

超軟弱土砂とのたたかい ~ 浚渫土砂の管中混合固化処理 ~

北陸地方整備局 金沢港湾・空港整備事務所 建設管理官 渡辺 朋洋

1. はじめに

七尾港(大田地区)図-1では、七尾市の主要産業である木材加工の発展を図るため、4万トンクラスの大型木材船等が荷役できる岸壁(-13m)の建設を進めている。

本岸壁は、根入式鋼板セル方式図-2を採用しており、平成12年8月までに、鋼板セルおよびアーチの打設を完了し、そこに充填した中詰砂の圧密沈下を促進させるためプレロードを平成15年6月まで行った。引き続き計画水深確保の浚渫と上部工等の施工を行い、平成19年度の供用を目指している。

泊地浚渫土砂は資源の再利用を目的とし、背後地の埋立柱材として用いているが、七尾港の浚渫土砂は超軟弱な粘性土であるため地盤改良が必要となり、「空気圧送揚土の後、ドレーンによる圧密改良」を採用し、圧密改良に先立ちドレーン打設機の上載荷重に耐える固化版造成を行った。

本報告では、平成16年度に実施した「管中混合固化処理工法」を用い、超軟弱な粘性土とたたかいながら造成した、固化版の施工について報告するものである。



図-1 岸壁(-13m)建設位置



図-2 岸壁(-13m)イメージ図

2. 浚渫土砂の特性

2.1 土質試験

浚渫区域内より土砂採取を行い表-1に示す土質試験を行った。その結果粘性土分が88.6%と多く、さらに自然含水比が158.1%と非常に高い数値を示しており、浚渫土砂は超軟弱な性状であることを示している。

2.2 固化処理土の流動性確保

表-1 土質試験結果

土粒子密度 (g/cm^3)	自然含水比 w_0 (%)	粒度組成 (%)			湿潤密度 (g/cm^3)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)	塑性指数 I_p (%)	強熱減量 Li (%)
		砂分	シルト分	粘土分					
2.615	158.1	11.5	27.3	61.3	1.346	177.5	52.9	124.6	11.8

管中混合固化処理工法での施工は、処理土の流動性を考慮しなければならない。表-1に示すとおり液性限界が177.5%と高く、施工に最適な流動性を確保するためには、相当量の加水が必要となる。しかし、加水を多くすると目標強度を得るための、固化材添加量が多くなってしまふ。そこで、固化材を高炉セメントB種とし、液性限界の1.5倍を基準とした、 $1.3 \sim 1.7w_L$ の3水準の含水比に対し、固化材添加量を50kg、75kg、100kgとしたフロ

一試験を行い最適な加水量を求めた。

固化版の施工方法は現場条件等を考慮し、中仕切堤と覆土に区分し実施した。そのため、フロー値を用途に合わせて設定する必要があるため、中仕切堤は区域外に流れ出すことを防ぐ必要があったため、覆土より若干流動性を抑え90mmとし、一方覆土は区域内に均等に広がるように流動性を高め120mmと設定した。図-3にはフロー値に対する、加水量と自然含水比を合わせた調整泥土の含水比を示す。

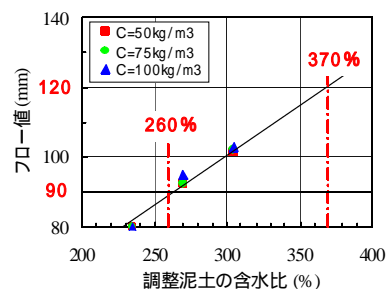


図-3 フロー試験結果

3. 固化材添加量の決定

3.1 固化版強度

施工に先立ち平成14年度に七尾港の土砂特性とドレーン打設機の最大接地圧により、固化版の必要厚さと強度の検討を行なっている。その結果は、厚さ1m、設計基準強度 $q_{u, 28} = 115\text{kN/m}^2$ となっている。

3.2 配合強度の設計

近年「管中混合固化処理工法」による施工例はいくつか報告されているが、これまでの事例では図-4のように、全て固化処理土で埋立を行うものであった。今回七尾港では図-5のように、ある程度まで超軟弱な浚渫土砂そのもので埋立を行い、その上に厚さ1mの固化版を造成する、全国でも事例の少ない施工方法を採用している。このため土質特性の把握、設計基準強度発現のための固化材添加量を把握する必要があり、事前に試験工¹⁾を実施した。

