

平成23年度 第1回技術発表会

高速回転式カルシア改質工法による
津波堆積土の改質利用技術

平成24年2月20日

新日本製鐵(株)、新日鉄エンジニアリング(株)

カルシア系改質材による軟弱土改質技術の特徴

軟弱土

改質材

浚渫土



建設発生軟弱土

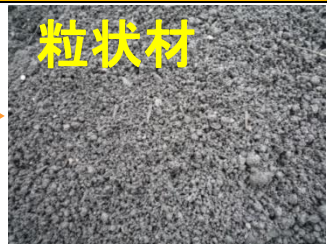


津波堆積土



カルシア改質土

粒状材



主な適用用途

【陸域】
・盛土材

【海域】
・浅場材
・埋立材

カルシア系改質材
(製鋼スラグを原料)



混合

20~30%

低含水量

高含水量

流動材

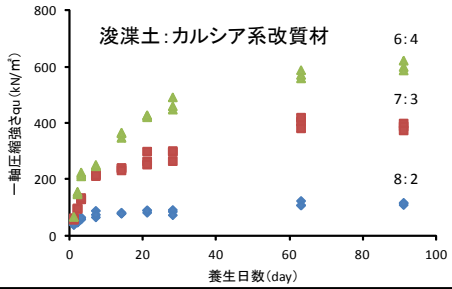


【特徴】

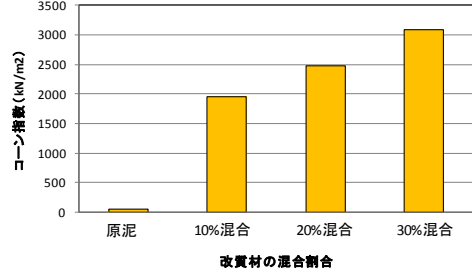
泥土のシリカ分とカルシア系改質材からのカルシウム分が水和固化してカルシウムシリケート系水和物(C-S-H)やカルシウムアルミネート(AFm)が形成されて固化する。

強度向上

一軸圧縮強さ(固化材)



コーン指数(粒状材)



再泥化防止

原泥



カルシア改質土



再泥化

ツイスター工法+カルシア改質技術の概要

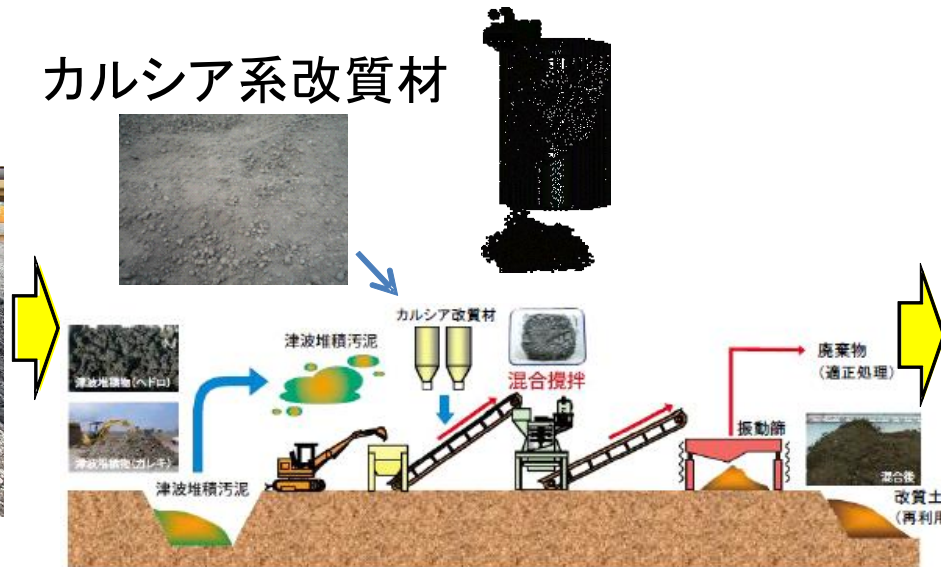
回転式破碎混合工法(ツイスター工法)により、津波堆積土(泥土)を復興用盛土材料に高効率で改質することが可能。

