

清水港新興津地区 国際物流ターミナル整備事業 ～事業連携によるコスト縮減の取り組み～

傍島 健介¹

¹中部地方整備局 四日市港湾事務所 保全課 (〒510-0064 三重県四日市市新正3-7-27)

清水港では、パルプやコンテナ貨物の取扱量の増加及び船舶の大型化に対応するとともに、円滑な物流を確保するため、新興津地区において国際物流ターミナルの整備を行っている。岸壁の整備にあたり、大量の石材が必要とするが、石材を含む物価の上昇等により事業費が大きく増加していた。一方、富士山直轄砂防事業を行っている富士砂防事務所では、富士山からの土石流で発生する石材の処理に苦慮している状況であった。そこで、他事業と連携し、富士山の石材を活用することによるコスト縮減の可能性について検討している。

キーワード：事業連携、富士山の石材、コスト縮減

1. はじめに

清水港は、製紙業の製造品出荷額等が全国第1位である静岡県の製紙原料の輸入を支える港湾であるとともに、近年は全国の製紙工場の原料の輸入拠点となっており、パルプの輸入量が増加している。また、背後圏の海上輸送の拠点であり、特に東南アジア航路のコンテナ貨物量や航路数が増加し、船舶が大型化している。一方、大型船は利用できる岸壁が限られており、減載し水深の浅い岸壁を利用するなど非効率な輸送を強いられている。こうした課題に対応し、必要な岸壁延長を確保するため、令和3年度から新興津地区国際物流ターミナル整備事業に着手している(写真-1)。



写真-1 清水港新興津地区国際物流ターミナル整備事業

2. 本事業の施工内容について

本事業は、既設の岸壁から200m延伸する計画であり、ケーソンを10函据える重力式構造の岸壁を整備する。

図-1に示すとおり、ケーソン下には基礎石、背後に

は裏込石、基礎石を投入する必要がある。大量の石材を使用する。令和6年度は、基礎石を投入するための床掘、ケーソンの製作を行っており、令和8年度から基礎石の投入を予定している。

3. 砂防事業との事業連携について

近年、建設資機材価格は軒並み上昇を続けており、中でも石材は、事業開始時期と比較し、3倍以上に価格が上昇している。石材が大量に必要となる本事業においては、岸壁費用の約3割を占めており、石材のコスト縮減は喫緊の課題となっている。

一方、清水港近傍で富士山直轄砂防事業を行っている富士砂防事務所では、大沢川遊砂地にて、土石流により大量の土と石材が発生している状況である。土は用地造成等に比較的多く活用しているが、石材は活用先が少ない状況であった。そこで、他事業と連携し、富士山の石材を活用することによるコスト縮減の可能性について検討を進めることとした。

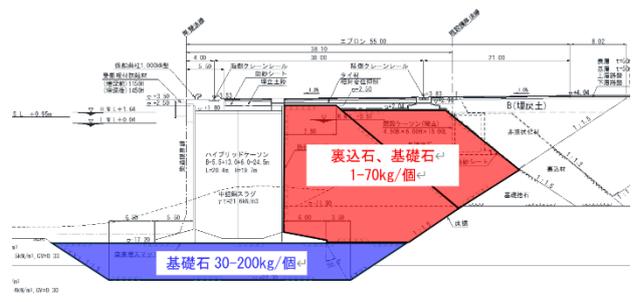


図-1 岸壁標準断面図

4. 石材活用における課題と対応

(1) 砂防事業で発生した石材の岸壁への適用性の確認

富士山直轄砂防事業で発生する石材は、玄武岩がほとんどを占め、所々に多孔質な玄武岩が見られる(写真-2)。現地石材をランダムに9m3程度採取し、調査を行った結果、緻密な玄武岩が8~9割、孔質玄武岩が1~2割分布していることが分かった。石材を岸壁に使用するにあたり、孔質玄武岩が混入しても必要な性能を満たしているか、力学試験を行い、特性を確認した。



