

令和 4 年 2 月 28 日

### 今後の試験計画

- 1 月 25 日～ ・ 現地試験施工（軽石・砂質礫浚渫土）開始（完了）  
・ 室内試験（軽石・砂質礫浚渫土）開始（完了）
- 2 月 5 日～ ・ 室内試験（粘性土浚渫土）コーン指数試験開始（完了）  
・ 室内試験（粘性土浚渫土＋固化剤添加）コーン指数試験開始（完了）
- 2 月 14 日 第 1 回軽石の埋立処分に関する技術検討委員会開催  
・ 委員より追加試験の指示あり
- 2 月 15 日～ ・ 追加現地試験施工（軽石：砂質礫浚渫土・購入砂（黒砂）の混合比変更）指示（2 月 17 日現地準備開始、21 日現地試験開始）
- 2 月 28 日 第 2 回軽石の埋立処分に関する技術検討委員会開催

#### ○その他（28 日以降実施予定）

##### <一部未完了>

- ・ 破碎試料による粒度試験（浚渫土・購入砂 2：軽石 1）
- ・ 軽石の粒径別の見かけの比重確認（細粒分・すりつぶし）

##### <今後実施>

- ・ 透水試験
- ・ スレーキング試験
- ・ せん断・圧縮試験（1 軸圧縮・3 軸圧縮試験等）
- ・ その他の追加試験（検討中）

以上

令和 4 年 2 月 28 日

## 軽石の埋立処分に向けた検討状況 追加試験の実施状況

回収した軽石を埋立材として活用するため、埋立箇所では想定される埋立方法（混合割合）で性状を確認するため、以下の条件で試験を実施する。

## 1. 砂質礫浚渫土および購入砂に関する追加試験について

## 1-1. 対象とする土砂等

泡瀬地区直轄土砂処分場に揚土されている浚渫土のうち砂質礫浚渫土、及び資材として利用している購入砂（海砂）とし、軽石を混合する割合及び試験ケースは以下のとおりとする。

なお、混合割合は体積比とする。

- ・ 軽石単体、砂質礫浚渫土単体、購入砂単体 3 ケース
- ・ 砂質礫浚渫土・軽石の混合割合 2 : 1、1 : 1、1 : 2 3 ケース
- ・ 購入砂・軽石の混合割合 2 : 1、1 : 1、1 : 2 3 ケース

計 9 ケース

## 1-2. 試験項目

1-1 で示した 9 ケースを対象に以下の試験を実施する。

- (1) 発生土利用基準に準じた試験：現地コーン指数試験、粒度試験、含水比試験、単位容積質量試験
- (2) 平板載荷試験
- (3) 軽石の粒径別の見かけの比重確認（単位容積質量試験）
- (4) 破碎後試料による粒度試験

（なお、今後以下の試験の実施も予定している）

- (5) 透水試験

(6) スレーキング試験

(7) セン断・圧縮試験：一軸圧縮・三軸圧縮試験等

### 1-3. 試験結果

1-2で示した試験項目の結果を以下に示す。なお、表中の空白部分等については試験途上であり、完了後記載する予定としている。

#### (1) 発生土利用基準に準じた試験

①：現地試験施工（単体 コーン指数、自然含水比、容積質量）

試料	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	自然含水比 (%)	容積重量 (g/cm <sup>3</sup> )
軽石単体	102	37.3	0.58
浚渫土（砂質礫）	1040	16.5	1.56
購入砂（黒砂）	495	10.4	1.62

注：ポータブル貫入試験は、盛土中央、4隅肩付近4箇所、盛土中央付近2箇所の計7箇所で計測し、平均値を記載。

②：現地試験施工（混合土 コーン指数、自然含水比、容積質量）

試料	項目	混合割合 砂質礫浚渫土・購入砂：軽石		
		2：1	1：1	1：2
浚渫土 （砂質礫）	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	990	915	793
	自然含水比(%)	20.0	22.1	23.2
	容積質量(g/cm <sup>3</sup> )	1.34	1.07	0.89
購入砂 （黒砂）	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	600	485	633
	自然含水比(%)	14.9	16.2	20.5
	容積質量(g/cm <sup>3</sup> )	1.32	1.09	0.91

注：ポータブル貫入試験は、盛土中央、4隅肩付近4箇所、盛土中央付近2箇所の計7箇所で計測し、平均値を記載。

(2) 平版載荷試験

①：現地試験施工（平板載荷：単体 極限支持力、許容支持力、最終沈下量）

試料	項目	単体
軽石	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	300
	許容支持力(kN/m <sup>2</sup> )	100
	最終沈下量(mm)	22.90
浚渫土 (砂質礫)	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	900
	許容支持力(kN/m <sup>2</sup> )	300
	最終沈下量(mm)	29.19
購入砂 (黒砂)	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	300
	自然含水比(%)	100
	容積質量(g/cm <sup>3</sup> )	19.93

②：現地試験施工（平板載荷：極限支持力、許容支持力、最終沈下量）

試料	項目	単体	混合割合		
			砂質礫浚渫土・購入砂：軽石		
			2 : 1	1 : 1	1 : 2
浚渫土 (砂質礫)	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	900	750	750	900
	許容支持力(kN/m <sup>2</sup> )	300	250	250	300
	最終沈下量(mm)	29.19	28.28	25.04	27.00
購入砂 (黒砂)	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	300	750	450	750
	許容支持力(kN/m <sup>2</sup> )	100	250	150	250
	最終沈下量(mm)	19.93	20.48	29.38	22.59



(3) 軽石の粒径別の見かけの比重確認

①：軽石の粒径別単位容積（自然含水比、容積重量）

試料	粒径 (mm)	自然含水比 (%)	容積重量 (g/cm <sup>3</sup> )
軽石単体	全体	37.3	0.58
	19.0～9.50 残	14.2	0.44
	9.50～4.75 残	15.2	0.46
	4.75～2.00 残	21.4	0.50
	2.00 以下	35.4	0.52
	0.85 以下	35.2	0.98
	0.075 以下		1.13(注)

(注)：暫定値

(4) 破碎後試料による粒度試験

①：試料破碎前後の粒径割合の変化（軽石・砂質礫浚渫土）

項目	混合割合 砂質礫浚渫土：軽石					
	2：1		1：1		1：2	
	締固前	締固後	締固前	締固後	締固前	締固後
自然含水比(%)	20.0	—	22.1	—	23.2	—
最大粒径(mm)			37.5	37.5	26.5	37.5
石分 75 mm 以上(%)			—	—	—	—
礫分 2.0～75 mm(%)			61.7	57.6	64.4	54.3
砂分 0.075～2.0 mm(%)			36.2	39.1	33.9	41.0
細粒分 0.075 mm 以下 (%)			2.1	3.3	1.7	4.7
容積重量(g/cm <sup>3</sup> )	1.34	—	1.07	—	0.89	—

②：試料破碎前後の粒径割合の変化（軽石・購入砂）

項目	混合割合 購入砂：軽石					
	2：1		1：1		1：2	
	締固前	締固後	締固前	締固後	締固前	締固後
自然含水比(%)	14.9	—	16.2	—	20.5	—
最大粒径(mm)			19.0	19.0	19.0	19.0
石分 75 mm 以上(%)			—	—	—	—
礫分 2.0～75 mm(%)			21.2	21.3	34.7	31.4
砂分 0.075～2.0 mm(%)			74.2	72.6	61.8	63.2
細粒分 0.075 mm 以下 (%)			4.6	6.1	3.5	5.4
容積重量(g/cm <sup>3</sup> )	1.32	—	1.09	—	0.91	—

## 2. 粘性土浚渫土に関する追加試験について

### 2-1. 追加する試験項目

泡瀬地区直轄土砂処分場に揚土されている浚渫土のうち粘性土浚渫土に軽石を混合し、発生土利用基準で泥土（コーン指数 200 kN/m<sup>2</sup>未満）相当となったサンプルに対し固化材を添加し改良状況を確認する。

#### <試験項目>

- ・粘性土浚渫土・軽石の混合割合 1 : 1 （体積比）
- ・使用試料：サンプル②（コーン指数 75 kN/m<sup>2</sup>、含水比 52.2%）  
サンプル④（コーン指数 0 kN/m<sup>2</sup>、含水比 82.2%） 2 種類
- ・固化材添加量：サンプル②（30、60、90 kg/m<sup>3</sup>）  
サンプル④（60、90、120kg/m<sup>3</sup>） 各 3 ケース
- ・養生期間：1、2、3、7 日経過後でコーン指数計測
- ・使用固化材：石膏系改良材

### 2-2. 試験結果

2-1 で示した試験項目の結果を以下に示す。

#### ①：室内試験（固化材添加前 コーン指数、自然含水比）

試料		コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	自然含水比 (%)
軽石－		－	25.0
粘性土浚渫土 単体	サンプル②	75	52.2
	サンプル④	0	82.2
粘性土浚渫土・軽石混合 (1 : 1)	サンプル②	94	42.9
	サンプル④	28	65.6

②：室内試験（サンプル② コーン指数、自然含水比）

養生	項目	粘性土浚渫土：軽石 1：1 固化材添加量(kg/m <sup>3</sup> )			
		30	60	90	120
1 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	442	706	1412	—
	自然含水比(%)	41.7	39.9	30.3	—
2 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	480	1083	2353	—
	自然含水比(%)	41.3	39.7	29.7	—
3 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	537	1285	>2000	—
	自然含水比(%)	39.9	39.2	31.3	—
7 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	1068	>2000	>2000	—
	自然含水比(%)	39.9	38.4	31.4	—

③：室内試験（サンプル④ コーン指数、自然含水比）

養生	項目	粘性土浚渫土：軽石 1：1 固化材添加量(kg/m <sup>3</sup> )			
		30	60	90	120
1 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	—	137	231	400
	自然含水比(%)	—	57.3	55.7	51.3
2 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	—	155	278	485
	自然含水比(%)	—	57.1	56.0	49.5
3 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	—	249	405	692
	自然含水比(%)	—	55.7	55.0	50.7
7 日	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	—	438	692	1365
	自然含水比(%)	—	56.0	54.8	46.4

④：添加量の決定

- ・ 目標とする土質区分基準：第 3 種改良土（コーン指数 400 kN/m<sup>2</sup>以上）

試料	目標コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )		養生機関に対する固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )			
	現場	室内	1 日	2 日	3 日	7 日
サンプル②	400	800	64	46	40	30
サンプル④			—	—	—	95

第 3 種改良土（コーン指数 400 kN/m<sup>2</sup>、室内目標 800 kN/m<sup>2</sup>）以上を確保できる固化材添加量として、7 日養生後での添加量は以下のとおりである。

サンプル②：固化材添加量 30 kg/m<sup>3</sup>

サンプル④：固化材添加量 95 kg/m<sup>3</sup>

以上

参考：前回実施の試験結果

①：現地試験施工（軽石・砂質礫浚渫土）

	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )
軽石単体	264
混合土（浚渫土 1：軽石 1）	980

②：室内試験（軽石・砂質礫浚渫土・混合土）

	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)	土質名	区分
軽石単体	2000 以上	26.7	砂質礫	第 1 種発生土
浚渫土単体	2000 以上	13.9	砂質礫	第 1 種発生土
混合土 (浚渫土 1：軽石 1)	2000 以上	17.3	砂質礫	第 1 種発生土

③：室内試験（粘性土浚渫土・混合土）

		コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)	土質名	区分
浚渫土単体	サンプル 1	242	41.7	粘性土	(第 4 種発生土)
	サンプル 2	77	51.1	粘性土	(泥土)
	サンプル 3	26	59.8	粘性土	(泥土)
	サンプル 4	0	76.7	粘性土	(泥土)
混合土 1:1	サンプル 1	344	35.8	－	(第 4 種発生土)
	サンプル 2	93	40.5	－	(泥土)
	サンプル 3	38	46.2	－	(泥土)
	サンプル 4	21	54.9	－	(泥土)
混合土 1:2	サンプル 1	849	34.8	－	(第 3 種発生土)
	サンプル 2	374	38.4	－	(第 4 種発生土)
	サンプル 3	85	43.7	－	(泥土)
	サンプル 4	59	47.8	－	(泥土)