- 再泥化することのない高強度な盛土材料(締め固め材)へ改質
- 泥土に含まれる異物(ガレキやビニール・木屑)の高速分別

泥土

カルシア系改質材

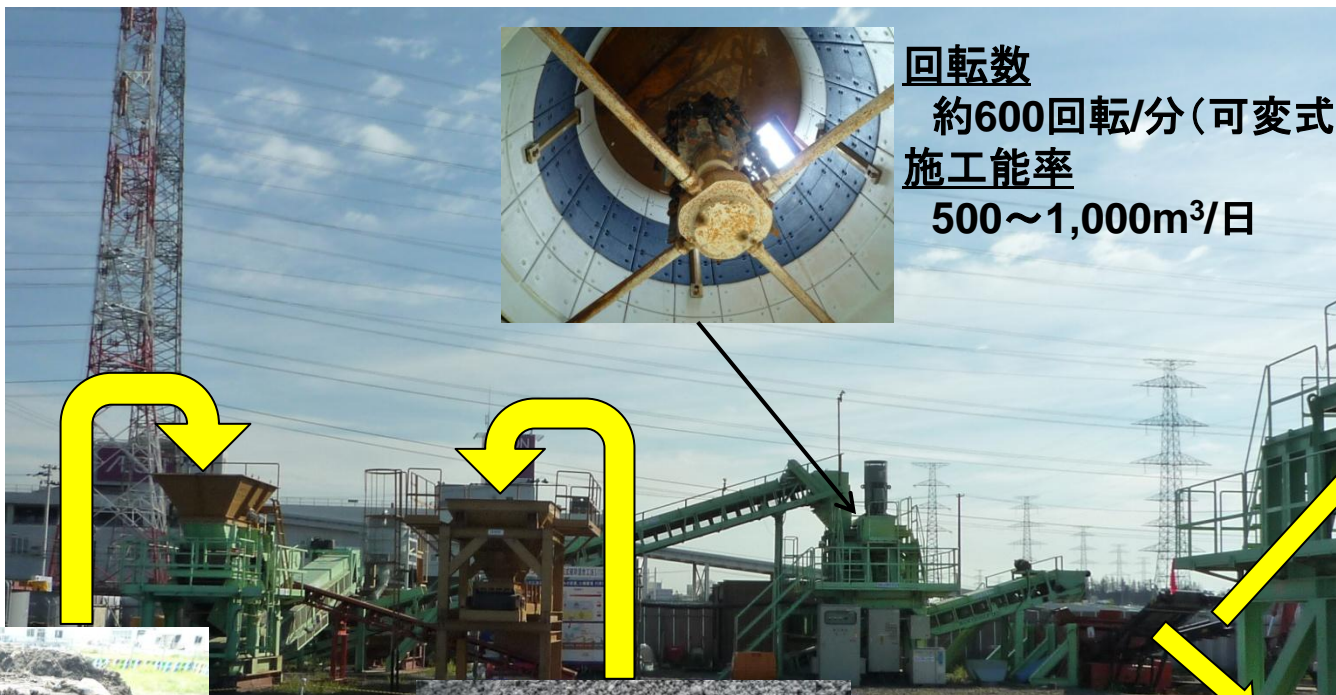
改質土



回転式破碎混合工法

津波堆積ヘドロのカルシア改質 実証実験 @仙台

【回転式破碎混合工法(ツイスター工法)】



カルシア改質実証実験@仙台の状況

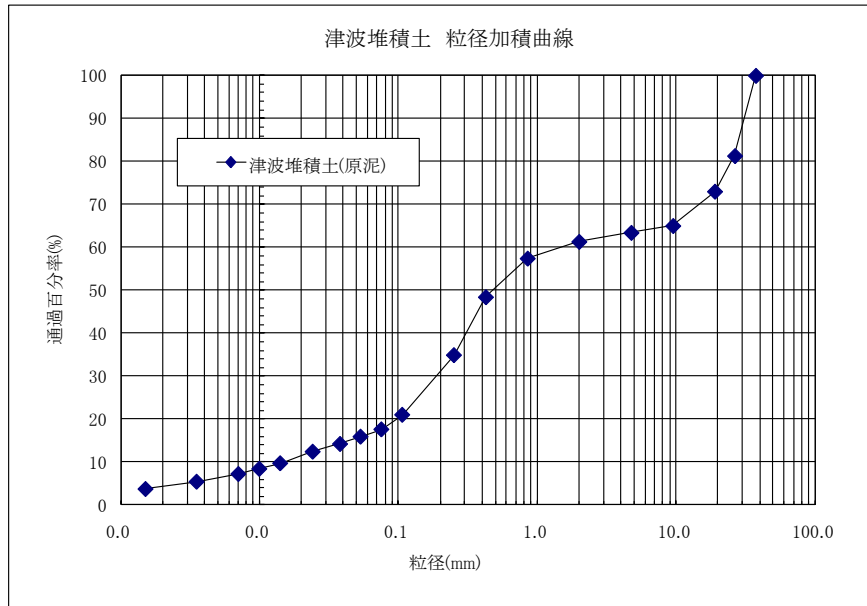


使用材料の性状

【津波堆積土】

石巻市より石巻集積場にて受領

湿潤 密度	土粒子 密度	細粒分 含有率	含水比	強熱 減量
g/cm ³	g/cm ³	%	%	%
1.599	2.622	17.6	25~40	5.5

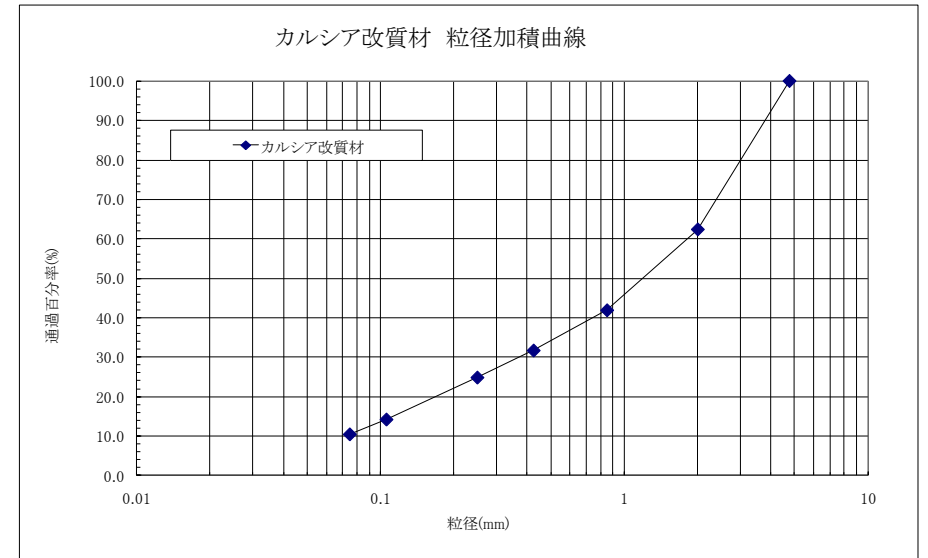


【カルシア系改質材】

君津製鐵所産


(単位: 質量%)

CaO	f-CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	T-S
40	7.1	10	2.2	3.8	1.8	5.4	11	1.6	0.37



カルシア系改質材の土壤環境基準への適合性

項目	溶出量 (mg/L)		含有量 (mg/kg)	
	測定値	基準値	測定値	基準値
カドミウム	<0.001	<0.01	<0.03	<150
鉛	<0.005	<0.01	1.0	<150
六価クロム	<0.04	<0.05	<0.7	<250
ひ素	<0.005	<0.01	<0.1	<150
水銀	<0.0005	<0.0005	<0.1	<15
