋立 I 工区	埋立 II 工区	埋立 III 工区	埋立 IV 工区	接続部工区
標準貫入試験	SCP杭芯	箇所	70	68	19	14	12	16	7
CPT	SCP杭間粘土	箇所		2	2	-	-	-	-

2-4-2 実施工程

チェックボーリングの実施工程を、表2-4-2に示す。実施期間は、2007年8月～2008年1月の6ヶ月間で、SCP船の施工展開に合わせ、順次実施した。

表 2-4-2 チェックボーリング実施工程表

年 月	平成19年										平成20年	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
累計施工月数	1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月	4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月		
SCP工—実績	[実績期間]											
チェックボーリング 実施工程	埋立 I 工区											
	埋立 II 工区											
	埋立 III 工区											
	埋立 IV 工区											
	接続部工区											

: 標準貫入試験
 : CPT

2-4-3 調査内容

(3) 調査方法

砂杭造成後のチェックボーリング調査の目的は、以下のとおりである。

- ・ 砂杭強度(N値)及び砂杭連続性の確認
- ・ 砂杭間粘土の強度確認(砂杭打設に伴う乱れ確認)

ボーリングは、SEP台船、若しくはボーリング檣(図 2-4-2)を調査箇所に設置し、それを足場として実施した。調査頻度は、SCP杭 1,000 本当たり 1 箇所の割合で、改良船の施工展開に合わせ実施した。

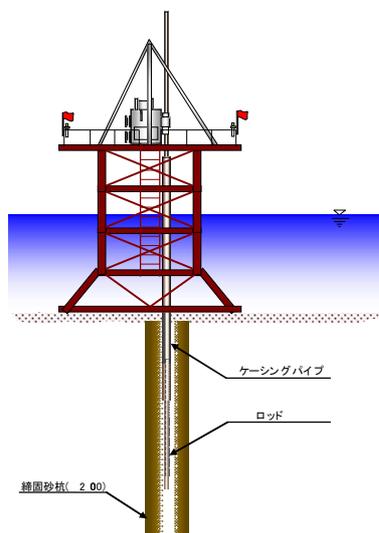


図 2-4-2 チェックボーリング実施状況(ボーリング檣方式)

(4) 調査結果

SCP杭芯の標準貫入試験結果を図 2-4-3 に、SCP杭間粘土のCPT結果を図 2-4-4 に示す。標準貫入試験結果については、埋立部全調査結果のN値(杭芯)を、深度分布および各SCP仕様毎のヒストグラムに取りまとめたものである。CPT結果については、非排水せん断強さの深度分布を設計値及び初期地盤強度(近傍の事前試験結果)と比較したものである。

(5) 結果の評価

① SCP杭芯の標準貫入試験結果については、以下に結果及び考察のまとめを示す。

- ・ 深度が大きく(有効上載荷重が大きく)なるに従い杭芯N値が大きくなる傾向を示している。
- ・ 60%改良部は、土被りの浅い表層部のみの改良(下端深度:A.P.-28m)であるため、30%改良部に比べN=30を越える分布が少ないと考えられる。
- ・ 通常改良部、盛上改良部を含めた全調査箇所において、砂杭1本当たりの平均N値 10以上(SCP砂杭の品質管理基準)となっており、外周護岸全域において砂杭の健全性(砂杭のせん断強度: $\phi = 30^\circ$)が確認された。

② SCP杭間粘土のCPT結果については、以下に結果及び考察のまとめを示す。

- ・ A.P.-30m~A.P.-35mの①-G2層については、原地盤初期強度よりも小さな値となっており、SCP砂杭打設により杭間粘土は乱され、一旦は強度低下したと考えられる。
- ・ B-19(改良40日後実施)よりも、B-20(改良78日後実施)の方が強度が大きくなる傾向が見受けられことから、強度は回復途中であることが考えられる。
- ・ A.P.-30m以浅については施工後約1ヶ月で原地盤初期強度まで回復していると評価できる。