④：試験結果について

- ・現地試験施工において、軽石単体ではハンドローラーによる転圧時に資材（軽石）の流動が見られ、十分な締固めが得られなかった。
- ・現地計測と室内試験結果との間で大きな乖離があった。
- ・砂質礫浚渫土を用いた結果は良好であった。
- ・粘性土浚渫土単体では含水比が高くなるほどコーン指数は小さくなった。
- ・粘性土浚渫土を用いた結果では、軽石を多く混入（１：２）することによりコーン抵抗値が大きくなった。

以上

本資料は委員会資料として途中段階の試験結果に基づいて事務局が作成した案であり、委員会としてとりまとめたものではない。

### 軽石埋立処分手順（案）

本資料は、沖縄総合事務局が運天港等において回収した軽石を中城湾港泡瀬地区直轄土砂処分場等での埋立材として活用することを想定し、埋立完了後の施設整備・利用等の際に問題が生じないように、「軽石の埋立処分に関する技術検討委員会」の議論を踏まえ軽石の埋立材への利用の考え方を整理したものである。

なお、本資料については、今後の検討等の進展等を踏まえ、必要に応じ、見直しを行うものとする。

#### 1. 対象とする軽石

沖縄総合事務局が回収した令和3年8月に発生した海底火山「福德岡ノ場（ふくとくおかのば）」の噴火に由来するとみられる軽石を対象とする。

#### 2. 現時点での埋立材としての利用の考え方と処分手順等

泡瀬地区直轄土砂処分場に揚土される浚渫土は砂質礫から粘性土まで多様であり、軽石を混合することで埋立材として利用可能か各種土質試験を実施し混合土の性状を確認した。

現時点では軽石との混合が容易な、砂質礫浚渫土及び場内で使用されている購入砂を対象として整理し、粘性土浚渫土については今後試験等が進展した際に追加することとする。

##### 2-1. 砂質礫浚渫土・購入砂への軽石の混合について

- ・砂質礫浚渫土・購入砂ともに混合割合 1 : 2 ~ 2 : 1（軽石：浚渫土等（体積ベース））の3ケース全て発生土利用基準の第3種建設発生土以上の強度を有しており、埋立処分後に現地での施工性確保の観点から必要となる地盤強度の確保が期待できる。
- ・実際に処分する際の混合割合については 1 : 2 ~ 2 : 1 の範囲内で、処分すべき軽石の量等を勘案し決定することが望ましい。
- ・なお、砂質礫浚渫土を使用する際には、浚渫土のポンプ揚土に用いられる排砂管の排



出口付近で砂質礫浚渫土の採取を行いシルト分及び粘性土の混入が少なくなるよう留意する。

## 2-2. 利用箇所の検討について

- ・ 多少の沈下が生じた場合にも土地利用上の影響が想定されにくい緑地・広場等や、上部に施設が設置されない裏込め材料としての活用が考えられる。
- ・ 軽石を混合することで土壌の保水性や透水性を確保することができるため、緑地等での活用に適していると考えられる。
- ・ なお、埋立処分は原則として地下水位より高い気中部で行うこととし、地下水位より下部での使用については、地震時に軽石の分離・浮き上りを生じる可能性があるため避けることとする。
- ・ また、埋立完了後の土地利用の観点から、繰返し荷重がかかる道路用盛土等についての利用はさらなる検討が必要である。

## 2-3. 施工時の手順等について

- ・ 泡瀬地区の埋立工事では周辺へ濁りを拡散させないため排水を抑制しており、埋立工事中は一時的に地下水位が高い状態となっていることがある。一方で、軽石を砂質礫浚渫土又は購入砂と混合した場合、軽石と砂等との粘着が少なく軽石の分離が生じる恐れがあるため、本来の地下水位より高い位置であっても混合土の水面への直接投入は避ける必要がある。
- ・ 事前に軽石を混合した混合土を敷均す場合は、造成地盤の品質確保の観点から 30cm 程度の層厚で転圧することとする。なお、地表面に軽石を敷均し現地盤と攪拌混合する工法等を用いる場合はこの限りではなく、各工法・機材に適した層厚で転圧することとする。
- ・ 混合土を転圧した部分については必要な施工性が確保されていることを確認する必要がある。なお、施工機材の効率的な運用に影響が生じるなど施工性の確保が十分でないと判断される場合は、混合土の強度・性状等の確認を行い必要な対応を行うこととする。

## 3. 利用にあたっての留意点

回収された軽石の埋立柱材としての利用に際しては以下の項目について留意することが必要である。

- ・ 改良剤を用いる場合には、軽石との反応に伴う溶出物に留意が必要。
- ・ 改良剤を用いると地盤が固くなるため、周辺地盤への追随性等が低下する点に留意が

必要。

- ・ 軽石を混合した混合土を埋立材として利用した箇所については、当面の間沈下量等の確認を続け、周辺との著しい差違が生じた場合には関係者と必要な検討・対応を行うこととする。
- ・ 海上で埋立処分を行う軽石については、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律で規定する基準を満たす必要があるため、あらかじめ成分検査を行い有害物質の含有量等について各種基準を満たしていることを確認すること。

以上

## 第 1 回軽石の埋立処分に関する技術検討委員会

### 議事要旨

(これまでの試験結果について)

- ・室内試験と現地試験の結果の差異について、砂質礫土は側面の拘束の影響を受けやすくコーン指数の値が大きくなる傾向があると考えられるため室内試験で得られたコーン指数の値そのものに大きな意味はないと考えるが、埋立に際して有用な土であるということと言えるのではないか。一方で、粘性土の室内試験結果については側面の拘束の影響はそれほど考えられず、コーン指数の値は過大評価ではないと考えられる。

(検討すべき事項)

- ・粒子が大きいと地盤の中で粒子破碎が起こる可能性も考えられるため、その際にどの程度沈下が生じるのか、すなわち進行性の破壊がどの程度生じるのか確認が必要ではないか。
- ・軽石は粒子破碎が生じやすいため、締固めた際の密度管理も重要と考えられる。また、そうした地盤の特性に適した土地の用途についても検討していくことが重要ではないか。
- ・比較的良好な結果が得られている砂質礫土との混合によりなるべく処理を進める観点から、混合土に含まれる軽石の割合を増やすことも検討すべきではないか。

(今後の試験項目)

- ・軽石の混合割合を高めた砂質礫混合土の試験が必要。
- ・転圧後の状況（粒度変化）の確認が必要。その際、粒子破碎による粒径の変化に伴う見かけの比重の変化を確認することが重要である。また、すりつぶして土粒子密度を測定することも必要。
- ・軽石の特性に関しては、せん断特性、圧縮特性、保水性、透水性を確認することが必要。例えばスレーキング試験なども有効ではないか。

(軽石の埋立処分に際しての留意点)

- ・地下水位との関係にも留意が必要。
- ・改良材を用いる場合には、軽石との反応に伴う溶出物に留意が必要。
- ・改良材を用いると地盤が固くなるため、周辺地盤への追従性等が低下する点にも留意が必要。
- ・施工に際しては軽石と浚渫土砂が分離しないよう水中に直接投入することは避けるよう留意が必要。
- ・品質確保の観点から一度に施工する軽石混合土の層厚に留意が必要。

## 軽石混合土 試験結果（浚渫土（砂質礫）・海砂）

## 1. 軽石、浚渫土混合盛土試験 実施概要

### (1). 試験盛土施工場所

沖縄県沖縄市海邦町地先

### (2). 試験盛土造成作業

若築建設 株式会社

### (3). 試料採取・原位置, 室内試験作業

株式会社 シビルエンジニアリング

### (4). 実証実験実施日

盛土実施 令和4年1月25日

試験実施 令和4年1月26日～2月24日

### (5). 使用材料

土 砂 : 泡瀬埋立地の浚渫土砂・海砂(購入)

軽 石 : -4m物揚場の仮置きとしてある軽石

### (6). 盛土築造

形状 (6m×6m) 1層目(6m×6m×0.3m)

2層目(5m×5m×0.3m)

- ・軽石(単体)
- ・浚渫土(単体) , 浚渫土1:軽石1 , 浚渫土1:軽石2, 浚渫土2:軽石1
- ・海砂(単体) , 海砂1:軽石1 , 海砂1:軽石2, 海砂2:軽石1

合計= 9箇所

### (7). 混合・敷均し・転圧作業方法

土砂と軽石の混合は、スケルトンバケットを装着したバックホウにて行う。

土砂軽石を交互に大型土のうから排出し、均等になるように混合する。

混合した材料を、締固め後の厚さが30cm程度になるようにバックホウで敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラ)で転圧する。

上記の作業を繰り返し、盛土築造とする。

### (8). 試験実施・試験項目

#### 原位置試験

ポータブルコーン貫入試験 ・(コーン抵抗値測定判定)

地盤の平板載荷試験 ・(地盤の支持力判定・沈下量測定)

#### 室内試験

土の粒度試験 ・(粒度分布・破碎後, 粒度分布変化の確認)

土の含水比試験 ・(含水比)自然状態

単位容積質量試験 ・ダンブ運搬想定比重

## 2. 原位置試験結果一覧表

### 2-1. ポータブルコーン貫入試験・地盤の平板載荷試験

表2-1. 原位置試験（コーン貫入試験・載荷試験） 結果表

No	試験名称		軽石 (単体)	浚渫土 (単体)	海砂 (単体)	浚土1:軽石1	浚土1:軽石2	浚土2:軽石1	海砂1:軽石1	海砂1:軽石2	海砂2:軽石1
1	ポータブルコーン貫入抵抗 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		102.0	1040.6	495.8	915.7	793.1	990.3	485.4	633.3	600.5
2	平板載荷 試験	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	300	900	300	750	900	750	450	750	750
		許容支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	100	300	100	250	300	250	150	250	250
		最終沈下量 (mm)	22.90	29.19	19.93	25.04	27.00	28.28	29.38	22.59	20.48

※ポータブルコーン貫入抵抗値、1盛土(7回測定の平均値)

※平板載荷試験（載荷板Φ300mm）盛土中心部にて実施

### 2-2. 砂置換法による現場密度試験

表2-2. 原位置試験（密度試験） 結果表

No	試験名称		軽石 (単体)	浚渫土 (単体)	海砂 (単体)	浚土1:軽石1	浚土1:軽石2	浚土2:軽石1	海砂1:軽石1	海砂1:軽石2	海砂2:軽石1
1	現場密度 試験	含水比 (%)									
		湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )									
		乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )									

### 3. 室内試験結果一覧表

#### 3-1. 単体材における試験結果

表3-1. 単体材料 室内試験結果

No	試験名称		軽石(単体)		軽石(単体)					浚渫土(単体)	海砂(単体)
			自然状態	(締固め後)	19.0mm～ 9.50mm残	9.5mm～ 4.75mm残	4.75mm～ 2.00mm残	2.00mm以下	0.85mm以下	自然状態	自然状態
1	自然含水比 (%)		37.3	37.3	14.2	15.2	21.4	35.4	35.2	16.5	10.4
2	粒 度	最大粒径 D <sub>max</sub> (mm)	26.5	26.5	—	—	—	—	—		
		石分 (75mm以上) (%)	100	100	—	—	—	—	—		
		礫分 (2.00～75mm) (%)	79.0	67.3	—	—	—	—	—		
		砂分 (0.075～2.00mm) (%)	19.0	26.2	—	—	—	—	—		
		細粒分 (0.075mm以下) (%)	2.0	6.5	—	—	—	—	—		
	地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	砂質礫	細粒分混じり 砂質礫	—	—	—	—	—		
		分類記号	(GS)	(GS-F)	—	—	—	—	—		
3	単位容積 質量試験	容積重量 (g/cm <sup>3</sup> )	0.58	—	0.44	0.46	0.50	0.52	0.98	1.56	1.62