セレン	<0.002	<0.01	<0.2	<150
ふっ素	0.2	<0.8	300	<4000
ほう素	0.2	<1	83	<4000



安全性、強度等 試験結果

カルシア改質土の環境基準適合性

カルシア改質土(改質材20Vol%+津波堆積土80Vol%) 土壤環境基準への適合性(溶出量)

単位:mg/L

試験項目	改質土	判定基準	試験項目	改質土	判定基準
四塩化炭素	不検出	0.002以下	シアン化合物	不検出	検出されない
1.2-ジクロロエタン	不検出	0.004以下	総水銀	不検出	0.0005以下
1.1ジクロロエチレン	不検出	0.02以下	アルキル水銀	不検出	検出されない
シス-1.2-ジクロロエチレン	不検出	0.04以下	セレン又はその化合物	不検出	0.01以下
1.3-ジクロロプロペン	不検出	0.002以下	鉛又はその化合物	不検出	0.01以下
ジクロロメタン	不検出	0.02以下	砒素又はその化合物	0.006	0.01以下
テトラクロロエチレン	不検出	0.01以下	ふっ素又はその化合物	0.17	0.8以下
1.1.1トリクロロエタン	不検出	1以下	ほう素又はその化合物	不検出	1以下
1.1.2トリクロロエタン	不検出	0.006以下	シマジン	不検出	0.003以下
トリクロロエチレン	不検出	0.03以下	チウラム	不検出	0.006以下
ベンゼン	不検出	0.01以下	チオペンカルブ	不検出	0.02以下
カドミウム又はその化合物	不検出	0.01以下	PCB	不検出	検出されない
六価クロム化合物	不検出	0.05以下	有機りん化合物	不検出	検出されない