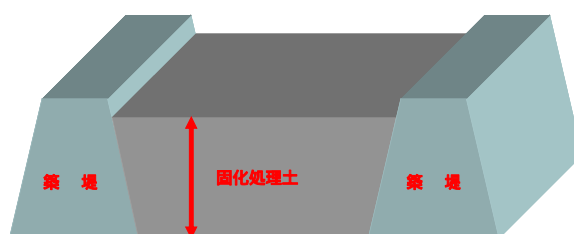


図-4 事例の多い施工例

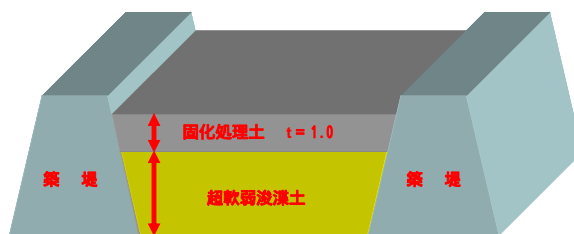


図-5 七尾港での施工

配合強度は、「管中混合固化処理工法技術マニュアル」²⁾に従い、許容応力度設計法を用い不良率、変動係数、強度比を設定して、現場平均強度および現場配合強度の算定を行い、試験工では不良率を10%と設定し、現場平均強度 $q_{u, 28} = 211\text{kN/m}^2$ で実施した。その結果は表-2に示すように、平均で $q_{u, 28} = 221.1\text{kN/m}^2$ の強度発現が見られ、配合設計は良好であった。

固化版は構造体として評価するため、設計基準強度を下回る割合が少ないことが望まし

表-2 試験工の一軸圧縮試験結果

ボリソク位置	No.1			No.2			No.3			No.4			No.5			No.6		
	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層
一軸圧縮強さ(kN/m ²)	266	256	278	210	214	250	208	252	285	261	291	149	201	226	91.8 (貝混入)	51.9 (貝混入)	344	145
平均一軸圧縮強さ(kN/m ²)	266.7			224.7			248.3			233.7			172.9			180.3		
	221.1 kN/m ²																	

く、試験工では不良率を10%としたが、強度発現が良好であったことから、本施工では不良率を25%に見直し配合強度設計を行った。その配合強度は表-3に示すとおりであり、土質特性を踏まえた固化材添加量の配合設計は表-4に示すとおりとなった。

表-3 配合強度設計結果

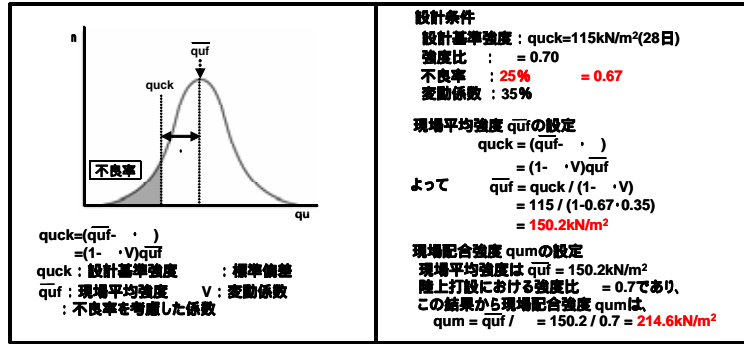


表-4 配合設計

浚渫土	土粒子比重	地山含水比	送泥含水比	処理土のW/C	固化材添加量	土量変化率
	G s	w0	wa		kg/地山 m^3	処理土/地山
中仕切堤	2.615	158.1	260	15.133	96.0	1.641
覆土	2.615	158.1	370	11.760	179.3	2.306

4. 固化版造成

4.1 中仕切堤と覆土の区分

固化版造成は岸壁背後地のふ頭造成用地内で、岸壁法線より90mの約21,000 m^2 (幅70m × 延長300m)図-6を中仕切堤と覆土に区分し図-7で実施した。

施工上の課題として、固化処理土を超軟弱な浚渫土砂上に打設することから、覆土の側方流動や覆土の载荷による現地盤の隆起・沈下が考えられた。その検証を試験工で行った結果、中仕切堤設置は、覆土の側方流動を抑える効果があること、くさび効果を期待し中仕切堤下面には土木シートの敷設は行なわない方法とした。一方覆土は厚さを均一に施工するため、覆土下面には土木シートを敷設することとした。