- ・盛上改良部と通常改良部での強度変化点は確認できないことから、盛上改良部も通常改良部同様に評価できる。

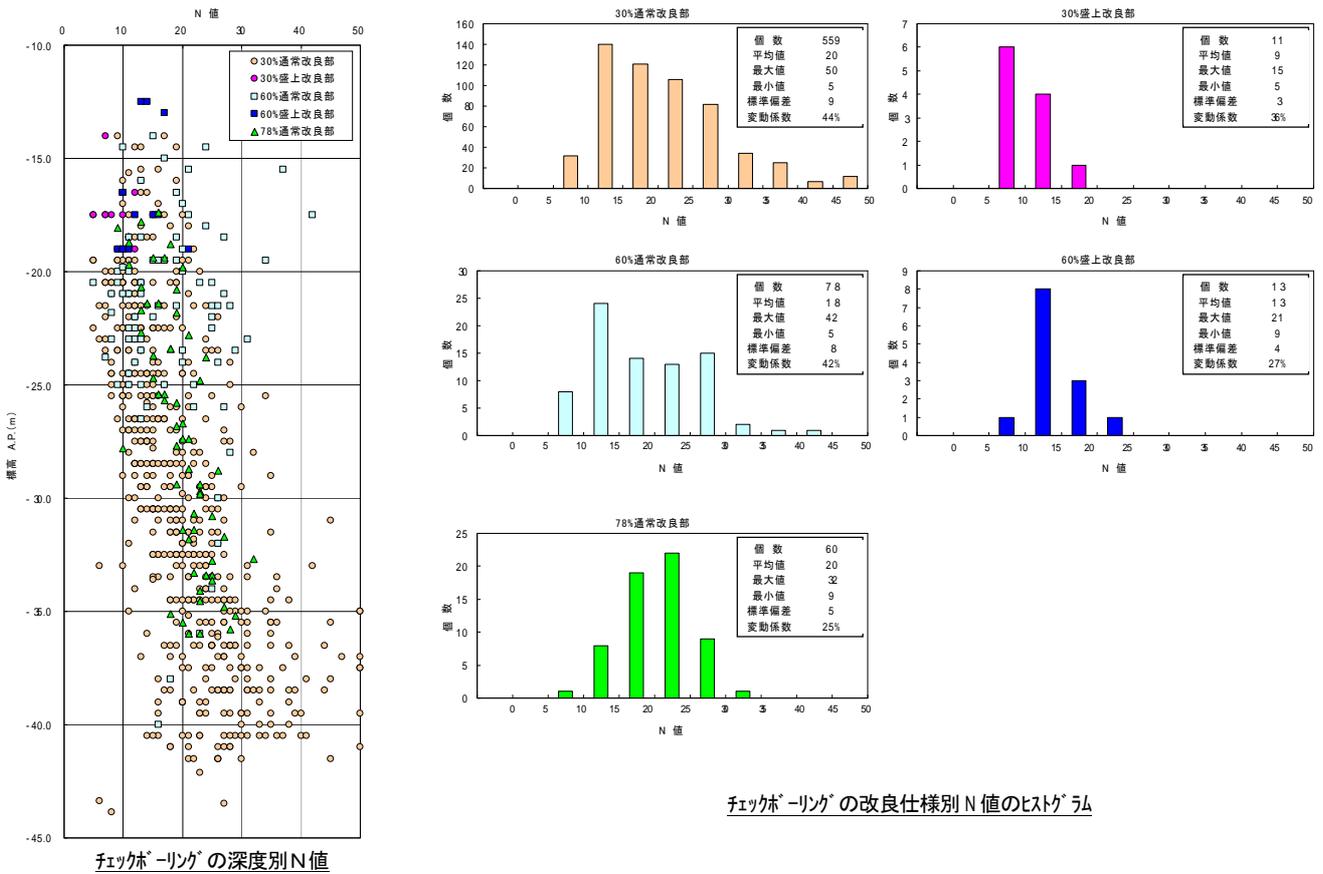


図 2-4-3 SCP杭芯の標準貫入試験結果

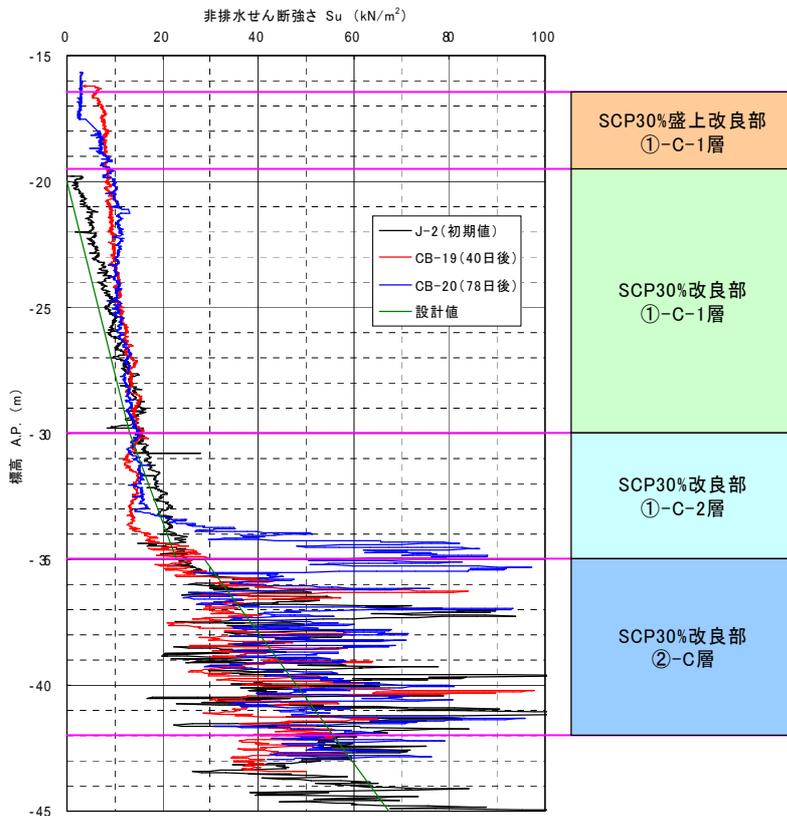


図 2-4-4 SCP杭間粘土のCPT結果

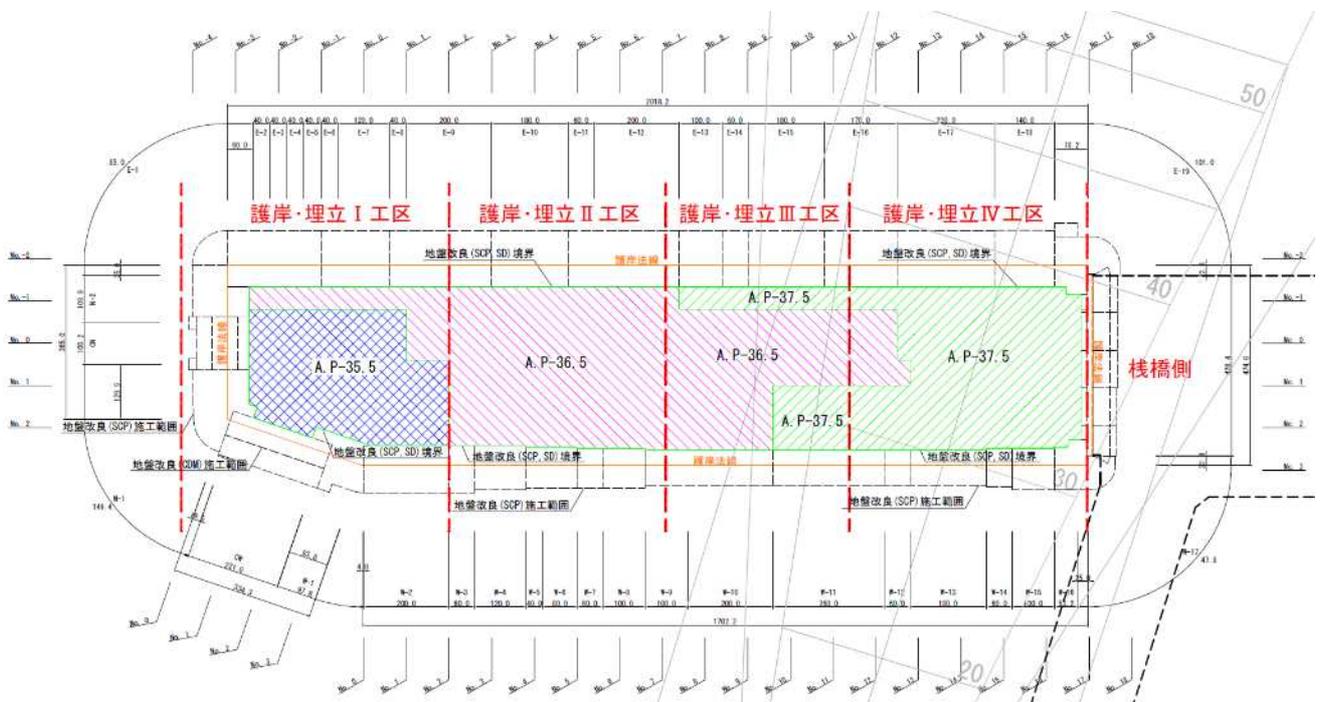
3. サンドドレーン工

3-1 施工概要

サンドドレーン工（SD）は、空港等護岸内部の埋立区域において、上部有楽町層に 400mm の砂杭を造成するものである。ドレーン材には透水性のよい砂（細粒分含有率(Fc) 5%以下）を使用し、その後施工される保護砂・中仕切堤1等の载荷重によって、沖積粘土層内に含まれる間隙水の排水を促進させ、圧密による地盤の強度増加を図る。そのためSDでは所定の深度まで砂切れや先細りのない連続した砂杭を造成することが必要であり、SL計やGL計のオシログラフにより打設杭の全数のチェック及び判定を行った。

3-1-1 施工平面図・断面図および数量