土壤環境基準への適合性(含有量)

単位:mg/kg

試験項目	改質土	判定基準	試験項目	改質土	判定基準
カドミウム又はその化合物	不検出	150以下	鉛又はその化合物	12	150以下
六価クロム化合物	不検出	250以下	砒素又はその化合物	3.4	150以下
シアン化合物	不検出	50以下	ふっ素又はその化合物	62	4000以下
水銀又はその化合物	不検出	15以下	ほう素又はその化合物	20	4000以下
セレン又はその化合物	不検出	150以下			

改質土は土壤環境基準を満足

カルシア改質土の安全性(溶出抑制効果)

カルシア改質土(改質材20Vol%+津波堆積土80Vol%)






産業廃棄物の海洋投入処分に係る判定基準(建設汚泥)への適合性

単位:mg/L

試験項目	原泥	改質土	判定基準	試験項目	原泥	改質土	判定基準
四塩化炭素	<0.0002	<0.0002	0.002以下	鉛又はその化合物	0.04	<0.01	0.01以下
1,2-ジクロロエタン	<0.0004	<0.0004	0.004以下	砒素又はその化合物	0.023	<0.005	0.01以下
1,1ジクロロエチレン	<0.001	<0.001	0.02以下	弗化物	0.8	0.2	3以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	<0.001	<0.001	0.04以下	シマジン	<0.0003	<0.0003	0.003以下
1,3-ジクロロプロペン	<0.0002	<0.0002	0.002以下	チオペンカルブ	<0.002	<0.002	0.02以下
ジクロロメタン	<0.001	<0.001	0.02以下	チウラム	<0.0006	<0.0006	0.006以下
テトラクロロエチレン	<0.001	<0.001	0.01以下	有機りん化合物	<0.01	<0.01	検出されない
1,1,1トリクロロエタン	<0.001	<0.001	1以下	PCB	<0.0005	<0.0005	検出されない
1,1,2トリクロロエタン	<0.0006	<0.0006	0.006以下	銅及びその化合物	0.12	0.12	0.14以下
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	0.03以下	ベリリウム又はその化合物	<0.01	<0.01	0.25以下
ベンゼン	<0.001	<0.001	0.01以下	クロム又はその化合物	0.04	<0.03	0.2以下
カドミウム又はその化合物	<0.002	<0.002	0.01以下	ニッケル又はその化合物	<0.05	<0.05	0.12以下
六価クロム化合物	<0.04	<0.04	0.05以下	バナジウム又はその化合物	<0.05	<0.05	0.15以下
シアン化合物	<0.01	<0.01	検出されない	亜鉛又はその化合物	0.30	<0.05	0.8以下
水銀又はその化合物	<0.0005	<0.0005	0.0005以下	有機塩素化合物	<1	<1	1以下
アルキル水銀	<0.0005	<0.0005	検出されない	フェノール類	<0.05	<0.05	0.2以下
セレン又はその化合物	<0.002	0.002	0.01以下	油分	<5	<5	15以下