写真-2 玄武岩と孔質玄武岩

(2) 力学試験の実施

石材を活用するにあたり、表-3のとおり大型三軸圧縮試験(CD試験)(写真-3)とスレーキング試験を行った。「要求性能を満たしているか」、「孔質玄武岩が混入することによる影響」を長期耐久特性、強度特性、破砕特性、剛性特性、体積変化特性、重量特性の観点から評価を行い、活用の可否について検討した。



写真-3 大型三軸圧縮試験

a) 一般的な要求事項

基礎石や裏込石は、岸壁の自重や土圧が作用している永続状態や地震時を想定した変動状態において安定性を確保する必要がある。「港湾の施設の技術上の基準・同解説」には、基礎石に関して、扁平や細長でなく、堅硬、ち密で耐久性があり、風化倒壊のおそれがないものを使用すべき。裏込石に関しては、JIS A 5006における割ぐり石に相当する性能を有するものと記載されている。なお、中部管内では従来、比重2.5以上の硬石を使用している。表-1,2に示すとおり、JIS A 5006によると玄武岩は、硬石に分類される。一方、孔質玄武岩は、圧縮強さ4903.3N/cm2未満、比重2.5未満であることから準硬石に分類される。

表-1 JIS A 5006圧縮強さによる区分

種類	圧縮強さ N/cm2 {kgf/cm2}	参考値	
		吸水率%	見掛比重g/cm3
硬石	4 903.3 {500} 以上	5未満	約2.7~2.5
準硬石	4 903.3 {500} 未満 980.66 {100} 以上	5以上 15未満	約2.5~2
軟石	980.66 {100} 未満	15以上	約2未満

表-2 砂防事業発生石材単体での諸元

岩種	圧縮強さ N/cm2	参考値		判定
		吸水率%	見掛比重 g/cm3	
玄武岩	20,420	1.18	2.73	硬石
孔質玄武岩	4,500	3.83	2.29	準硬石

表-3 大型三軸圧縮試験の実施ケース

試験名	検討材料	試料名	石材配合		拘束圧 kda	
			玄武岩	孔質玄武岩		
三軸CD	裏込石	二軸_裏込_0%	100%	0%	50	
			100%	0%	100	
			100%	0%	200	
		三軸_裏込_20%	80%	20%	50	
			80%	20%	100	
			80%	20%	200	
	基礎石	三軸_基礎_0%-1	100%	0%	50	
			100%	0%	100	
			100%	0%	200	
			三軸_基礎_0%-2	100%	0%	200
				100%	0%	400
				100%	0%	200
		三軸_基礎_0%-3	100%	0%	50	
			100%	0%	200	
			80%	20%	50	
		三軸_基礎_20%-1	80%	20%	100	
			80%	20%	200	
			三軸_基礎_20%-2	80%	20%	50
				80%	20%	200
				80%	20%	400
			三軸_基礎_20%-3	80%	20%	50
		80%		20%	200	
		90%		10%	50	
		三軸_基礎_10%	90%	10%	200	
90%	10%		400			
三軸_基礎_50%	50%		50%	50		
	50%		50%	200		
	50%		50%	400		
三軸_基礎_100%	0%		100%	50		
	0%	100%	200			
	0%	100%	400			

a) 長期耐久特性

乾燥・水浸によって生じる細粒化などの形状の変化を把握するため、スレーキング試験を実施した。結果は、玄武岩、孔質玄武岩どちらも乾燥や水浸による顕著な状態変化が確認されず、スレーキング指数がゼロとなった。このため、孔質玄武岩が混入しても長期耐久特性を満足すると考えられる。



