

羽田D滑走路建設工事における管中混合固化処理土の施工（中部国際空港との比較）

東亜建設工業（株） 正 ○居場 博之，正 御手洗 義夫，正 大和屋 隆司
 関東地方整備局東京空港整備事務所 正 鈴木 大介

1. はじめに

近年、海上空港などの大規模な人工島造成工事において、浚渫土砂や建設発生土などを固化処理し、良質な埋立材料の代替材として有効利用する方法として、管中混合固化処理工法が採用されている。本工法は 2001 年に中部国際空港人工島造成工事(以下、中部)において採用され、17ヶ月で約 860 万 m³の施工が行われた¹⁾。さらに、羽田 D 滑走路建設工事(以下、羽田)においても、埋立部護岸背面部の埋立材として本工法が採用され、12ヶ月で約 474 万 m³の管中混合固化処理土(以下、管中処理土)を施工した。本稿では、2 つの工事における設計・施工条件および施工方法の比較を行うとともに、原位置サンプリング試料(ボーリング試料)の試験結果にて、本工法で造成された埋立地盤の品質の比較を行ったものである。

2. 両工事の施工条件，施工方法および設計条件の比較

両工事の施工条件，施工方法および設計条件の比較を表-1 に示す。両工事とも施工能力は同等の作業船団を用いているが、圧送距離は羽田が 500～800mと、中部(500～1500m)と比べて短いため、管内摩擦抵抗が小さくなり、管中処理土の流動性(フロー値)を小さくすることができた。打設方法は両工事とも、水中部に打設船にて直接打ち込む“水中直接打設”と気中部の法肩から水中部まで自然流下させる“気中法肩流下打設”の二通りで行っている(図-1)。ただし、水中直接打設時において、中部では打設船の仕様が自然流下式と油圧ポンプ式であったのに対して、羽田では海水のまき込み防止の目的ですべての打設船を油圧ポンプ式とした。また羽田と中部の違いとして、中部の地盤は埋立による沈下・変形が少

表-1 施工条件，施工方法および設計条件の比較

	羽田D滑走路建設工事	中部国際空港人工島造成工事	
施工時期 (期間)	2008.10～2009.10 (12ヶ月)	2001.6～2002.10 (17ヶ月)	
打設数量	470万 m ³	860万 m ³	
原地盤レベル，土質	原地盤レベル-11m (最大-13m)，沖積粘性土	原地盤レベル-6m (最大-8m)，硬質シルトor硬質砂岩	
打設高さ，潮位	+2.5m，平均潮位-1.1m	+2.2m or +2.5m，平均潮位-1.0m	
打設箇所	外周護岸(延長約4900m)の背面部約44ha	空港島の北西端部，約134ha	
施工方法・施工能力	船団数，施工能力	3船団 (Max)，空気圧送船6000馬力級，施工能力800m ³ /hr	同左
	圧送管径，圧送距離	管径φ660～800mm，圧送距離500～800m	管径φ660～800mm，圧送距離500～1500m
	解泥方法	空気圧送船のミキシング機能付バックホウ	空気圧送船のバックホウ
	打設船	油圧ポンプ式×3	自然流下式×2，油圧ポンプ式×3
	打設方法	水中部直接打設30%，気中部法肩流下打設70%	水中部直接打設20%，気中部法肩流下打設80%
設計条件	処理土のフロー値	90mm～80mm	100mm～90mm
	配合管理システム	γ線密度計による調整土の含水比測定+流量計の測定結果に対して，W/C一定の自動制御	同左
	設計基準強度q _{uck}	360kN/m ² (原地盤の変形を考慮し，修正した値)	120kN/m ²
	不良率P _x	25%	25%
変動係数CV	35%	35%	
材齢	91	28	

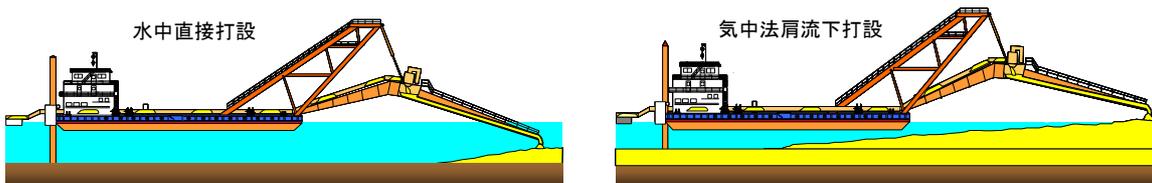


図-1 打設船による打設方法 (左：水中直接打設，右：気中法肩流下打設)

キーワード 羽田 D 滑走路，空港，埋立，管中混合固化処理土，一軸圧縮強さ

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1-3 東亜建設工業(株) TEL 045-503-3741

ないのに対し、羽田の地盤は軟弱な沖積粘土層であり、埋立の進行に伴い、原地盤に変形が生じるため、羽田の設計基準強度 q_{uck} は、その影響を考慮し、割増して修正設定している点²⁾、また羽田では処理土打設後の養生を十分に確保できるため、通常材齢 28 日ではなく、材齢 91 日での強度管理としている点などがあげられる。