**改質土の溶出量は全て基準値以下
(改質材混合による希釈効果以上の溶出抑制効果)**

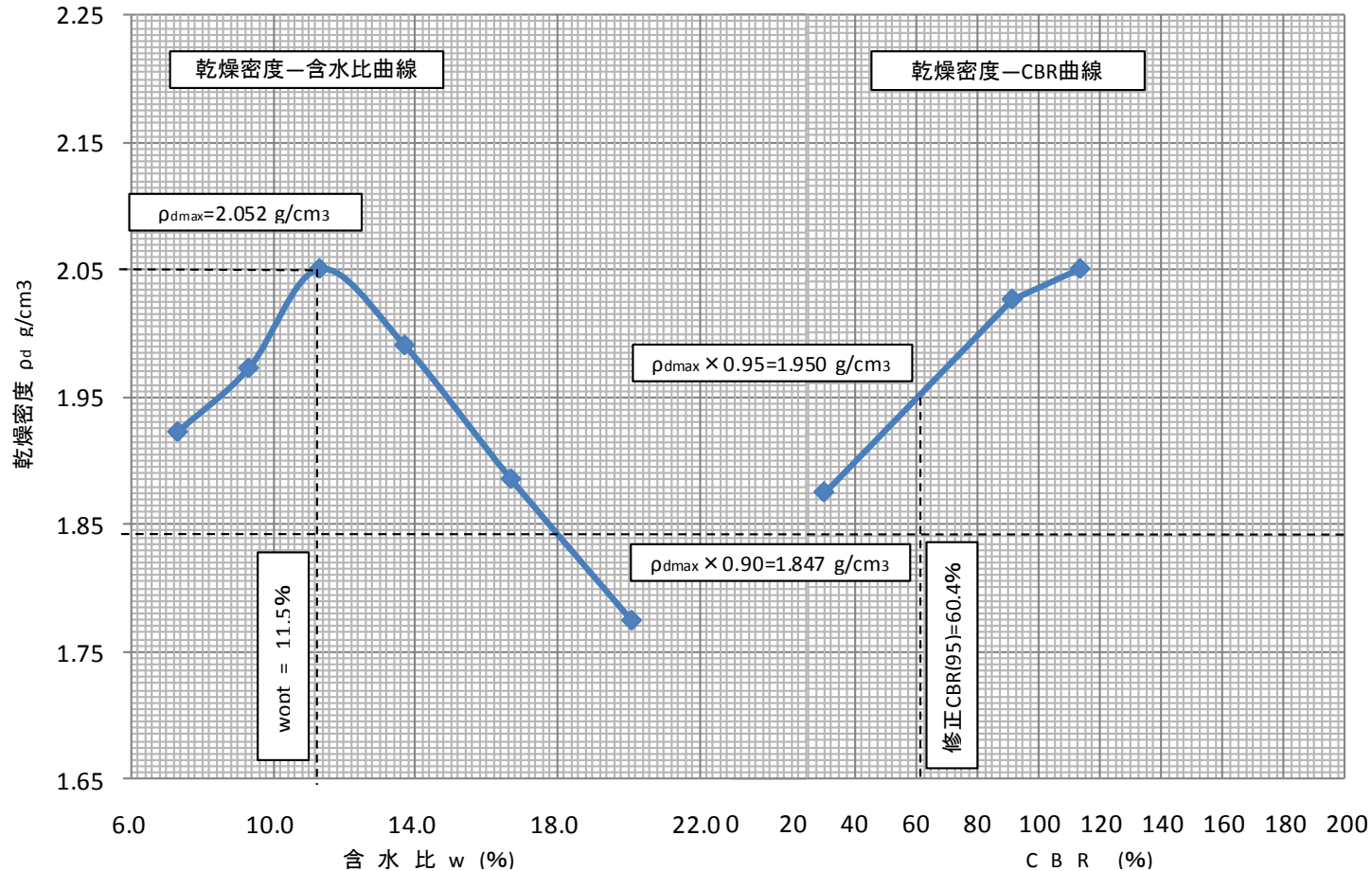
カルシア改質土の強度特性(コーン指数)

		原泥	カルシア系改質材 による改質土		生石灰 改質土 5重量%	
			20Vol%	30Vol%		
含水比 30%程度	状況写真				/	
	含水比(%)	31.0	15.9	12.7		—
	コーン指数(kN/m ²)	119	2,991	3,404		—
含水比 35%程度	状況写真					
	含水比(%)	35.9	17.8	14.1	18.1	
	コーン指数(kN/m ²)	46	2,475	3,094	2,527	
含水比 40%程度	状況写真					
	含水比(%)	40.0	18.1	15.7	23.8	
	コーン指数(kN/m ²)	0	1,650	2,733	593	

建設発生土の強度指標である第2種処理土($q_c=800\text{kN/m}^2$)以上の強度改質が可能

カルシア改質土の締め固め特性

カルシア改質土(改質材20Vol%+津波堆積土80Vol%)