写真-4 スレーキング試験(孔質玄武岩)

b) 強度特性

設計では、円弧滑りに対する安定計算として修正フェレニウス法、基礎の支持力計算としてビショップ法をそれぞれ実施している。修正フェレニウス法は $\phi=40^\circ$, $c=0\text{kN/m}^2$, ビショップ法は $\phi=35^\circ$, $c=20\text{kN/m}^2$ と条件設定されており、これらの強度が得られているか確認した。結果は、図-2に示すとおりビショップ法で設定されている条件($\phi d=35^\circ$, $c=20\text{kN/m}^2$)以上の強度であることが確認された。さらに、岸壁構造で想定される基礎石直下の応力条件下において、修正フェレニウス法で設定されている条件の $\phi 0 > 40^\circ$ が得られた。また、図-3に示すとおり、孔質玄武岩が混入することによる強度低下は、孔質玄武岩0%-100%で、 $0.9 \sim 1.4^\circ$ とわずかな差であり、影響は小さく、仮に孔質玄武岩が100%であったとしても岸壁構造で想定される基礎石直下の応力条件下においては、既往設計条件を満たしていることが分かった。このため、強度特性を満足すると考えられる。

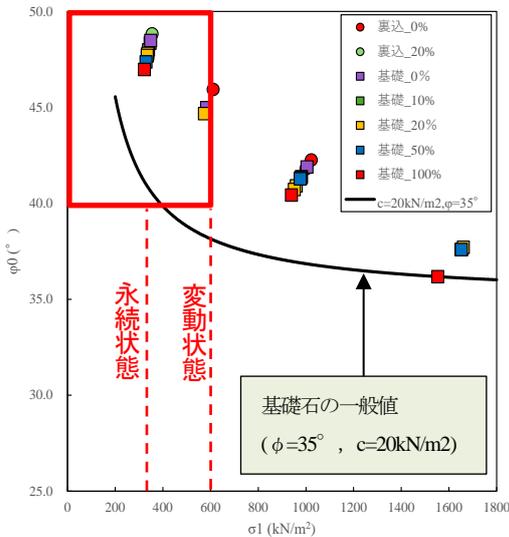


図-2 σ_1 - $\phi 0$ の関係

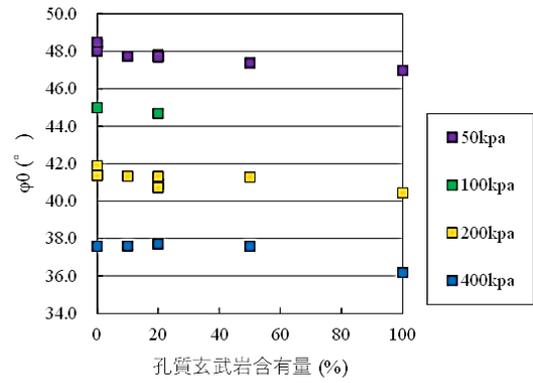


図-3 孔質玄武岩含有量- $\phi 0$ の関係

c) 破碎特性

図-4は、拘束圧と粒子破碎率の関係を示した図である。粒子破碎率は、約4~26%程度の結果となった。試料の粒度分布が異なるため一概に比較はできないが、既往実験石材より破碎しやすい結果となった。図-5に示すとおり、孔質玄武岩が混入することで結果が大きく変わることはなく、影響が小さいことを確認した。