### 3-2. 浚渫土・軽石の混合材料における試験結果

表3-2. 浚渫土、軽石、混合材料 室内試験結果

No	試験名称(混合比率)		浚渫土1:軽石1		浚渫土1:軽石2		浚渫土2:軽石1	
			(混合後)	(締固め後)	(混合後)	(締固め後)	(混合後)	(締固め後)
1	自然含水比 (%)		22.1	－	23.2	－	20.0	－
2	粒 度	最大粒径 Dmax (mm)	37.5	37.5	26.5	37.5		
		石分 (75mm以上) (%)	－	－	－	－		
		礫分 (2.00～75mm) (%)	61.7	57.6	64.4	54.3		
		砂分 (0.075～2.00mm) (%)	36.2	39.1	33.9	41.0		
		細粒分 (0.075mm以下) (%)	2.1	3.3	1.7	4.7		
	地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	砂質礫	砂質礫	砂質礫	砂質礫		
		分類記号	(GS)	(GS)	(GS)	(GS)		
3	単位容積 質量試験	容積重量 (g/cm <sup>3</sup> )	1.07	－	0.89	－	1.34	－

※締固め後の試験結果は、現場における締固め後を想定し実施

締固めエネルギー :  $E_c \cong 550\text{kJ/m}^3$

- ・モルツ<sup>®</sup> :  $\phi=150\text{mm} \cdot h=125\text{mm}$
- ・落下高 : 30cm
- ・モルツ<sup>®</sup>容積 :  $2,209\text{cm}^3$
- ・突固め回数 : 55回
- ・ランマー重量 : 2.5kg
- ・突固め回数 : 3層



### 3-3. 海砂・軽石の混合材料における試験結果一覧表

表3-3. 海砂、軽石、混合材料 室内試験結果

No	試験名称(混合比率)		海砂1:軽石1		海砂1:軽石2		海砂2:軽石1	
			(混合後)	(締固め後)	(混合後)	(締固め後)	(混合後)	(締固め後)
1	自然含水比 (%)		16.2	－	20.5	－	14.9	－
2	粒 度	最大粒径 Dmax (mm)	19.0	19.0	19.0	19.0		
		石分 (75mm以上) (%)	－	－	－	－		
		礫分 (2.00～75mm) (%)	21.2	21.3	34.7	31.4		
		砂分 (0.075～2.00mm) (%)	74.2	72.6	61.8	63.2		
		細粒分 (0.075mm以下) (%)	4.6	6.1	3.5	5.4		
	地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	礫質砂	細粒分混じり礫質砂	礫質砂	細粒分混じり礫質砂		
		分類記号	(SG)	(SG-F)	(SG)	(SG-F)		
3	単位容積 質量試験	容積重量 (g/cm <sup>3</sup> )	1.09	－	0.91	－	1.32	－

※締固め後の試験結果は、現場における締固め後を想定し実施

締固めエネルギー :  $E_c \cong 550\text{kJ/m}^3$

- ・モルツ<sup>®</sup> :  $\phi=150\text{mm} \cdot h=125\text{mm}$
- ・落下高 : 30cm
- ・モルツ<sup>®</sup>容積 :  $2,209\text{cm}^3$
- ・突固め回数 : 55回
- ・ランマー重量 : 2.5kg
- ・突固め回数 : 3層

#### 4. ポータブルコーン貫入試験 結果詳細

先端角 $30^\circ$  のコーンを人力により地盤中に押し込み、このときの貫入抵抗値からコーン貫入抵抗値を求める。

測定箇所としては、図4-1. に示す。

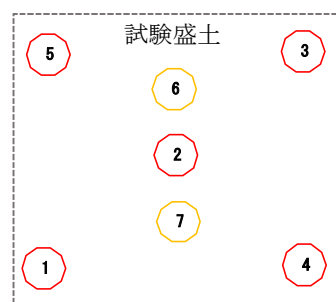


図4-1. コーン測定位置

表4-1. 単体・混合材 コーン貫入抵抗結果

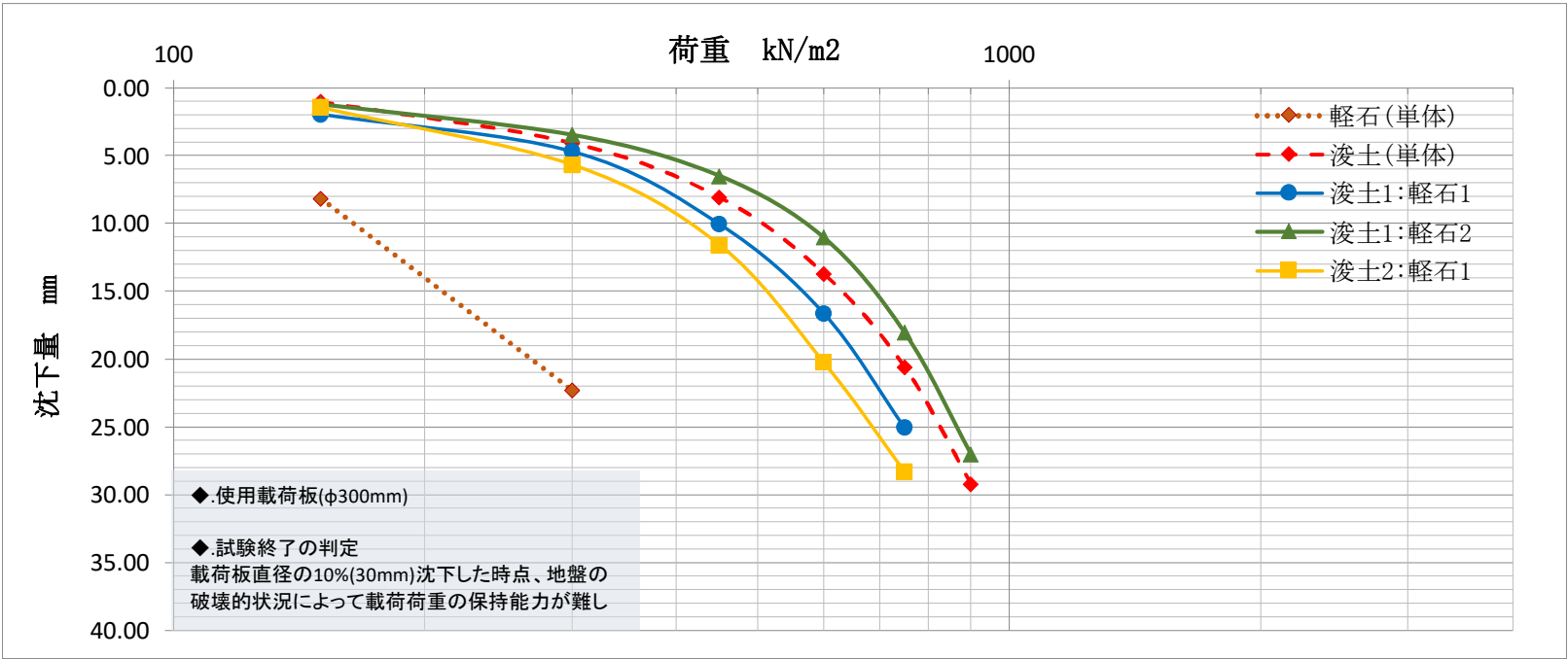
測定箇所	軽石(単体)	浚土(単体)	海砂(単体)	浚渫土1:軽石1	浚渫土1:軽石2	浚渫土2:軽石1	海砂1:軽石1	海砂1:軽石2	海砂2:軽石1
	コーン貫入抵抗 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )			コーン貫入抵抗 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )			コーン貫入抵抗 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )		
①	68.2	865.0	214.8	723.1	619.1	600.2	304.7	394.5	640.4
②	139.2	1196.0	640.4	1018.7	1108.5	1120.4	628.6	1023.4	687.7
③	80.0	1030.5	297.6	805.9	493.8	969.0	297.6	623.8	387.4
④	82.4	829.5	307.0	782.3	472.5	843.7	340.1	444.2	413.4
⑤	94.2	924.1	314.1	865.0	418.1	959.6	309.4	453.6	569.5
⑥	113.1	1219.7	829.5	1113.3	1219.7	1219.7	735.0	770.4	723.1
⑦	136.8	1219.7	867.4	1101.4	1219.7	1219.7	782.3	723.1	782.3
平均値	102.0	1040.6	495.8	915.7	793.1	990.3	485.4	633.3	600.5

## 5. 地盤の平板載荷試験 結果詳細

### 5-1. 平板載荷試験結果 (軽石単体)(浚渫土混合)

表5-1. 地盤の平板載荷試験 (軽石単体)(浚渫土混合)材料 試験結果

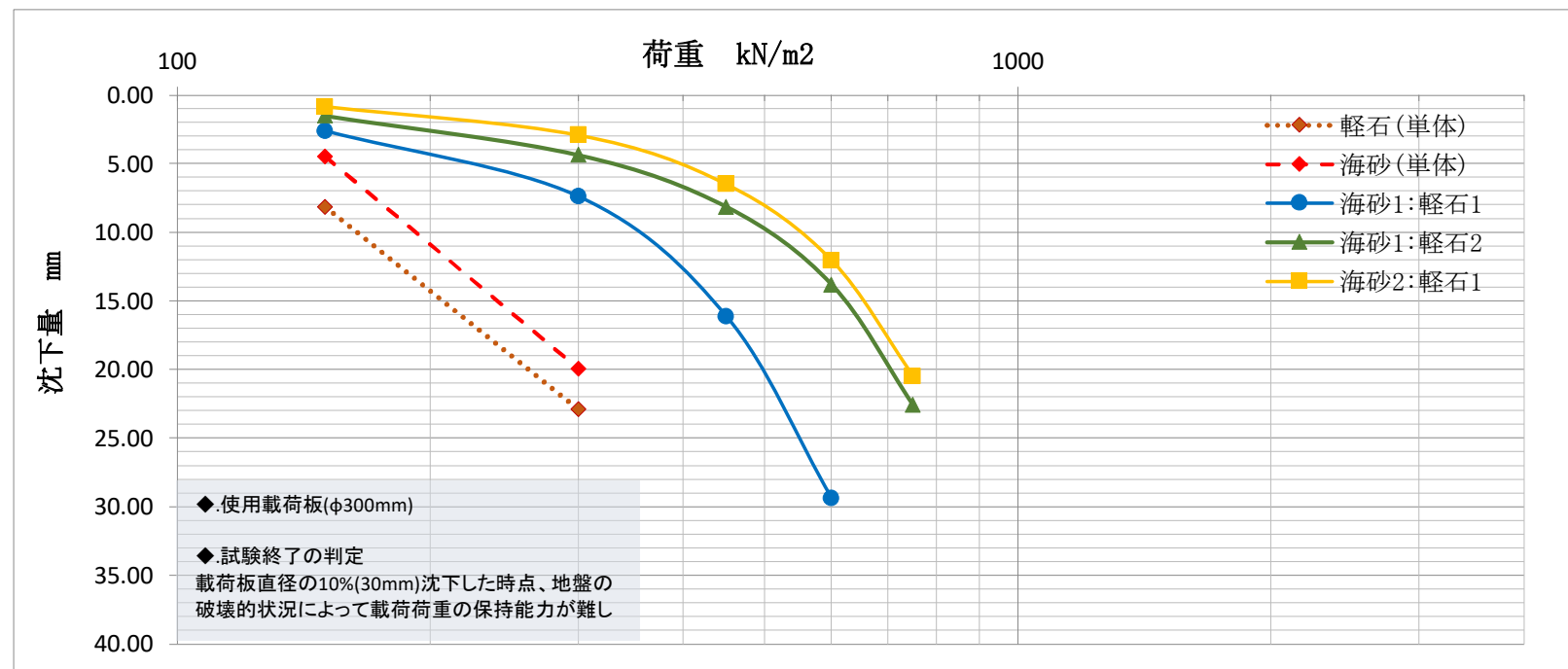
段階(1~8)	1段階	2段階	3段階	4段階	5段階	6段階	7段階	8段階
段階荷重 $\text{kN/m}^2$	150	300	450	600	750	900	1050	1200
軽石(単体) 沈下量(mm)	8.14	22.29	—	—	—	—	—	—
浚土(単体) 沈下量(mm)	1.01	4.06	8.05	13.68	20.59	29.19	—	—
浚土1:軽石1 沈下量(mm)	1.94	4.67	10.04	16.61	25.04	—	—	—
浚土1:軽石2 沈下量(mm)	1.20	3.44	6.48	11.01	18.02	27.00	—	—
浚土2:軽石1 沈下量(mm)	1.42	5.67	11.58	20.22	28.28	—	—	—