SD工の施工平面図を図3-1-1に、SD工施工断面図を図3-1-2に示す。また、SD工の工区別数量を表3-1-1に示す。



図中のA.P表示はSD下端深度を表す。

図 3-1-1 SD工施工平面図

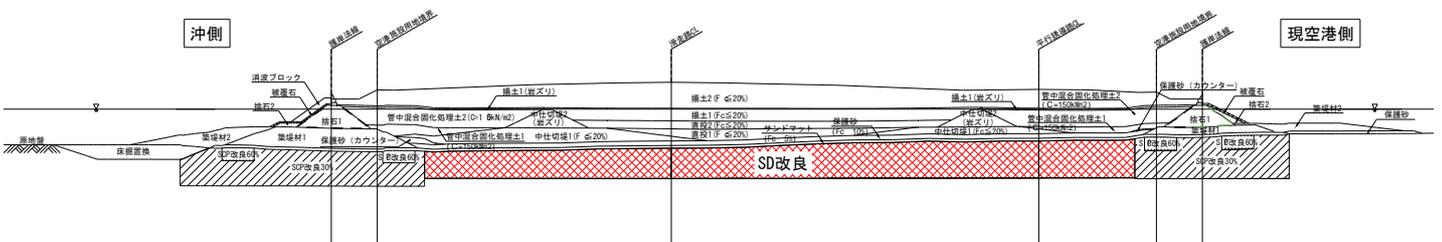


図 3-1-2 SD工施工断面図

表 3-1-1 S D工数量表

工種	仕様等	単位	全数量	全工区	埋立Ⅰ工区	埋立Ⅱ工区	埋立Ⅲ工区	埋立Ⅳ工区
改良延長	昼区間	400×19.7m(平均)	390,822	2,162,897	77,383	970,169	41,889	0
	夜区間	400×23.4m(平均)		1,745,325	0	0	564,594	1,180,731
改良本数	昼区間	400×19.7m(平均)	18,346	10,842	42,514	47,525	1,835	0
	夜区間	400×23.4m(平均)		75,422	0	0	2,327	52,147
砂杭材料	昼区間	Fc≤5%、割増1.35	66,301	36,927	13,278	164,585	71,064	0
	夜区間			296,087	0	0	95,781	200,306