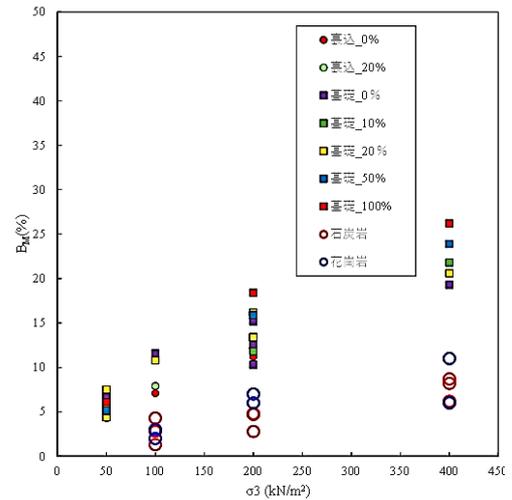


図-4 σ_3 -BMの関係

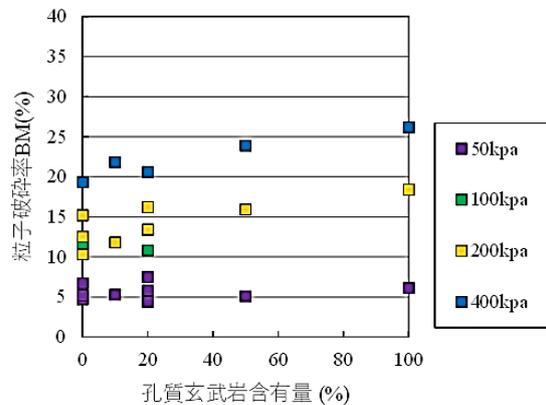


図-5 孔質玄武岩含有量-粒子破碎率BMの関係

d) 剛性特性, 体積変化特性

図-6に剛性特性として、拘束圧と変形係数の関係を既往実験石材と比較した。図-7に体積変化特性として、ダイレイタンスー比と $\sin \phi_0$ の関係を既往実験石材と比較した。剛性特性については、孔質玄武岩が含まれていても既往実験石材と同等以上の結果が得られ、変形しにくいことが確認された。体積変化特性は、既往実験石材と同様に ϕ_0 との比例関係が確認できるとともに、既往実験石材のダイレイタンスー比と同程度の値が得られた。また、図-8, 9に示すとおり、孔質玄武岩が混入することによる極端な特性変化はなく、剛性特性、体積変化特性ともに問題ないと考えられる。