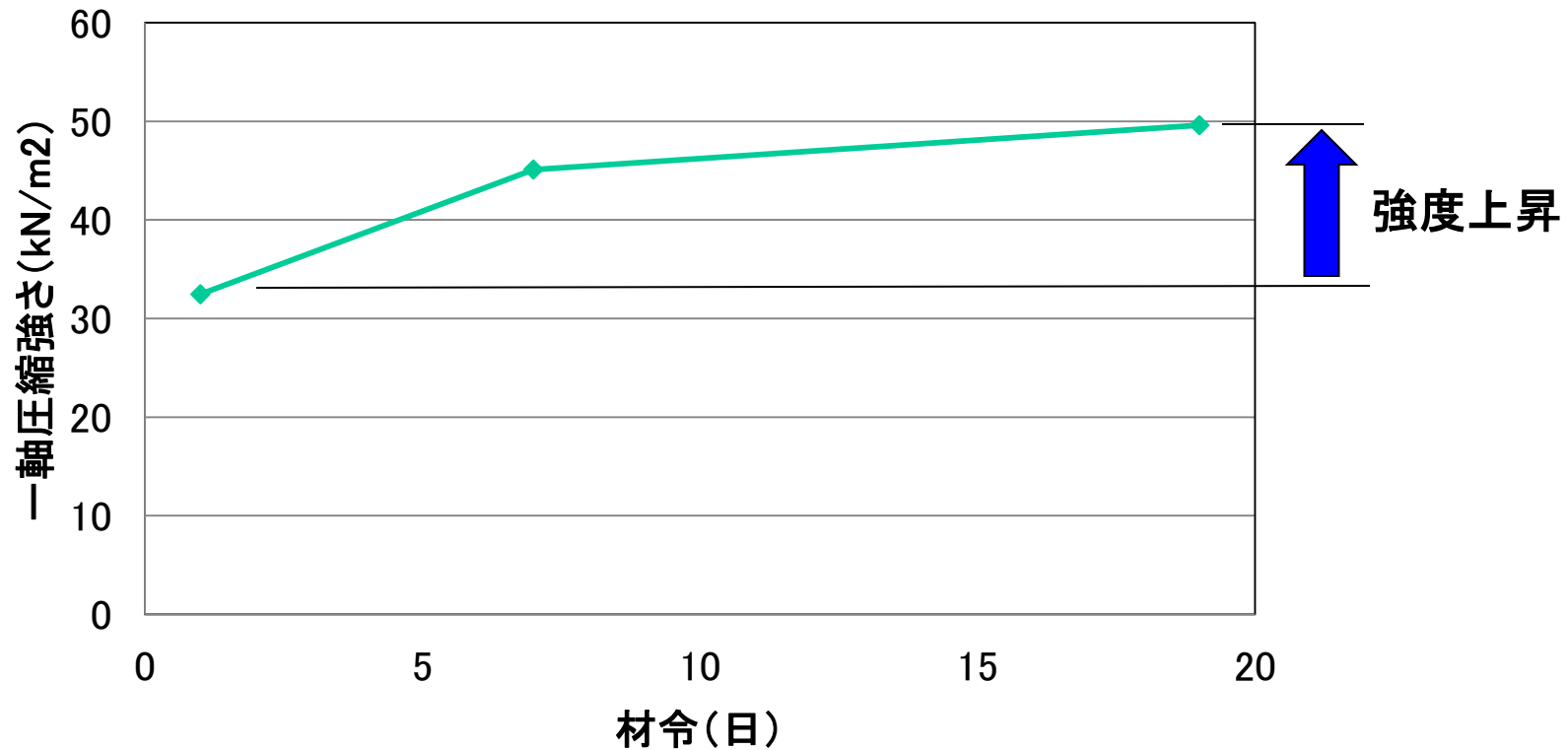


最適含水比:11.5% (試験材の自然含水比:17.8%)
修正CBR=60.4% (砂利程度)

カルシア改質土の固化特性

カルシア改質土(改質材30Vol%+津波堆積土70Vol%)

供試体作成方法 : 締め固め後に気中養生(20°C、60%)