3-1-2 S Dの基本配列と施工帯

S D工の施工は4m²当り1本(400mm)の配置が必要なため、S D船のケーシングピッチ2.5mを考慮して基本配列を2.5m×1.6m(=4.0m²)の長方形配置とした。またS D船のケーシングが12連装であることを考慮して2.5m×12本/set=30mを基本とする施工帯で計画を行った。施工帯は基本的に長手方向である滑走路法線方向に対して平行に配置した。S D杭の基本配列と施工帯を図3-1-3に示す。

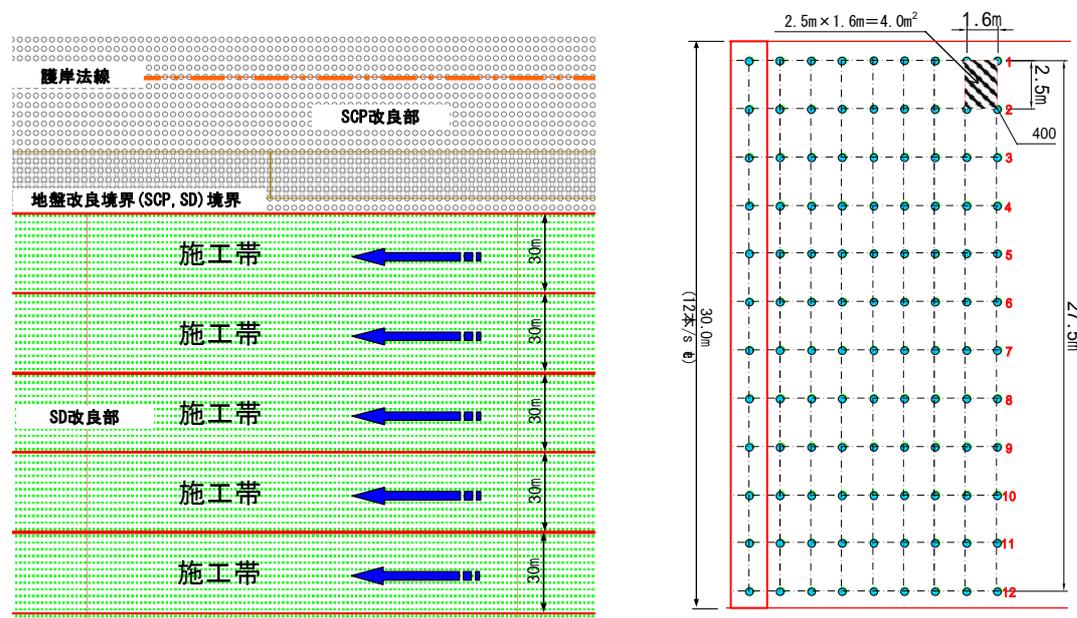


図 3-1-3 S Dの基本配列と施工帯

3-1-3 施工の特徴

(6) 制限表面下での施工

S D工を実施する上での最大の制約は、制限表面による施工時間である。図3-1-4のハッチング部分の制限表面(進入・転移・離陸無障害物表面)下に位置する施工区域(制限区域)では、制限高さを超える(作業船の高さT.P+70.5mに対して約T.P+35mの制限)作業船の施工時間帯が20:45~7:45(8:15)に設定されており、この時間帯しか作業ができない。

S D船は図3-1-4に示すように昼間に制限区域外で作業(一部は待機)を行い、夜間に制限区域に移動して昼夜間作業を行なった。昼夜間施工状況を写真3-1-1に示す。最盛期には、作業船間のアンカーリングを考慮して最大3隻のS D船で施工を進めた。