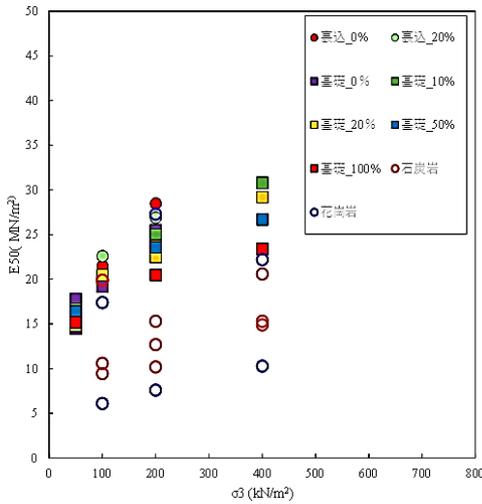


図-6 σ_3 -E50の関係

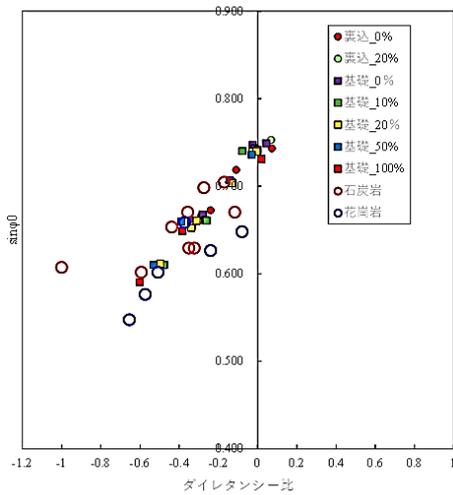


図-7 ダイレイタンスー比- $\sin \phi_0$ の関係

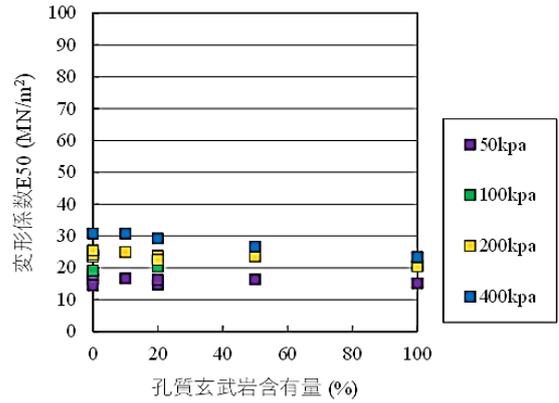


図-8 孔質玄武岩含有量-変形係数E50の関係

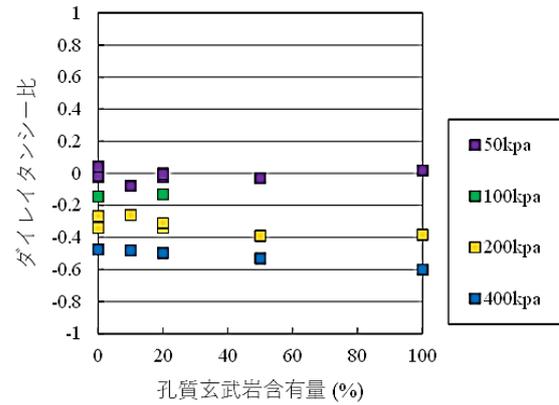


図-9 孔質玄武岩含有量-ダイレイタンスー比の関係

e) 重量特性

表-4は、孔質玄武岩の含有率ごとの比重、単位体積重量を推定したものである。孔質玄武岩含有量が50%までであれば、比重2.5、単位体積重量18kN/m³以上を満たしており、JIS A 5006割ぐり石の硬石相当に該当する。このため、孔質玄武岩含有率が50%までは、重量特性として問題ないと考えられる。

表-4 孔質玄武岩含有率と比重の関係

	孔質玄武岩含有率	比重Gs	単位体積重量(kN/m ³)
裏込	0%	2.730	19.3
	20%	2.642	19.0
基礎	0%	2.730	19.1
	10%	2.686	19.0
	20%	2.642	18.8
	50%	2.510	18.5
	100%	2.290	17.6

5. 砂防事業との役割分担

大沢川遊砂地の石材を清水港で活用する場合、土壤汚染対策法の基準が満たされていることの確認、基礎石(30~200kg/個)、裏込石(1~70kg/個)の仕分け、大沢川遊砂地から清水港まで運搬が必要となる。

土壤汚染対策法の確認については、石材発生もとの富士砂防事務所にて実施することとした。また、仕分けについても、通常、掘削後の作業として、土と石材の仕分けやダンプ投入を行うための石材の小割りを実施していることから、効率性を考慮し、富士砂防事務所にて実施することとした。大沢川遊砂地から清水港までの運搬については、施工性やコスト面を考慮し、図-10のとおりとした。

基礎石は、施工上、陸上からの直接投入ができないため、港内に一度仮置いた後、ガット船に積み替えを行い、海上から投入することとなる。そのため、石材の発生現場である大沢川遊砂地から仮置き場としている貝島地区までの運搬、仮置きを富士砂防事務所にて行い、仮置き場で検収した後、貝島地区から新興津地区までの海上運搬及び投入を清水港湾事務所にて実施することとした。

裏込石は、陸上から直接投入が可能であるため、清水港湾事務所にて大沢川遊砂地の仮置き場で検収した後、新興津地区まで運搬及び投入することとした。

上述した役割分担で富士山の石材を活用した場合と石材を購入した場合(購入単価は業者ヒアリング)のコスト比較をした結果、基礎石は約17,000円/m³、裏込石は約9,000円/m³のコスト縮減となる見込みである。

なお、今後の大沢川遊砂地での石材発生量にもよるが基礎石については約40,000m³、裏込石については約130,000m³運搬する予定である。

6. まとめ

富士山から発生した石材は、力学試験を実施した結果、孔質玄武岩の含有量が50%以下であれば新興津地区岸壁の基礎石、裏込石として活用可能であることが確認できた。今後の供給状況によるが、富士山の石材を活用することでコスト縮減ができる見込みである。また、富士砂防事務所においても、石材の処分費が削減可能となり、双方にメリットのある事業連携といえる。今回の事例が今後の他事業の参考になれば幸いである。

謝辞：本論文の作成にあたり、ご指導・ご協力賜りました関係の皆様へ深く感謝し、御礼を申し上げます。



図-10 石材の運搬分担(案)