5-2. 平板載荷試験結果 (軽石単体)(海砂混合)

表5-2. 地盤の平板載荷試験 (軽石単体)(海砂混合)材料 試験結果

段階(1~8)		1段階	2段階	3段階	4段階	5段階	6段階	7段階	8段階
段階荷重 $\text{kN/m}^2$		150	300	450	600	750	900	1050	1200
軽石(単体)	沈下量(mm)	8.14	22.90	—	—	—	—	—	—
海砂(単体)	沈下量(mm)	4.48	19.93	—	—	—	—	—	—
海砂1:軽石1	沈下量(mm)	2.61	7.38	16.12	29.38	—	—	—	—
海砂1:軽石2	沈下量(mm)	1.51	4.37	8.16	13.81	22.59	—	—	—
海砂2:軽石1	沈下量(mm)	0.85	2.91	6.49	12.05	20.48	—	—	—



## 6. 含水比試験 結果詳細

含水比試験は、恒温乾燥炉にて温度を(110±5)℃により測定。

表6-1. 含水比試験 軽石・浚渫土・海砂 (単体)

管理番号	軽石(単体)			浚渫土(単体)			海砂(単体)		
測 定	37.2	38.2	36.5	16.2	17.4	16.0	10.4	10.2	10.6
平均値 W ( % )	37.3			16.5			10.4		

表6-2. 含水比試験 浚渫土・軽石(混合)

管理番号	浚土1:軽石1			浚土1:軽石2			浚土2:軽石1		
測 定	22.5	21.8	22.0	23.4	23.6	22.6	20.5	20.1	19.5
平均値 W ( % )	22.1			23.2			20.0		

表6-3. 含水比試験 海砂・軽石(混合)

管理番号	海砂1:軽石1			海砂1:軽石2			海砂2:軽石1		
測 定	16.4	16.1	16.1	20.2	20.5	20.7	14.6	15.2	14.8
平均値 W ( % )	16.2			20.5			14.9		

表6-4. 含水比試験 軽石(単体) 粒径別

管理番号	19.0mm～9.50mm残			9.5mm～4.75mm残			4.75mm～2.00mm残			2.00mm以下			0.85mm以下		
測 定	13.8	14.0	14.7	15.5	14.9	15.2	21.3	21.5	21.3	35.4	35.2	35.5	34.9	35.3	35.4
平均値 W ( % )	14.2			15.2			21.4			35.4			35.2		

## 7. 単位容積試験 結果詳細

単位容積質量試験は、ジグギングにより容器に詰めて質量を測定。

※ジグギング：容器を片側5cm程度持ち上げて床を叩くように落下させ、詰めていく方法による。

表7-1. 単位容積試験 軽石・浚渫土・海砂（単体）

管理番号	軽石(単体)		浚渫土(単体)		海砂(単体)	
測 定	0.581	0.573	1.550	1.561	1.609	1.626
平均値 (g/cm <sup>3</sup> )	0.58		1.56		1.62	

表7-2. 単位容積試験 浚渫土・軽石(混合)

管理番号	浚土1:軽石1		浚土1:軽石2		浚土2:軽石1	
測 定	1.065	1.077	0.891	0.898	1.355	1.324
平均値 (g/cm <sup>3</sup> )	1.07		0.89		1.34	

表7-3. 単位容積試験 海砂・軽石(混合)

管理番号	海砂1:軽石1		海砂1:軽石2		海砂2:軽石1	
測 定	1.085	1.087	0.902	0.909	1.310	1.321
平均値 (g/cm <sup>3</sup> )	1.09		0.91		1.32	

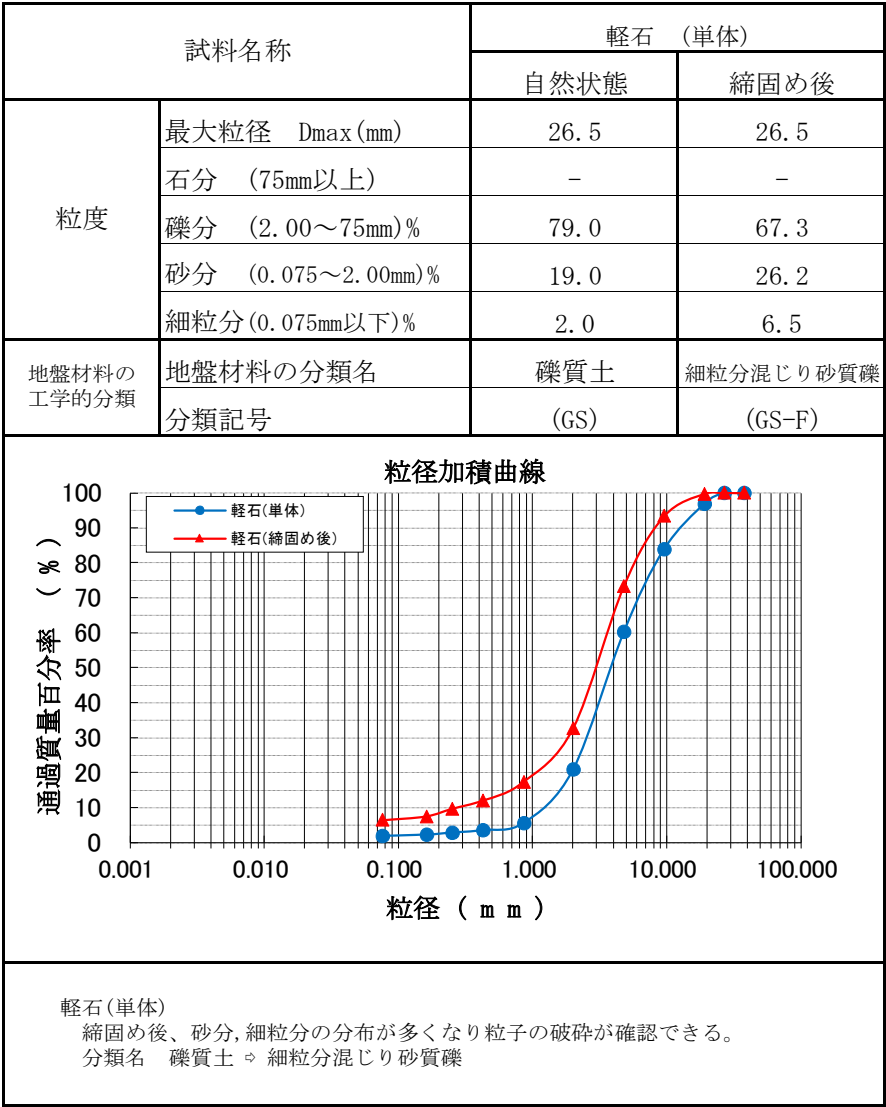
表7-4. 単位容積試験 軽石(単体) 粒径別

管理番号	19.0mm～9.50mm残		9.5mm～4.75mm残		4.75mm～2.00mm残		2.00mm以下		0.85mm以下	
測 定	0.437	0.438	0.462	0.461	0.500	0.503	0.522	0.525	0.983	0.975
平均値 (g/cm <sup>3</sup> )	0.44		0.46		0.50		0.52		0.98	

8. 粒度試験における破碎検結果詳細

8-1. 粒度結果（軽石単体）

表8-1. 粒度試験結果(軽石)



8-2. 粒度結果（浚渫土:軽石）

表8-2. 粒度試験結果(浚渫土1:軽石1)

試料名称		浚渫土1：軽石1	
		混合後	締固め後
粒度	最大粒径 Dmax (mm)	37.5	37.5
	石分 (75mm以上)	-	-
	礫分 (2.00～75mm)%	61.7	57.6
	砂分 (0.075～2.00mm)%	36.2	39.1
	細粒分(0.075mm以下)%	2.1	3.3
地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	砂質礫	砂質礫
	分類記号	(GS)	(GS)

粒径加積曲線

粒径 (mm)	混合後 (%)	締固め後 (%)
0.075	2.1	3.3
0.15	2.1	3.3
0.3	2.1	3.3
0.6	2.1	3.3
1.2	2.1	3.3
2.5	36.2	39.1
5.0	61.7	57.6
10.0	88.3	86.7
20.0	97.9	96.7
37.5	100.0	100.0

浚渫土1:軽石1  
締固め後、ほとんど粒度分布の変化は見られない。  
分類名 砂質礫 ⇨ 砂質礫

表8-3. 粒度試験結果(浚渫土1:軽石2)

試料名称		浚渫土1：軽石2	
		混合後	締固め後
粒度	最大粒径 Dmax (mm)	37.5	37.5
	石分 (75mm以上)	-	-
	礫分 (2.00～75mm)%	64.4	54.3
	砂分 (0.075～2.00mm)%	33.9	41.0
	細粒分(0.075mm以下)%	1.7	4.7
地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	砂質礫	砂質礫
	分類記号	(GS)	(GS)

粒径加積曲線

粒径 (mm)	混合1:2 (%)	締固め後1:2 (%)
0.075	1.7	4.7
0.15	1.7	4.7
0.3	1.7	4.7
0.6	1.7	4.7
1.2	1.7	4.7
2.5	33.9	41.0
5.0	64.4	54.3
10.0	88.3	86.7
20.0	97.9	96.7
37.5	100.0	100.0

浚渫土1:軽石2  
締固め後、砂分、細粒分の分布が多くなり粒子の破碎が確認できる。  
分類名 砂質礫 ⇨ 砂質礫



8-3. 粒度結果 (海砂:軽石)

表8-5. 粒度試験結果(海砂1:軽石1)

試料名称		海砂1：軽石1	
		混合後	締固め後
粒度	最大粒径 Dmax (mm)	19.0	19.0
	石分 (75mm以上)	-	-
	礫分 (2.00～75mm)%	21.2	21.3
	砂分 (0.075～2.00mm)%	74.2	72.6
	細粒分 (0.075mm以下)%	4.6	6.1
地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	礫質砂	細粒分混じり礫質砂
	分類記号	(SG)	(SG-F)

粒径加積曲線

通過質量百分率 (%)

粒径 (mm)

混合 1:1  
締固め後 1:1

海砂1:軽石1  
締固め後、ほとんど粒度分布の変化は見られない。  
分類名 礫質砂 ⇨ 細粒分混じり礫質砂

表8-6. 粒度試験結果(海砂1:軽石2)

試料名称		海砂1：軽石2	
		混合後	締固め後
粒度	最大粒径 Dmax (mm)	19.0	19.0
	石分 (75mm以上)	-	-
	礫分 (2.00～75mm)%	34.7	31.4
	砂分 (0.075～2.00mm)%	61.8	63.2
	細粒分 (0.075mm以下)%	3.5	5.4
地盤材料の 工学的分類	地盤材料の分類名	礫質砂	細粒分混じり礫質砂
	分類記号	(SG)	(SG-F)

粒径加積曲線

通過質量百分率 (%)

粒径 (mm)