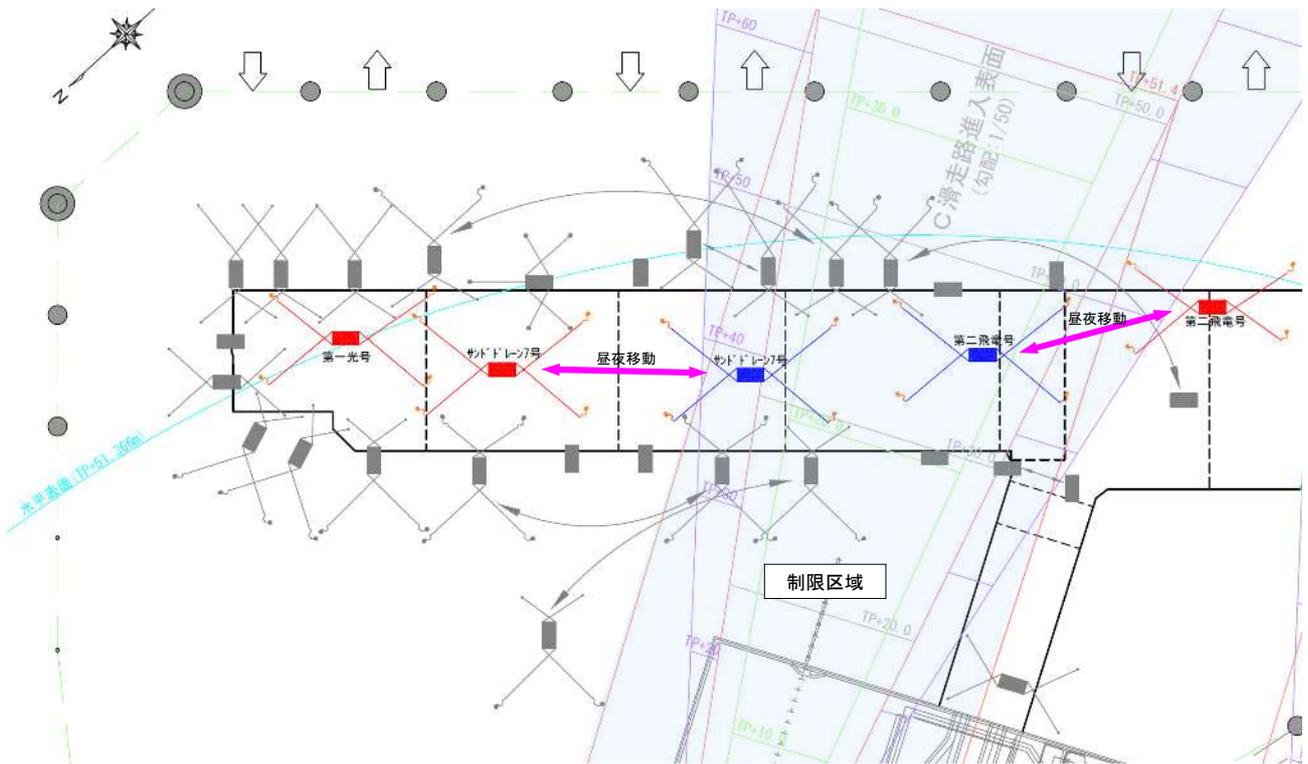


図 3-1-4 航空制限範囲と SD 昼夜作業状況図



写真 3-1-1 SD 昼夜作業状況写真

(7) 位置決めおよび投錨システム

全てのSD船がSCP船同様にRTK-GPS位置決めシステムおよび高さ管理システムを採用している。また、自船のアンカー位置および他船のアンカー位置も把握できる投錨管理システムも全船で採用した。

3-1-4 施工方法

(1) 施工手順

SD工の施工フローを図3-1-5に示す。SD工の施工は、次のような順序で行われる。まず、位置決めシステム（写真3-1-2左側）により所定の位置に誘導し、次に12連装のケーシングパイプを貫入する。砂投入後ケーシングパイプを引き抜き、砂杭（400mm）を造成する。ケーシングの先端高および砂杭造成天端高の管理はオシログラフ（写真3-1-2中央）を用いて管理する。また、全体の造成状況の把握および砂の投入量の管理は打設管理集中モニター（写真3-1-2右側）で管理する。