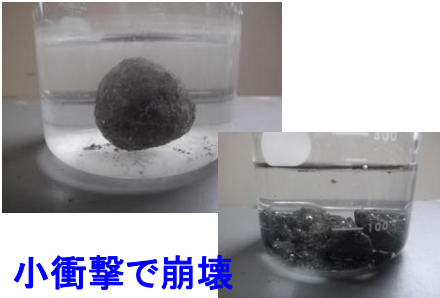


締め固め後(盛土等造成後)に、固化作用により強度上昇

カルシア改質土の再泥化防止効果

再泥化試験を、以下の条件で実施。

- ・地盤工学会で定められている「浸水崩壊度試験」を参考
- ・供試体は、人力で約直径30mmの球状供試体を作成し、24時間天日乾燥
- ・乾燥後、浸水

	現泥	カルシア系改質材 30%混合	石灰 5%混合
浸水前			
浸水直後			
浸水後 (24hr経過)	 崩壊		 小衝撃で崩壊

カルシア改質土は、固化作用により、浸水による再泥化を防止可能

カルシア改質土の再泥化防止効果【盛土試験】

試験条件

- ・原泥：釜石市で採取された津波堆積土
- ・カルシア改質土：改質材30Vol% (粒径5-0)
+ 津波堆積土70Vol%

試験方法

原泥と改質土で作成した盛土に40cm×20cm×深さ2cmの水溜めを作り、1回/日の乾湿繰り返し養生を行い、コーン指数変化を確認。



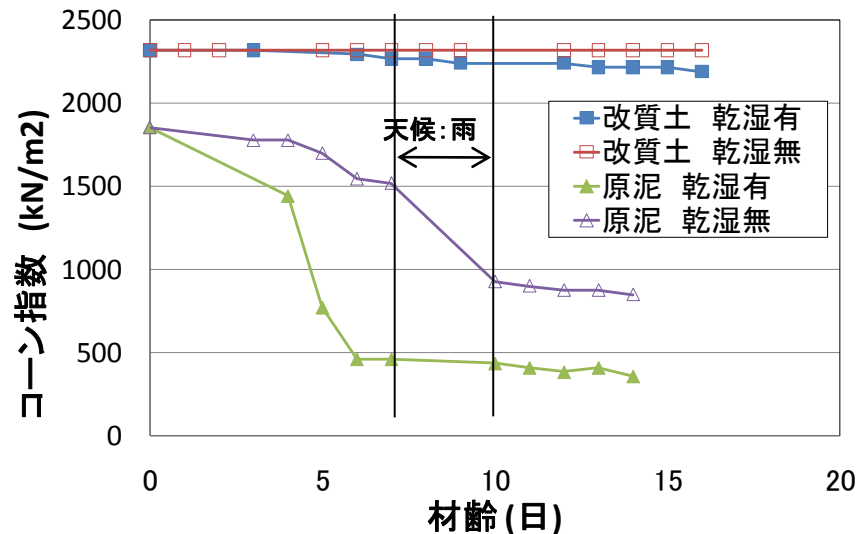
水浸状態

乾燥状態



乾湿の有無の2箇所でもコーン試験

コーン試験結果

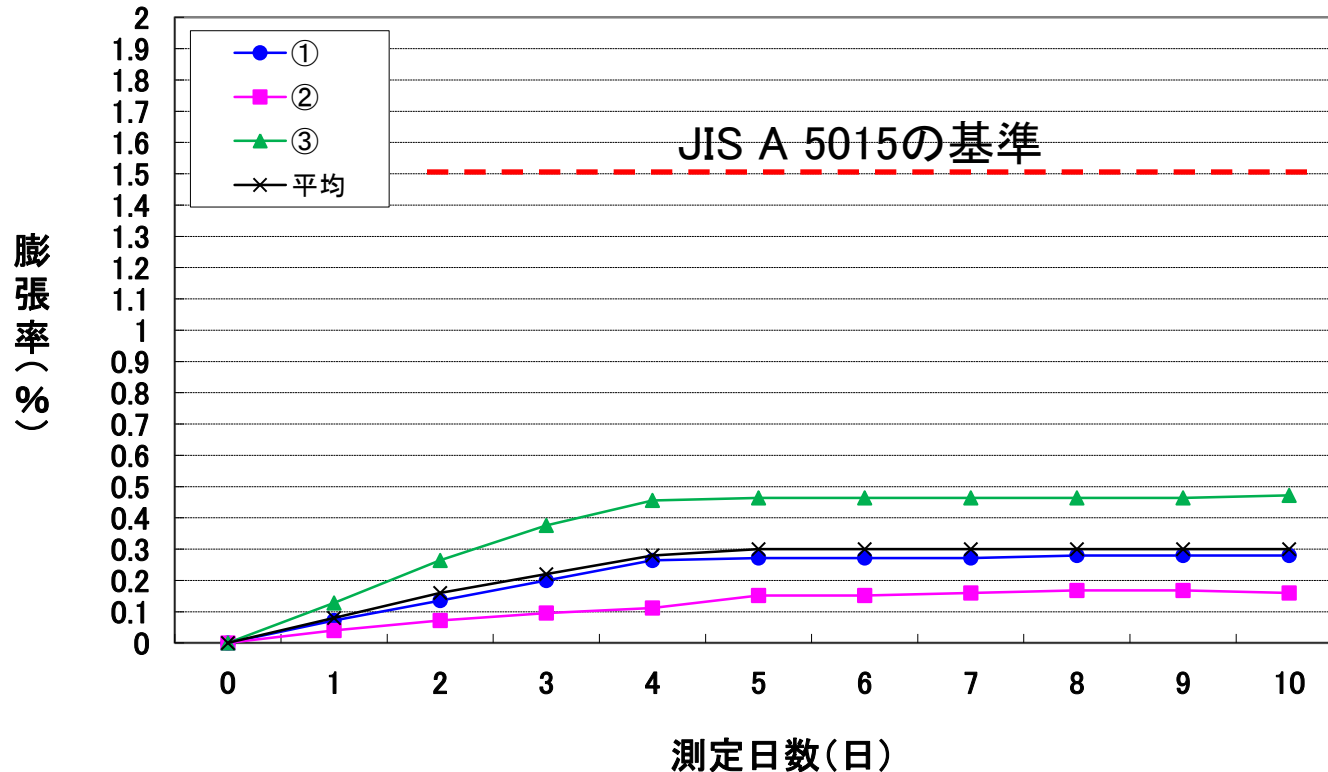


- ・改質土:コーン指数の変化なし
⇒ 固化による再泥化抑制
- ・原泥:コーン指数が減少
⇒ 再泥化による耐力低下

盛土試験で再泥化抑制効果を検証

カルシア改質土の膨張特性

カルシア改質土(改質材20Vol%+津波堆積土80Vol%)



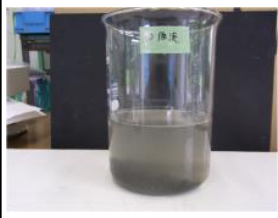
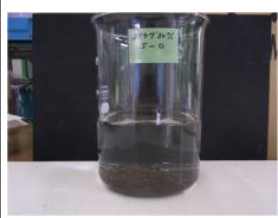