混合 1:2  
締固め後 1:2

海砂1:軽石2  
締固め後、ほとんど粒度分布の変化は見られない。  
分類名 礫質砂 ⇨ 細粒分混じり礫質砂

攪拌状況・盛土築造・単体材料試料採取状況



混合状況



混合状況



盛土築造



軽石(単体)採取状況



浚渫土(単体)採取状況



海砂(単体)採取状況



## 混合材料・試料採取状況



試料採取 浚渫土1:軽石1



試料採取 浚渫土1:軽石2



試料採取 浚渫土2:軽石1



試料採取 海砂1:軽石1



試料採取 海砂1:軽石2



試料採取 海砂2:軽石1

## ポータブルコーン貫入試験 実施状況



軽石(単体) コーン指数 測定状況



浚渫土(単体) コーン指数 測定状況



海砂(単体) コーン指数 測定状況



浚渫土・軽石 混合材 コーン指数 測定状況



海砂・軽石 混合材 コーン指数 測定状況



コーン指数 測定状況



## (軽石) 地盤の平板載荷試験 実施状況



軽石(単体) 反力装置設置状況



載荷試験装置設置状況



沈下計測装置(ダイヤルゲージ)



軽石(単体) 載荷板沈下測定状況



軽石(単体) 載荷試験後・地盤状況



載荷試験後 地盤状況



## (浚渫土) 地盤の平板载荷試験 実施状況



浚渫土(単体) 反力装置設置状況



载荷試験装置設置状況



沈下計測装置(ダイヤルゲージ)



浚渫土(単体) 载荷板沈下測定状況



浚渫土(単体) 载荷試験後・地盤状況



载荷試験後 地盤状況



## (海砂) 地盤の平板载荷試験 実施状況



海砂(単体) 反力装置設置状況



载荷試験装置設置状況



沈下計測装置(ダイヤルゲージ)



海砂(単体) 载荷板沈下測定状況



海砂(単体) 载荷試験後・地盤状況



载荷試験後 地盤状況



## 現場密度試験(砂置換法) 実施状況



試験孔掘削(試料採取)



測定状況(砂置換)



砂置換測定完了(試料土・砂)



砂置換測定状況(軽石)



砂置換測定状況(浚渫土)



砂置換測定状況(海砂)





軽石(单体)

余 白



浚渫土(单体)

余 白



海砂(单体)

余 白

## 単位容積試験 実施状況



試料詰込み



ジグギング状況(型詰め)



型詰め完了



軽石(単体)



軽石 9.50mm~4.75mm残留



軽石 0.85mm以下

## 破碎試験(ランマーによる突固め作業)・粒度試験 実施状況



モールド  $\phi=150\text{mm}$



ランマー重量 2.5kg 突固め実施



突き固め完了



粒度試験実施 ふるい分析



粒度試験実施 ふるい分析



粒度試験実施 ふるい分析



## 軽石粒径別 観察状況



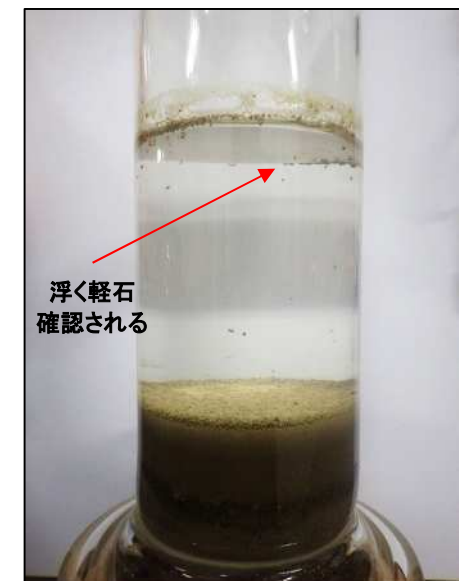
軽石(単体)



軽石 4.75mm~2.00mm残留



軽石 0.85mm以下



# 軽石混合土 試験結果 (浚渫土 (粘性土) ①)

## 軽石の再利用に伴う実証実験

### § 1. 軽石、浚渫土混合盛土試験

#### 実施概要

(1). 試験盛土施工場所

沖縄県沖縄市海邦町地先

(2). 試験盛土造成作業

若築建設 株式会社

(3). 試料採取・室内試験作業

株式会社 シビルエンジニアリング

(4). 実証実験実施日

試料採取 令和4年2月5日

試験実施 令和4年2月7日～2月9日

(5). 使用材料

土 砂 : 泡瀬埋立地の浚渫土砂

軽 石 : 泡瀬埋立地の仮置きとしてある軽石

(6). 試料採取

シルト分の多い浚渫土を対象に採取する。

(7). 室内混合試験

浚渫土(粘性土)の対象土としては、現地土の含水比変化(硬い～非常に軟らかい)を考慮し  
試料土4ケースとする。

#### 浚渫土

サンプル①. ②. ③. ④ 含水比変化の4試料

#### 軽石混合割合

TYPE① 混合(土砂 1 : 1 軽石) ※浚渫土(含水比変化 4試料)

TYPE② 混合(土砂 1 : 2 軽石) ※浚渫土(含水比変化 4試料)

(8). 試験実施・試験項目

#### 混合試験

浚渫土と軽石の混合

#### 室内試験

締め固めた土のコーン指数試験 ・「発生土利用基準」判定

土の含水比試験 ・「発生土利用基準」判定

(9). 検討後の試験

発生土利用基準(第3種未満の場合)は、固化材添加量を検討し室内配合試験の実施計画とする。

## § 2. 試料採取

バックホウ・人力にて試料採取



写真 1. サンプル ① 試料採取



写真 2. サンプル ② 試料採取



写真 3. サンプル ③ 試料採取



写真 4. サンプル ④ 試料採取



写真 5. 軽石採取



### § 3. 室内混合試験

室内混合試験は、浚渫土砂(粘性土)を対象に軽石混入(1:1), (1:2)の2パターンにより混合し、締め固めた土のコーン指数試験による測定を行う。

浚渫土：試料4ケース 軽石：単 独

サンプル①(浚渫土)	含水比	41.7 %	混合比	(浚渫土1 : 軽石1)
〃			混合比	(浚渫土1 : 軽石2)
サンプル②(浚渫土)	含水比	51.1 %	混合比	(浚渫土1 : 軽石1)
〃			混合比	(浚渫土1 : 軽石2)
サンプル③(浚渫土)	含水比	59.8 %	混合比	(浚渫土1 : 軽石1)
〃			混合比	(浚渫土1 : 軽石2)
サンプル④(浚渫土)	含水比	70.0 %	混合比	(浚渫土1 : 軽石1)
〃			混合比	(浚渫土1 : 軽石2)

#### 混合方法

約50ℓの容積(バケツ)を利用し、約2ℓに対して湿潤土と軽石の容積比混合とする。

後に、混合された試料土において、締め固めた土のコーン指数測定を行う。

#### 試験状況



写真 6. 浚渫土(現状状況)

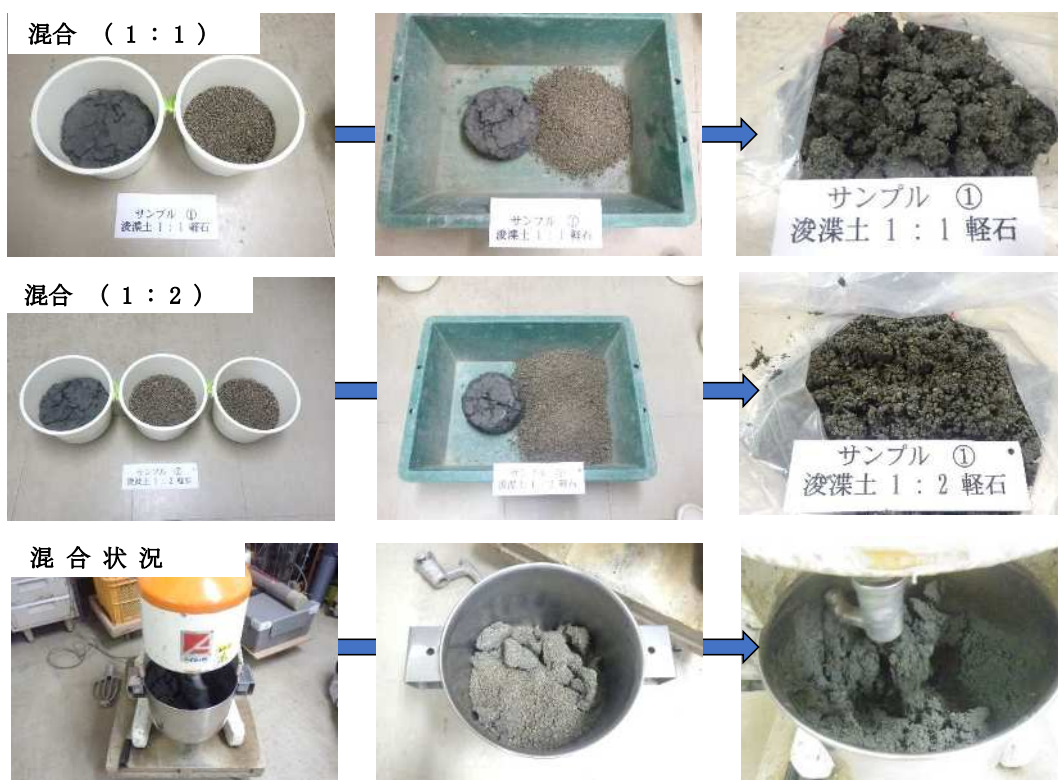


写真 7. 混合試験状況



#### § 4. 室内試験結果

今回実施した室内土質試験結果を下記の表に示す。

表4-1. 試験結果一覧（浚渫土）

試料番号	浚 渫 土			
	サンプル①	サンプル②	サンプル③	サンプル④
自然含水比 (%)	41.7	51.1	59.8	76.7
コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	242	77	26	0

表4-2. 試験結果一覧（浚渫土・軽石 混合土）

試料番号	サンプル①		サンプル②		サンプル③		サンプル④	
	1 : 1	1 : 2	1 : 1	1 : 2	1 : 1	1 : 2	1 : 1	1 : 2
混合含水比 (%)	35.8	34.8	40.5	38.4	46.2	43.7	54.9	47.8
コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	344	849	93	374	38	85	21	59

※軽石の混合試料は、粒径9.50mm以下による  
 ※締固めた土のコーン指数は(25回3層)による  
 ※(浚渫土1:1軽石)(浚渫土1:2軽石)

## § 5. 締固めた土のコーン指数試験

コーン指数試験は締固めた供試体によりコーンペネトロメーターを用いてコーン指数を求め貫入試験により、コーン指数を求める。

本試験の実施としては、最大粒径9.5mmにて突固め供試体作製とし試験の実施とした。



写真 8. 突固め供試体作製・コーン指数測定

### 5-1. 浚渫土(現状土)における各サンプルによる、コーン指数試験結果

表5-1. 浚渫土砂 コーン指数結果

試料番号	土質名	自然含水比 (%)	コーン指数 $q_c$ $\text{kN/m}^2$
サンプル ①	粘性土	41.7	242
サンプル ②	粘性土	51.1	77
サンプル ③	粘性土	59.8	26
サンプル ④	粘性土	76.7	0

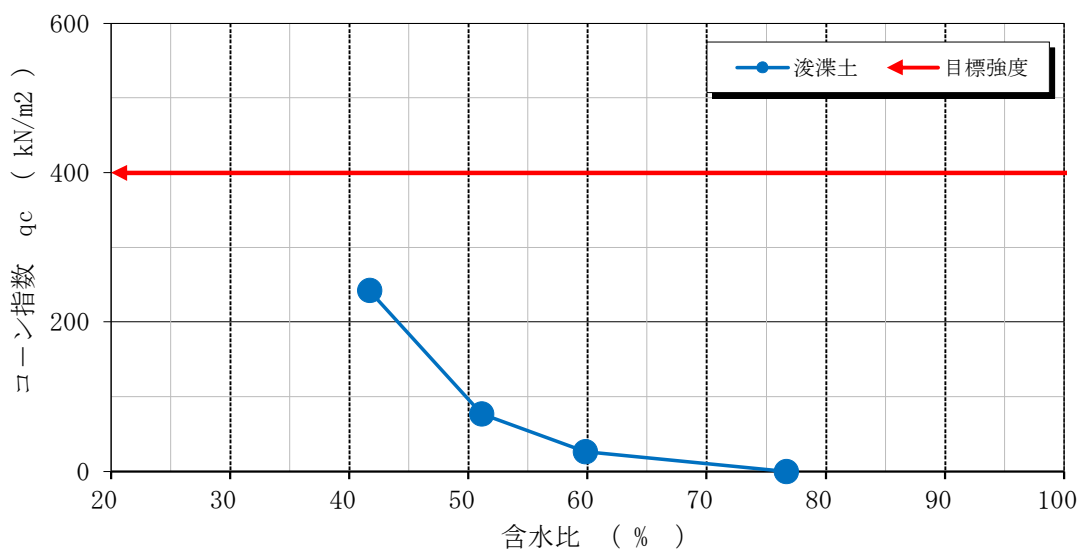


図5-1. 含水比ーコーン指数

浚渫土(粘性土)において、含水比変化時のコーン指数測定結果としては、含水比が高くなるほどコーン指数は小さくなる傾向にある。

含水比別のコーン指数結果としては、 $q_c=0\sim 240\text{kN/m}^2$ 程度の結果であった。

建設発生土の土質区分(第3種建設発生土)にて評価すると、 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上の値は期待できない状態にある。