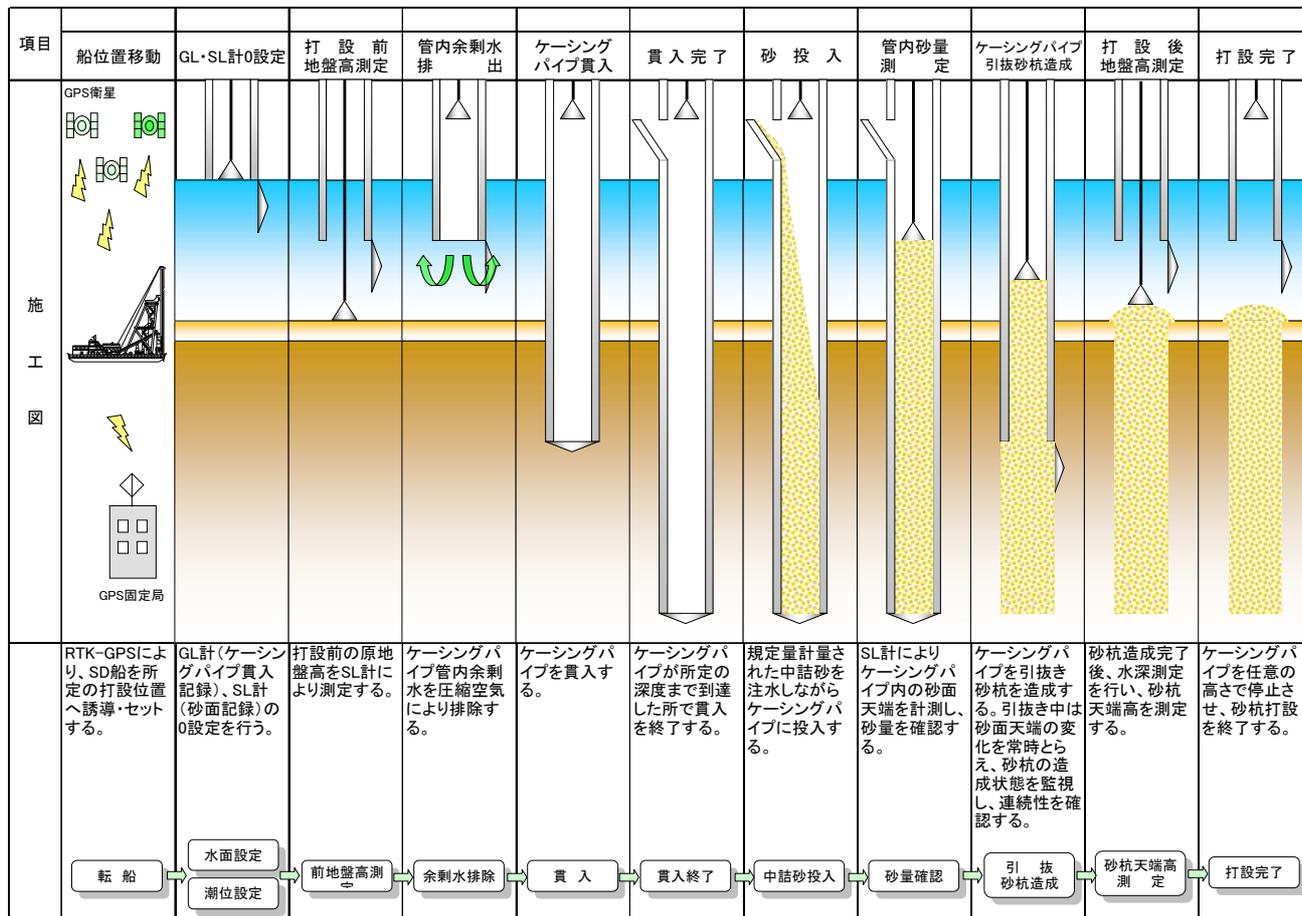


図3-1-5 施工フローおよび施工図

位置決めシステムモニター



打設管理モニター(オシログラフ)



打設管理集中モニター



写真3-1-2 打設管理システムモニター画面

3-1-5 使用船舶

本工事のSD工に使用したサンドドレーン船を表3-1-2に示す。

表3-1-2 使用船舶一覧表

サンドドレーン船		第二飛竜号	サンドドレーン船7号	第1光号
船体写真				
船体 緒元	全長(m)	70	70	71
	全幅(m)	32	33	36
	深さ(m)	4	4	5
	吃水(m)	2.5	2.5	3
	排水トン数(t)	5,000	5,200	7,000
	ケーシングパイプ連装数	12連装	12連装	12連装
	HWL上の標高	T.P.+70.5m	T.P.+61.0m	T.P.+66.0m

3-2 実施工程

SD工の計画と実施の比較を表3-2-1に示す。SD工の施工はSCPを優先的に施工した影響等により計画から2ヶ月程度遅れて開始した。その後、2007年10月からは2隻体制、11月からは3隻体制での施工となり、さらに夜・昼施工区域間移動の習熟による実打設時間の増加(当初、制限区域への入出に約5時間のところ約4時間に短縮)により、当初の計画より0.8ヶ月程度の遅れまで戻し2008年3月末にSD工の施工は完了した。図3-2-1に示すように、最大月間打設長が約68万mにも達した。

表3-2-1 SD工程表 (計画・実施)