3. 埋立地盤（ボーリング試料）の品質評価

両工事における、打設直前に採取したモールド試料と打設後の処理土地盤から採取したボーリング試料の湿潤密度と一軸圧縮試験の結果を水中直接打設部分と気中法肩流下打設部分に分けて、表-2 に示す。

(1) 湿潤密度 ρ_t

水中直接打設部分において、中部の自然流下方式で施工したケースでは、打設直前に採取したモールド試料に対してボーリング試料の湿潤密度 ρ_t が小さくなっており、これは打設時の海水のまき込みが原因と考えられる。一方、ポンプ圧入方式で施工したケースでは、両工事とも ρ_t の低下はほとんど無く、海水のまき込みによる影響はみられなかった。

(2) 一軸圧縮強さ q_u と強度比 β

羽田のボーリング試料全体の一軸圧縮強さは、平均値 685kN/m^2 、不良率 10.9% であり、所定の品質を満足している。羽田におけるモールド試料およびボーリング試料の強度のばらつきは、中部と比べて小さい結果となっている。これは、詳細な配合管理の効果によるものの他に、土質（液性限界）の違いの影響が要因として考えられる³⁾。また、羽田のボーリング試料において、水中直接打設部の強度のばらつきが、気中法肩流下打設部と比べてやや大きくなっている。この要因として、施工時の品質管理結果（モールド試料）のばらつきが大きいこと、および試料採取時のサンプリング方法の違い（SEP 台船上と管中処理土地盤上）が影響していると推測される。

モールド試料に対するボーリング試料の強度比 β をみると、羽田の方が中部と比べて小さい結果となっている。これは、羽田の場合、ボーリング実施までの原位置での養生日数（採取時期）が比較的短かったことが影響していると考えられ、採取時の乱れがその後の強度増加を阻害したものと推測され、原位置で材齢 91 日近くまで養生したケースでは中部と同等の結果となっている⁴⁾。

表-2 モールド試料とボーリング試料の試験結果と強度比 β

水中直接打設部分								
現場	打設方法	打設レベル	採取方法	湿潤密度		一軸圧縮強さ		強度比 β ボーリング ÷ モールド
				ρ_t (g/cm^3)		q_u (kN/m^2)		
				モールド	ボーリング	モールド	ボーリング	
中部	水中ポンプ圧入	-3.0m~-8.0m	平均値	1.458	1.455	369	256	0.69
			変動係数	4.8%	3.7%	26.0%	39.3%	
	水中自然流下	-3.0m~-8.0m	平均値	1.453	1.426	505	274	0.54
			変動係数	4.7%	4.1%	35.4%	40.1%	
羽田	水中ポンプ圧入	-6.0m~-13.0m	平均値	1.342	1.352	1057	633	0.60
			変動係数	2.4%	3.0%	24.2%	39.1%	
気中法肩流下打設部分								
中部	気中部(水位以上)	+2.2(2.5)m ~+1.0m	平均値	1.453	1.444	416	355	0.85
			変動係数	2.9%	2.1%	28.7%	26.8%	
	水中部(水位以下)	+1.0m~-7.0m	平均値	1.453	1.438	416	283	0.68
			変動係数	2.9%	2.8%	28.7%	35.5%	
羽田	気中部(水位以上)	+2.5m ~+1.1m	平均値	1.344	1.329	1190	891	0.75
			変動係数	1.8%	2.1%	20.2%	22.4%	
	水中部(水位以下)	+1.1m~-6.0m	平均値	1.344	1.334	1190	713	0.60
			変動係数	1.8%	2.2%	20.2%	30.4%	

4. まとめ

- ・ 水中直接打設部分のボーリング試料は、中部の水中自然流下方式ではモールド試料と比べて湿潤密度が小さくなっており、海水のまき込みによる影響がみられたが、ポンプ圧入方式では両工事ともその影響が殆ど無かった。
- ・ 羽田のボーリング試料は、平均値 $q_u=685\text{kN/m}^2$ 、不良率 10.9% であり、所定の品質を満足できている。
- ・ モールド試料、ボーリング試料の強度のばらつきは、羽田の方が小さい結果が得られた。これは羽田における詳細な配合管理の効果によるものの他、土質（液性限界）の影響も考えられる。
- ・ モールド試料に対するボーリング試料の強度比 β は、羽田の方がやや小さい結果が得られた。これは、ボーリング実施までの原位置での養生日数（採取時期）が比較的短かく、採取時の乱れが影響していると推測される。

【参考文献】

1) 佐藤 恒夫, 海上空港用地造成への管中混合固化処理工法の適用に関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No.1076, 2004.3, 2) 大和屋, 御手洗, 渡邊, 野口: 羽田再拡張事業 D 滑走路建設における管中混合処理工の設計と計画, 第 44 回地盤工学研究発表会, 2009.8., 3) 御手洗, 太田, 居場, 大和屋, 野口: 管中混合固化処理工法によって造成された埋め立て地盤の強度のばらつきについて—中部国際空港人工島造成工事と羽田空港 D 滑走路建設工事の比較—, 第 54 回地盤工学シンポジウム, 2009.11., 4) 御手洗, 居場, 穂積, 齊藤, 原田: 羽田 D 滑走路における管中混合固化処理工の原位置サンプリング試料の品質評価, 第 45 回地盤工学研究発表会, 2010.8. (投稿中)