## 5-2. 混合後における各サンプルによる、コーン指数試験結果

表5-2. 混合後 コーン指数結果

混合比	試料番号	自然含水比 (%)	コーン指数 $q_c$ $\text{kN/m}^2$
浚渫土1：軽石1	サンプル ①	35.8	<b>344</b>
	サンプル ②	40.5	<b>93</b>
	サンプル ③	46.2	<b>38</b>
	サンプル ④	54.9	<b>21</b>
浚渫土1：軽石2	サンプル ①	34.8	<b>849</b>
	サンプル ②	38.4	<b>374</b>
	サンプル ③	43.7	<b>85</b>
	サンプル ④	47.8	<b>59</b>

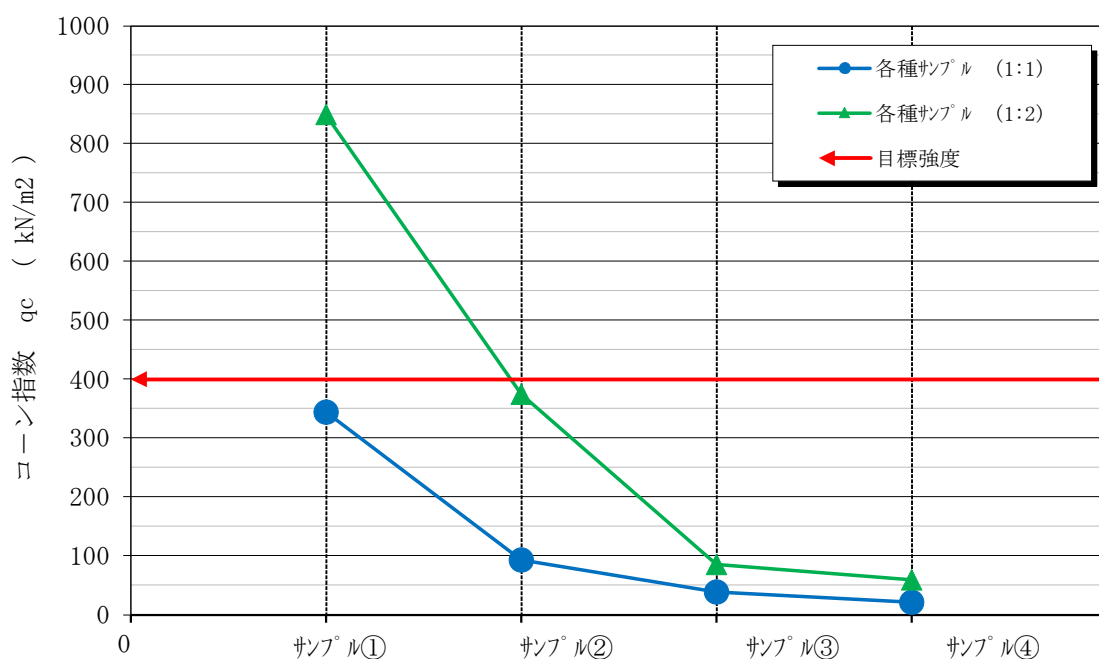


図5-2. 混合サンプル別におけるコーン指数

浚渫土、軽石の混合試験後にてコーン指数試験の測定結果

サンプル(1:1)におけるコーン指数は、 $q_c=21\sim344\text{kN/m}^2$ の結果であった。

サンプル(1:2)におけるコーン指数は、 $q_c=59\sim849\text{kN/m}^2$ の結果であった。

建設発生土の土質区分(第3種建設発生土)にて評価すると、混合(1:1)の場合では、 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上の値は満足できなかった。

混合(1:2)の場合ではサンプル①の試料で $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上の値を確認された。混合(1:2)の結果は、軽石が多く混入することによりコーン抵抗値が大きくなった傾向であると考えらる。

しかし現時点での軽石単材には課題があるため土質改良を行う場合は、軽石混入率を(1:1)の割合にて考え、固化剤の添加量の検討をする。

## 写真集

軽石の再利用に伴う実証実験【試料採取写真】



試料採取 ①



試料採取 ①



試料採取 ②



試料採取 ②



試料採取 ③



試料採取 ③



試料採取 ④



試料採取 ④





サンプル ① 含水比(41.7%)



サンプル ② 含水比(51.1%)



サンプル ③ 含水比(59.8%)



サンプル ④ 含水比(76.7%)

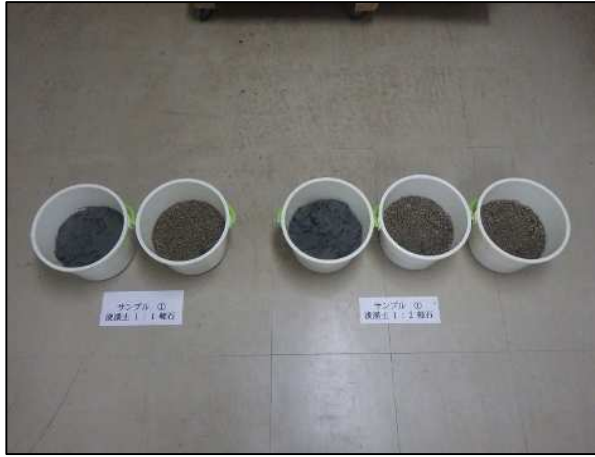


締固めた土のコーン指数試験 突き固め状況



締固めた土のコーン指数試験 測定状況

軽石の再利用に伴う実証実験【室内土質試験写真】



サンプル ① (1:1) (1:2)



サンプル ② (1:1) (1:2)



サンプル ③ (1:1) (1:2)



サンプル ④ (1:1) (1:2)



練り混ぜ状況



8タイプ 練り混ぜ完了



締固めた土のコーン指数試験 突き固め状況



締固めた土のコーン指数試験 測定状況

## 軽石混合土 試験結果 (浚渫土（粘性土）②)



## 軽石の再利用に伴う実証実験

### § 1. 軽石、浚渫土混合室内試験

#### 実施概要

(1). 試料採取場所

沖縄県沖縄市泡瀬埋立地先

(2). 施工業者

若築建設 株式会社

(3). 試料採取・室内試験作業

株式会社 シビルエンジニアリング

(4). 実証実験実施日

試料採取 令和4年2月5日

試験実施 令和4年2月12日～2月22日

(5). 使用材料

土 砂 : 泡瀬埋立地の浚渫土砂

軽 石 : 泡瀬埋立地の仮置きとしてある軽石

(6). 使用固化材

美らソイル (石膏系土質改良材)

(7). 室内配合試験

事前に浚渫と軽石の混合試験を行ったサンプル①～④の結果より、今回の固化材における配合試験の対象土としては、サンプル②, ④の2ケースにより試験の実施とする。

浚渫土 サンプル②, ④ 含水比変化の2試料

#### 軽石混合割合・固化材添加量

サンプル② 混合(土砂 1 : 1 軽石) ※浚渫土(含水比 41.7%)  
固化材添加量 = 30 , 60 , 90 kg/m<sup>3</sup>

サンプル④ 混合(土砂 1 : 1 軽石) ※浚渫土(含水比 76.7%)  
固化材添加量 = 60 , 90 , 120 kg/m<sup>3</sup>

養生期間 1日・2日・3日・7日

(8). 試験実施・試験項目

#### 混合試験

浚渫土と軽石の混合後に、固化材添加混合(添加量水準3タイプ)

#### 室内試験

締め固めた土のコーン指数試験 ・「発生土利用基準」判定

土の含水比試験 ・「発生土利用基準」判定

(9). 固化材添加量の決定

建設発生土の土質区分(第3種建設発生土)コーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上を確保できる添加量を算出する。

§ 2. 室内配合試験方法

固化材添加配合試験の前に、浚渫土と軽石の単体による混合(1:1)試験を行い、配合試験の対象土を準備する。

準備された混合土(1:1)により、所定の固化材添加量を3水準の計画により配合試験の実施とする。

配合試験の実施

試料土に所定量の固化材を加えて、ソイルミキサーで均一になるように10分間程度混合し、混合後の試料土をビニール袋等に密封し、所定の期間静置養生。

所定期間養生後に、試料土をときほぐし、突固めによるコーン貫入試験を行いコーン指数を測定。

注) 供試体作製方法は、処理土の品質判定・土質区分判定のための調査試験方法として、処理土を一旦ときほぐし締め固めたによる供試体作製による方法が標準とされている事から、室内試験時の供試体作製方法を所定期間養生し突固めによる供試体作製方法としコーン指数の測定を行う。

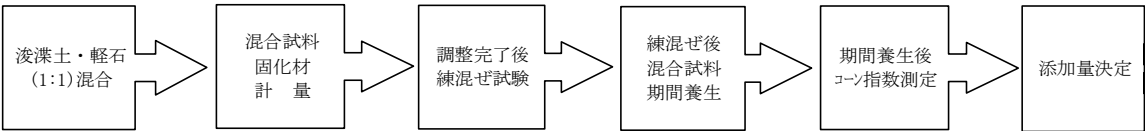


図2-1. 試験実施フロー

表2-1. 配合条件

対象土	固化材	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	養生期間	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )
サンプル ② 混 合 (浚渫土1:1軽石)	美らソイル	30	1・2・3・7日 養 生	締め固めた土の コーン指数試験
		60		
		90		
サンプル ④ 混 合 (浚渫土1:1軽石)		60		
		90		
		120		

サンプル②と④の試料土は、浚渫土単独での含水比が異なる試料による。

②(含水比52.2%)と④(含水比82.2%)での配合添加量を変えて実施。

### § 3. 現場添加量・室内目標強度の設定方法

#### ・現場添加量の設定

現場施工と室内試験における条件は、施工機械と室内試験時の混合の相違や、養生条件の相違に起因する強さの差が存在する。また、現場施工において改良区域での土質のバラツキや含水比の相違による現場強さの変動がある。このため、室内配合試験結果から現場添加量を設定するには、経験的に求められた（現場/室内）強さ比を考慮する。

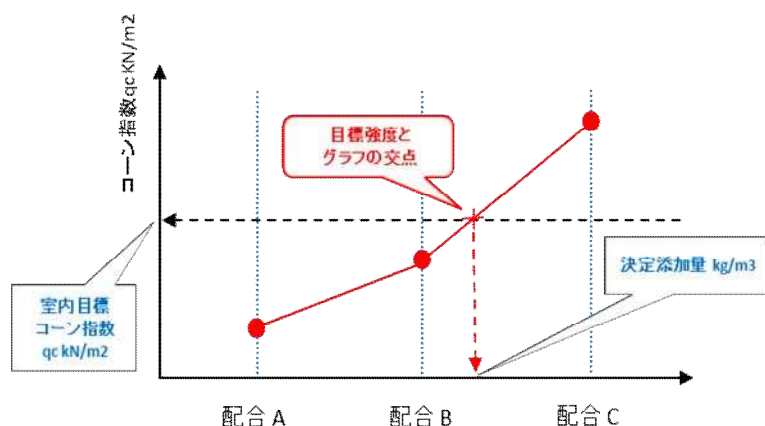


表3-1. 浅層改良における（現場／室内）強さ比

固化材	改良の対象	施 工 機 械	(現場／室内) 強さ比
粉 体	軟弱土	スタビライザー	0.5 ～ 0.8
		バックホウ	0.3 ～ 0.7

資料：セメント系固化材による地盤改良マニュアル

#### ・室内目標強度の設定

現場添加量の設定方法は（現場/室内）強さを考慮し、室内目標強さを決める。

目標強度算定方法としては、処理土の品質区分より第3種改良土コーン指数400kN/m<sup>2</sup>以上(通常の施工性が確保できる指数)と設定し、（現場/室内）強度比を考慮し室内目標強度とする。