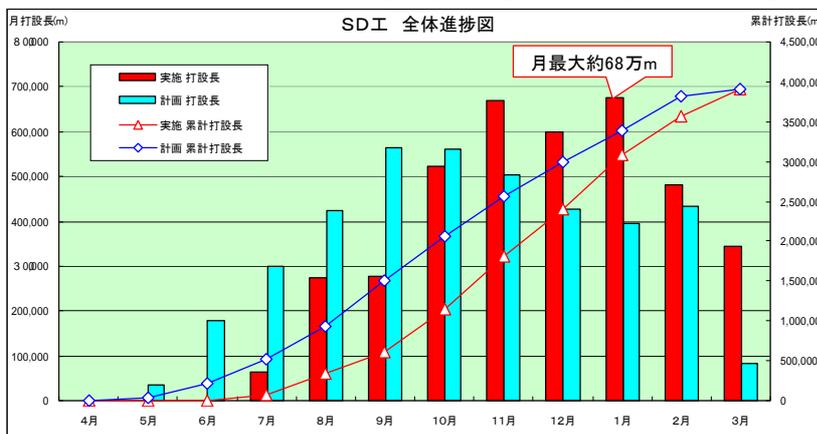
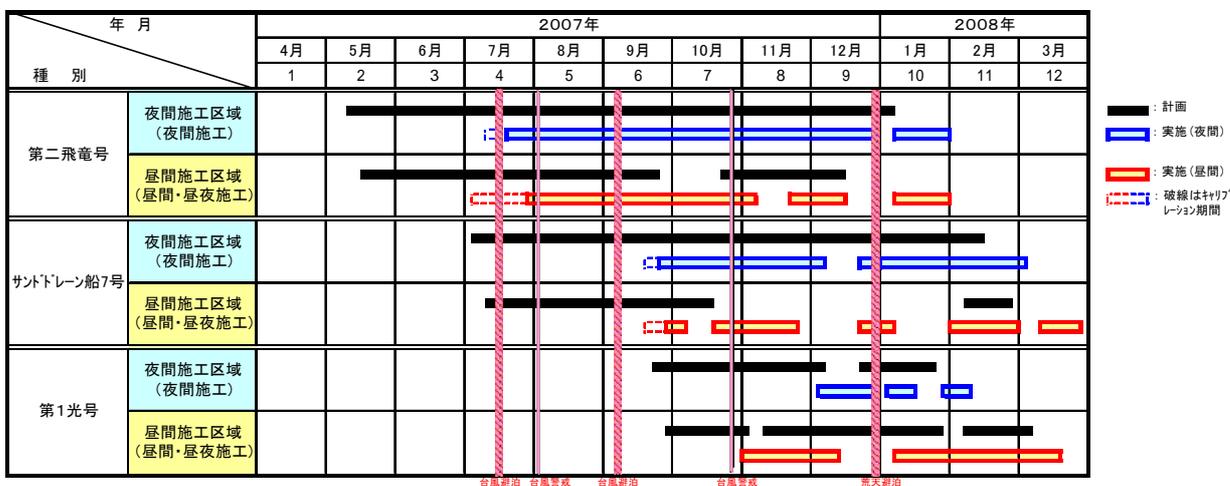


図3-2-1 SD工全体進捗図

3-3 使用材料

3-3-1 材料および仕様

S Dに使用する砂は、細粒分含有率 (Fc) が5%以下で、透水係数が 1×10^{-2} cm/s以上のもを用い、使用に先立ち、土源毎に土の粒度試験(JIS A 1204)および土の透水試験(JIS A 1218)を実施した。使用した砂の産地と試験結果および粒径加積曲線を表 3-3-1 および図 3-3-1 にそれぞれ示す。

表 3-3-1 S Dに使用した砂の産地と粒度試験及び透水試験結果一覧

番号	産地及又は所在地	区分	Fc (%)			透水係数(cm/s)		
			粒度試験結果	設計値	判定	透水試験結果	設計値	判定
	九州産	海砂	2.5	Fc 5	Ok	4.8×10^{-2}	1×10^{-2}	Ok
		海砂	2.5	Fc 5	Ok	1.13×10^{-2}	1×10^{-2}	Ok
		海砂	2.0	Fc 5	Ok	1.47×10^{-2}	1×10^{-2}	Ok
	北海道産	陸砂	1.8	Fc 5	Ok	3.83×10^{-2}	1×10^{-2}	Ok
		陸砂	1.6	Fc 5	Ok	3.16×10^{-2}	1×10^{-2}	Ok
		陸砂	1.1	Fc 5	Ok	6.47×10^{-1}	1×10^{-2}	Ok

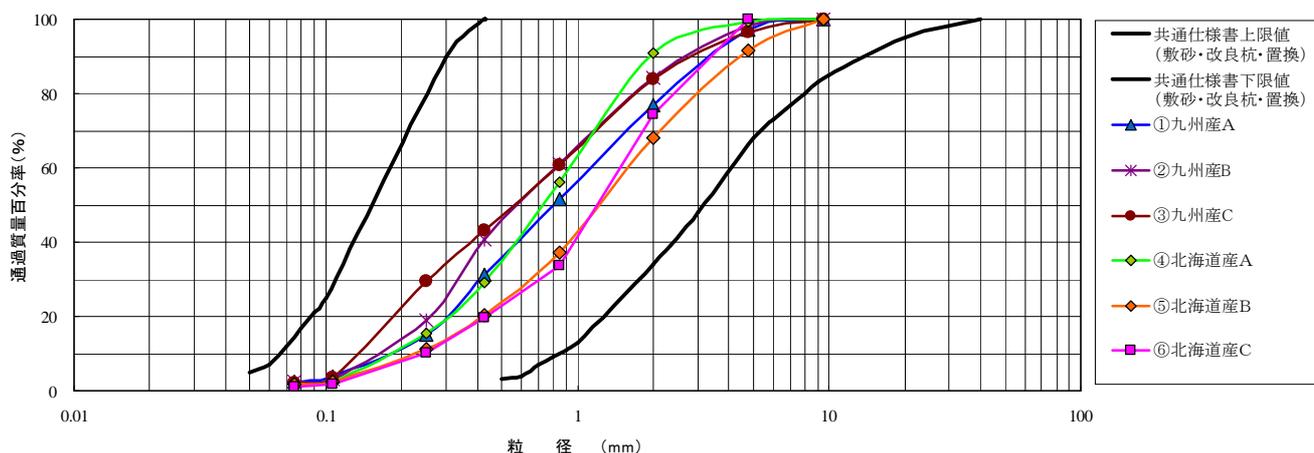


図 3-3-1 S Dに使用した砂の粒径加積曲線

3-3-2 品質管理

S Dに使用する砂の品質管理については、月に1回行う定期管理と搬入船毎に行う日常管理を行った。定期管理は月に1回、搬入した船にて試料採取し、ふるい分け試験を行い、細粒分含有率が5%以下であることを確認した。