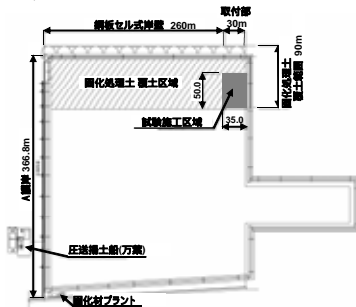


図-6 土砂処分場平面図

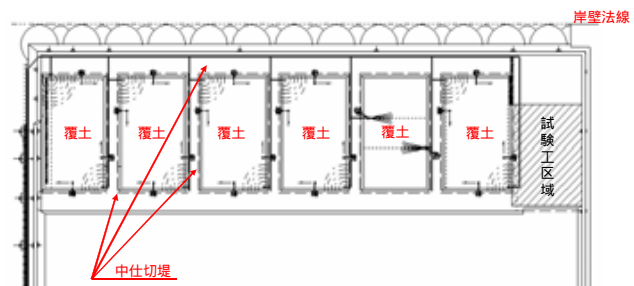


図-7 施工区域の区分

4.2 中仕切堤と覆土の施工

中仕切堤の施工は、減勢サイクロン写真-1と排砂管から直接打設する直吹き写真-2を併用して行った。減勢サイクロンでは、空気圧送の勢いを抑えながら同一位置に集中的に処理土の打設を行い、1日程度強度発現を待ってから直吹を行った。このことにより、裾の広がりを極力抑え中仕切堤の厚さを確保した。



写真-1 減勢サイクロン打設



写真-2 直吹き打設

覆土の施工は下面に土木シートを敷設した後、中仕切堤と同様に減勢サイクロンと直吹きを併用して打設を行った。フロー値確保のため加水調整したものの、非常に粘性が強く、想定するフロー値が得られず打設後、中仕切堤上からバックホウで敷き広げる方法で施工した。



写真-3 固化版造成前



写真-4 固化版造成後

5. 品質管理

5.1 固化材添加量の管理と固化処理土の強度確認

固化添加量の管理は、固化材添加制御システムの遠隔管理により、空気圧で排砂管内に圧送された浚渫土量を瞬時に計測し、その量に見合うスラリー状の固化材をパイプシャワー方式で浚渫土砂プラグ中に直接添加した。

強度確認は日々突出口より固化処理土をモールドに採取して、一軸圧縮試験で

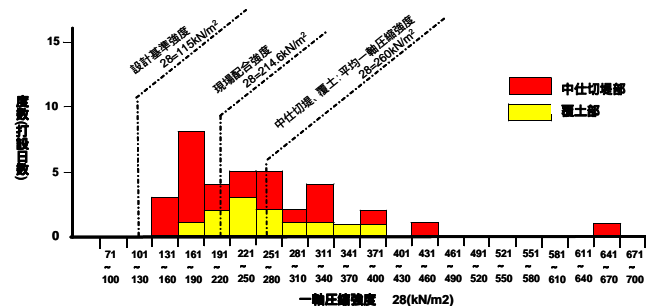


図-8 一軸圧縮試験結果

確認した。その結果は図-8のとおりであり、現場配合強度 $q_{u,28} = 214.6\text{kN/m}^2$ に対し平均で 260kN/m^2 であった。一部想定土質との違いによる突出的な強度発現があったが、多くは現場配合強度付近の強度発現であり、配合設計は妥当だったと考える。

5.2 固化版の強度確認

現場強度は、試験工で実績が確認されていることから、中仕切堤上の1ヶ所をもってコアサンプリングを行い、3供試体を採取して一軸圧縮試験(28)で確認した。3供試体の平均は 120kN/m^2 であり現場平均強度の $q_{u,28} = 150.2\text{kN/m}^2$ に対し下回る結果となったが、設計基準強度の $q_{u,28} = 115\text{kN/m}^2$ を上回る結果を得ることができた。

6. おわりに

七尾港の浚渫土砂は特殊な性質を持っており、フロー値の確保にかかる添加量の決定、さらに、超軟弱土上での固化版造成であったため施工方策の検討に困難を要したが、試験工での成果を反映させ、無事完工することができた。

この施工例が管中混合固化処理技術の更なる発展に資するとともに、軟弱土の有効活用として、今後の施工の参考となれば幸いである。

最後に固化版造成にあたり、指導協力をいただいた関係各位に謝意を表す。

参考文献 1) 北陸地方整備局 管内技術研究会報告書 (2004.8 P-245 ~ 248)

2) 沿岸開発技術研究センター 管中混合固化処理工法技術マニュアル 2001