室内目標強度 = 現場必要目標強度 ÷ （現 場／室 内）強度比

今回の試験では、現地でバックホウ混合を想定し（現場／室内）強度比は、0.5を採用。

（表3-1より 粉体 軟弱土0.3～0.7による平均値）

表3-2. 発生土利用基準に対応した室内目標強度

区 分	必要強度 コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	(現場/室内) 強さ比	室内目標強度 コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )
第2種改良土	800	0.5	1600
第3種改良土	400	0.5	800
第4種改良土	200	0.5	400

$$\text{室内目標強度} \quad 400 \quad \div \quad 0.5 \quad = \quad 800 \quad \text{kN/m}^2$$

#### § 4. 室内配合試験実施

浚渫土：試料2ケース 軽石：単 独

サンプル②(浚渫土) 含水比 52.2 % ⇨ 混合比 (浚渫土1 : 軽石1)  
 固化材(美らソイル) 添加量 ⇨ 30kg/m<sup>3</sup> , 60kg/m<sup>3</sup> , 90kg/m<sup>3</sup>

サンプル④(浚渫土) 含水比 82.2 % ⇨ 混合比 (浚渫土1 : 軽石1)  
 固化材(美らソイル) 添加量 ⇨ 60kg/m<sup>3</sup> , 90kg/m<sup>3</sup> , 120kg/m<sup>3</sup>

混 合 方 法 約50lの容積(バケツ)を利用し、湿潤土と軽石の容積比混合(1:1)とする。  
 後に、混合された試料土において、所定の添加量にて練り混ぜ試験の実施とする。

コーン指数試験 所定の期間養生後に、締め固めた土のコーン指数試験による測定を行う。

##### ・浚渫土と軽石(1:1)の混合実施

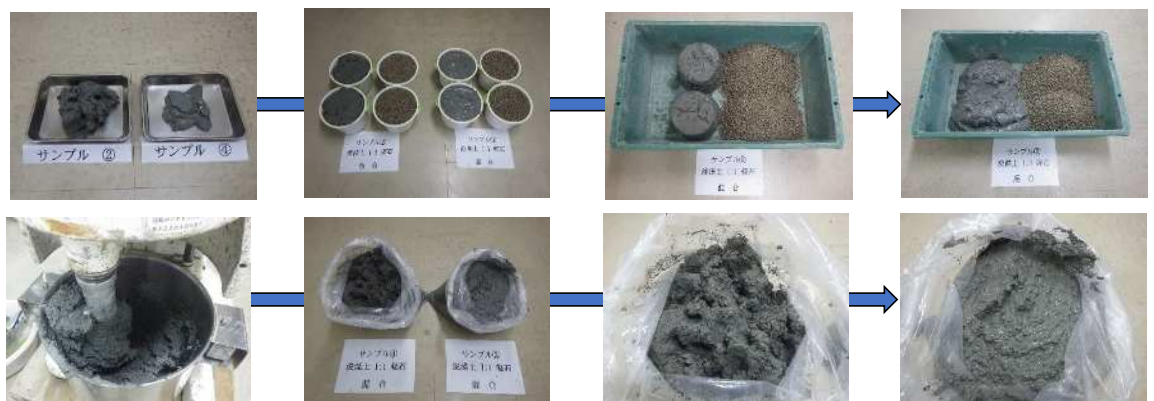


写真1. 混合試験状況

##### ・サンプル②、④の固化材添加量の実施 練混ぜ・養生

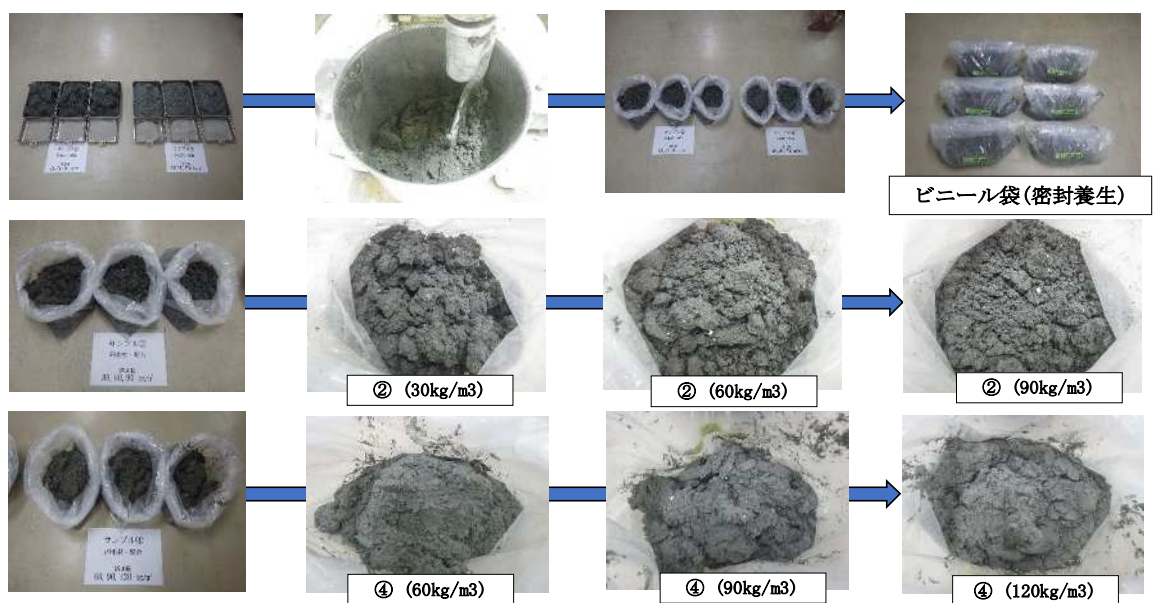


写真2. 固化材配合試験状況

##### ・所定日数養生後 締め固めた土のコーン指数試験測定



写真3. コーン指数結果測定状況

## § 5. 室内配合試験結果

今回実施した室内配合試験結果を下記の表に示す。

表5-1. 試験結果一覧 (原土)・(混合土)

試料番号	軽 石	浚渫土(粘性土)		混合比率 (1:1)	
		サンプル②	サンプル④	サンプル②	サンプル④
含水比 (%)	25.0	52.2	82.2	42.9	65.6
コーン指数 qc (kN/m <sup>2</sup> )	—	75	0	94	28

表5-2. サンプル②(1:1) 配合試験結果一覧

試料番号	固化材	養 生	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	コーン指数 qc (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)
サンプル② (1:1)	美らソイル	1 日	30	442	41.7
			60	706	39.9
			90	1412	30.3
		2 日	30	480	41.3
			60	1083	39.7
			90	2353	29.7
		3 日	30	537	39.9
			60	1285	39.2
			90	qc>2000	31.3
		7 日	30	1068	39.9
			60	qc>2000	38.4
			90	qc>2000	31.2

表5-3. サンプル④(1:1) 配合試験結果一覧

試料番号	固化材	養 生	添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	コーン指数 qc (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)
サンプル④ (1:1)	美らソイル	1 日	60	137	57.3
			90	231	55.7
			120	400	51.3
		2 日	60	155	57.1
			90	278	56.0
			120	485	49.5
		3 日	60	249	55.7
			90	405	55.0
			120	692	50.7
		7 日	60	438	56.0
			90	692	54.8
			120	1365	46.4

※軽石の混合試料は、粒径9.50mm以下による  
※(浚渫土1:1軽石)

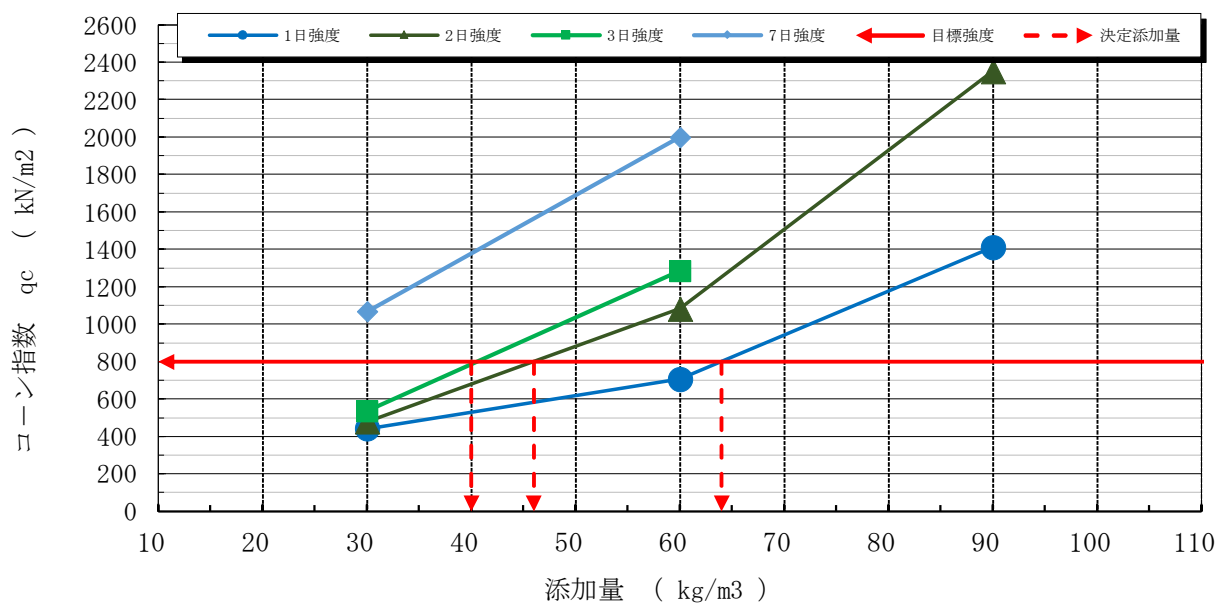
※締固めた土のコーン指数は(25回3層)による

## § 6. 固化材混合養生後における締固めた土のコーン指数試験

### 6-1. サンプル②(1:1) コーン指数試験結果

表6-1. サンプル②(1:1) コーン指数結果表

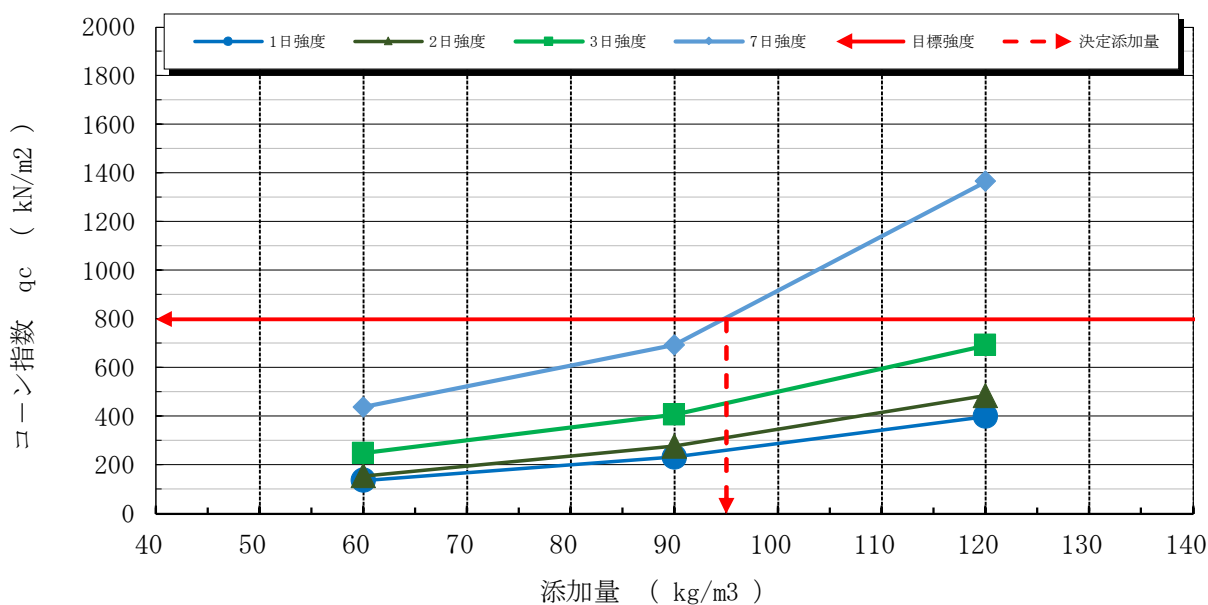
サンプル	固化材	添加量 kg/m <sup>3</sup>	コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>2</sup>			
			1日強度	2日強度	3日強度	7日強度
② (1:1)	美らソイル	30	442	480	537	1068
		60	706	1083	1285	$q_c > 2000$
		90	1412	2353	$q_c > 2000$	$q_c > 2000$