また、日常管理については、搬入船毎に荷卸前に外観検査および簡易メスシリンダー法(パンフロック試験)による検査を行い、異物の混入の有無や細粒分含有率が5%以下であることを確認した。

簡易メスシリンダー法(パンフロック試験)を行うにあたっては、粒度試験による細粒分含有率と簡易メスシリンダー法による試験値との相関が必要となる。そこで、あらかじめ、産地毎にパンフロック試験を実施して相関関係を求め、その値を基に品質管理を行った。表 3-3-2 に産地毎のパンフロック試験値および補正值一覧、図 3-3-2 に相関図を示す。

また搬入計画、九州産は東京湾近傍へストックし、北海道産も運航状態によってはストックを考えたため、九州産及び北海道産毎に混じる可能性が生じた。そこで、パンフロック試験に用いる補正係数を九州産と北海道産の2種類に分けそれぞれについての平均値を品質管理値とした。

表 3-3-2 Fc 値とパンブロック試験値および補正係数一覧

番号	産地及又は所在地	区分	Fc (%)	パンブロック試験 Fcp (%)	補正係数 k	品質管理値 (補正係数)
	九州産	海砂	2.5	11.7	0.21	0.2 (九州産)
		海砂	2.5	9.4	0.27	
		海砂	2.0	15.4	0.13	
	北海道産	陸砂	1.8	10.4	0.17	0.2 (北海道産)
		陸砂	1.6	7.7	0.21	
		陸砂	1.1	31	0.35	

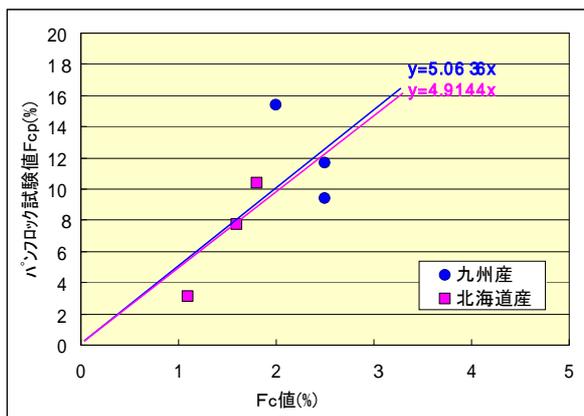


図 3-3-2 Fc 値とパンブロック試験値の相関図

実際に搬入した砂の定期管理試験で得た Fc 値と船上でのパンブロック試験から得た Fc 値との比較を表 3-3-3 に示す。定期管理試験による Fc 値よりパンブロック試験から得た Fc 値の方が大きく算出され、品質管理値が安全側に設定されていたことが判る。

写真 3-3-1 は S D 材の搬入状況と現場でのパンブロック試験結果の確認状況を写したものである。

表 3-3-3 定期試験管理値と日常管理試験値との比較

産地	採取日	船名	定期管理試験での Fc	パンブロック試験から得た Fc (船上確認)
九州産	2007/8/16	61住若丸	0.2%	1.3%
	2007/9/18	金剛丸	0.8%	31%
	2007/10/9	61住若丸	1.4%	31%
	2007/12/6	11住若丸	0.3%	1.5%
	2007/2/25	大元丸	0.5%	1.3%
北海道産	2007/8/15	第3厚栄丸	0.8%	0.9%
	2007/10/30	第8丸喜丸	0.7%	1.0%
	2007/1/15	18伊勢丸	0.5%	2.6%
			平均値	平均値
			0.6%	2.1%
			0.7%	1.5%



写真 3-3-1 砂の搬入状況およびパンブロック試験状況

4. おわりに

制限空域下、地盤改良船や砂運搬船が輻輳する中、位置決めシステムを含む航行安全監視システムや投錨システムの支援を得て、SCP杭長約132万m（本数：約6.9万本）、SD杭長約391万m（本数：約18.4万本）を、昼間施工区域と夜間施工区域を毎日往復しながら施工を続け、平成2008年3月28日に無事完了することができた。

これも、東京空港整備事務所をはじめとする関係機関の方々の適切な指導と情報提供のたまものである。また、船員の確保・教育に始まり、進入表面下トラブル時のケーシング切断訓練など準備を整え、昼夜間施工の過酷な条件のもと、地盤改良工を完成させられた専業社の方々の努力に、敬意を表する次第である。

2008年6月現在、SCP地盤改良上には、築堤1がほぼ完成し、一部で捨石が投入されている状況である。また、SD地盤改良上には、保護砂がほぼ撒き終わり、中仕切堤1前のチェックボーリングが終了した状況である。動態観測によるデータの収集・解析およびチェックボーリングによる地盤の強度増加の確認を通じて、両工法による地盤改良効果を十分に生かし、安全かつ迅速に本工事を進めていく所存である。

【参考文献】

- 1) 藤山ら：作業船投錨位置管理システム、建設施工と建設機械シンポ（投稿中）2008