### 6-2. サンプル④(1:1) コーン指数試験結果

表6-2. サンプル④(1:1) コーン指数結果表

サンプル	固化材	添加量 kg/m <sup>3</sup>	コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>2</sup>			
			1日強度	2日強度	3日強度	7日強度
④ (1:1)	美らソイル	60	137	155	249	438
		90	231	278	405	692
		120	400	485	692	1365



## § 7. 添加量の決定

現場処理目標(第3種処理土、 $q_c=400\text{kN/m}^2$ )に対し強度比0.5として、室内目標コン指数 $q_c=800\text{kN/m}^2$ としての目標に対する添加量の算出結果を表7-1に示す。

表7-1. 養生日数に対応する添加量

サンプル	基準値区分	目標コン指数 qc (kN/m <sup>2</sup> )		養生期間に対する添加量 (kg/m <sup>3</sup> )			
		現 場	室 内	1日養生	2日養生	3日養生	7日養生
② (1:1)	第3種処理土	400	800	64	46	40	30
④ (1:1)				－	－	－	95
使用固化材	美らソイル (石膏系土質改良材)						
<p>配合試験結果、第3種処理土400kN/m<sup>2</sup>(室内目標qc=800kN/m<sup>2</sup>)以上を確保できる 固化材量として、7日養生後での添加量は以下のとおりである。</p> <p>サンプル②(1:1)固化材添加量30kg/m<sup>3</sup>である。 サンプル④(1:1)固化材添加量95kg/m<sup>3</sup>である。</p>							

## 参 考

### 必要最小添加量

#### ●石灰系

現場における均一な混合性を確保するための必要最小添加量の目安は  $30\text{ kg/m}^3$  とする。

文献資料：石灰による地盤改良マニュアル ・ 日本石灰協会

#### ●セメント系

現場における均一な混合性を確保するための必要最小添加量の目安は  $50\text{ kg/m}^3$  とする。

文献資料：セメント系固化材による地盤改良マニュアル ・ 社団法人 セメント協会





サンプル② 粘性土 含水比(52.2%)



サンプル② 混合(1:1)



サンプル② 混合(1:1)



サンプル④ 粘性土 含水比(82.2%)



サンプル④ 混合(1:1)



サンプル④ 混合(1:1)



軽石の再利用に伴う実証実験【室内配合試験】



練り混ぜ状況



練り混ぜ状況



練り混ぜ後 サンプル② (1:1)



練り混ぜ後 サンプル④ (1:1)

余 白

余 白

軽石の再利用に伴う実証実験【室内配合試験】



サンプル② 添加量(30・60・90kg/m<sup>3</sup>)



サンプル② 混合前



サンプル② 混合後 (添加量60kg/m<sup>3</sup>)



サンプル④ 添加量(60・90・120kg/m<sup>3</sup>)



サンプル④ 混合前



サンプル④ 混合後 (添加量60kg/m<sup>3</sup>)

軽石の再利用に伴う実証実験【室内配合試験】



サンプル② 混合後（ビニール袋にて養生）



サンプル④ 混合後（ビニール袋にて養生）



サンプル②(30. 60. 90kg/m<sup>3</sup>) サンプル④(60. 90. 120kg/m<sup>3</sup>)



ビニール袋(密封養生) 所定期間



軽石の再利用に伴う実証実験【室内配合試験】

所定期間養生後に突固め供試体作製による コーン指数試験の測定実施状況



サンプル② 締め固めた土のコーン指数試験  
突き固め供試体作製状況



サンプル④ 締め固めた土のコーン指数試験  
突き固め供試体作製状況



サンプル② 締め固めた土のコーン指数試験  
コーン指数測定状況



サンプル④ 締め固めた土のコーン指数試験  
コーン指数測定状況



サンプル② 締め固めた土のコーン指数試験  
貫入試験後 供試体試験面状況



サンプル④ 締め固めた土のコーン指数試験  
貫入試験後 供試体試験面状況

## 試験体作成状況（現地写真）

1. 軽石単体 による試験体作成
2. 浚渫土単体による試験体作成
3. 海砂単体による試験体作成
4. 浚渫土:軽石=1:1 による試験体作成
5. 浚渫土:軽石=1:2 による試験体作成
6. 浚渫土:軽石=2:1 による試験体作成
7. 海砂:軽石=1:1 による試験体作成
8. 海砂:軽石=1:2 による試験体作成
9. 海砂:軽石=2:1 による試験体作成



軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日：2022年2月26日

1. 軽石単体 による試験体作成

(1) 試験体製作(1層目) 1月25日施工  
ダンプ運搬してきた材料を、バックホウで敷均した。

試験準備 1月24日(浚渫土運搬、大型土のう製作)  
試験実施日 1月25日 試験体製作(1層目)  
試験実施場所 -4m物揚場

※振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで転圧を行ったが、ローラーが沈み込み転圧はできなかった。



形状確認



転圧状況



整形状況



厚さ確認

(2) 試験体製作(2層目) 2月22日施工  
ダンプ運搬してきた材料を、バックホウで敷均した。

※振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで転圧を行ったが、ローラーが沈み込み転圧はできなかった。



形状確認



転圧状況



厚さ確認

(3) コーン指数試験状況



コーン指数試験状況

(4) 平板載荷試験状況 2月22日試験



平板載荷試験状況



軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日：2022年2月26日

2. 浚渫土単体による試験体作成

- (1) 試験体製作(1層目)  
ダンプ運搬してきた材料を、バックホウで敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。

試験準備 2月18、19日(浚渫土運搬、大型土のう製作)  
試験実施日 2月21～25日 試験体製作、試験  
試験実施場所 -4m物揚場



形状確認



転圧状況



厚さ確認



- (2) 試験体製作(2層目)  
ダンプ運搬してきた材料を、バックホウで敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。

作成日：2022年2月26日



形状確認



転圧状況



厚さ確認

試験準備 2月18、19日(浚渫土運搬、大型土のう製作)  
試験実施日 2月21日コーン指数試験、  
試験実施場所：-4m物揚場

- (3) コーン指数試験状況



コーン指数試験状況

- (4) 平板載荷試験状況



平板載荷試験状況



3. 海砂単体による試験体作成

- (1) 試験体製作(1層目)  
ダンプ運搬してきた材料を、バックホウで敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。

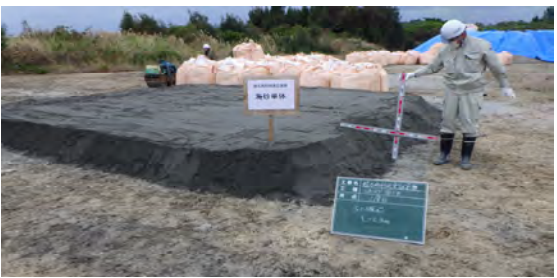
試験準備 2月18、19日(海砂運搬、大型土のう製作)  
試験実施日 2月21～25日 試験体製作、試験  
試験実施場所 -4m物揚場



形状確認



転圧状況



厚さ確認



- (2) 試験体製作(2層目)  
ダンプ運搬してきた材料を、バックホウで敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



転圧状況



厚さ確認

- (3) コーン指数試験状況



コーン指数試験状況



- (4) 平板載荷試験状況



平板載荷試験状況





軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日: 2022年2月26日

4. 浚渫土:軽石=1:1 による試験体作成

(1) 数量検収

浚渫土土のう数量(13袋)



軽石土のう数量(13袋)



(2) 試験体製作(1層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(3) 試験体製作(2層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(4) コーン指数試験



コーン指数試験状況

(5) 平板載荷試験

2月23日試験



平板載荷試験状況



軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日：2022年2月26日

5. 浚渫土:軽石＝1:2 による試験体作成

(1) 数量検収

浚渫土土のう数量(9袋)



軽石土のう数量(18袋)



(2) 試験体製作(1層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(3) 試験体製作(2層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(4) コーン指数試験



コーン指数試験状況

(5) 平板載荷試験



平板載荷試験状況



軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日：2022年2月26日

6. 浚渫土:軽石=2:1 による試験体作成

(1) 数量検収

浚渫土土のう数量(18袋)



軽石土のう数量(9袋)



(2) 試験体製作(1層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(3) 試験体製作(2層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



(4) コーン指数試験



コーン指数試験状況

(5) 平板載荷試験



平板載荷試験状況





軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日:2022年2月26日

7. 海砂:軽石＝1:1 による試験体作成

(1) 数量検収

海砂土のう数量(13袋)



軽石土のう数量(13袋)



(2) 試験体製作(1層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(3) 試験体製作(2層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況

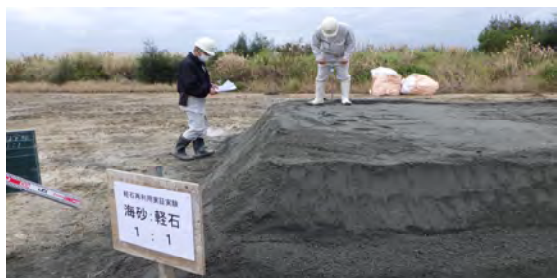


転圧状況



厚さ確認

(4) コーン指数試験



コーン指数試験状況



(5) 平板載荷試験



平板載荷試験状況





軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日：2022年2月26日

8. 海砂:軽石＝1:2 による試験体作成

(1) 数量検収

試験準備 2月18、19日(海砂運搬、大型土のう製作)  
試験実施日 2月22～25日 試験体製作、試験  
試験実施場所 -4m物揚場

海砂土のう数量(9袋)



軽石土のう数量(18袋)



(2) 試験体製作(1層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(3) 試験体製作(2層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(4) コーン指数試験



コーン指数試験状況

(5) 平板載荷試験



平板載荷試験状況



軽石の再利用に伴う実証実験報告書

作成日：2022年2月26日

9. 海砂:軽石＝2:1 による試験体作成

(1) 数量検収

試験準備 2月18、19日(海砂運搬、大型土のう製作)  
試験実施日 2月22～25日 試験体製作、試験  
試験実施場所 -4m物揚場

海砂土のう数量(18袋)



軽石土のう数量(9袋)



(2) 試験体製作(1層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(3) 試験体製作(2層目)

大型土のうに詰めた材料を、交互に排出し、バックホウ(スケルトン装着等)で混合・敷均し、振動ローラー(ハンドガイドローラー)0.5tで3往復転圧した。



形状確認



混合状況



転圧状況



厚さ確認

(4) コーン指数試験



コーン指数試験状況

(5) 平板載荷試験



平板載荷試験状況