膨張率は、平均で0.3%程度(最大値:0.47%)
⇒道路用鉄鋼スラグ(JIS A 5015)の基準値1.5%以下を満足

カルシア改質土のpH特性

【材料のpH特性】

pH試験を、以下の条件で実施。

- ・溶媒 : 純水
- ・固液比 : 1:10
- ・試料投入後の懸濁攪拌無し
- ・比較材 : 石灰4%混合

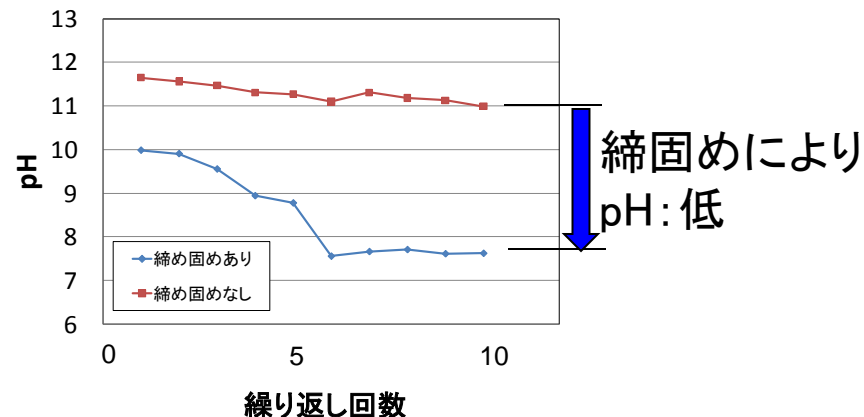
現泥	カルシア系改質材 30%混合	石灰 4%混合
pH=8.8	pH=11.65	pH=11.65
		

pH上昇は、従来改質工法である石灰改質と同等


【締め固め土のpH特性】

pH試験を、以下の条件で実施。

- ・溶媒 : 純水
- ・固液比 : 1:5
- ・試料投入後の懸濁攪拌無し
- ・締め固め(JIS A 1210 A法)にて供試体作成。
供試体を気中養生(20°C、60%)し、試験日に水浸してpH計測。
計測後は、次試験タイミングまで気中養生。



カルシア改質土は、締め固め効果と固化作用により、pH値: 低



分別性能 試験結果

高速回転式カルシア改質工法での分別性能確認試験

試験条件

- ・原泥: トロンメル処理後
- ・カルシア混合率: vol20%
- ・カルシア系会改質材粒径: 5-0mm
- ・振動篩の網目: 20mm or 10mm



強熱減量の変化

原泥

8.8%



篩目20mm通過
改質土

6.0%



篩目10mm通過
改質土

3.8%



異物の除去効果

10mm篩目残留物



約20%の異物を除去

20mm篩目残留物



約7%の異物を除去

- ・「ツイスター+カルシア」で分別性能UP
- ・振動篩の網目を変更することで、異物除去率を調整可能

木片に付着する泥土の除去性能

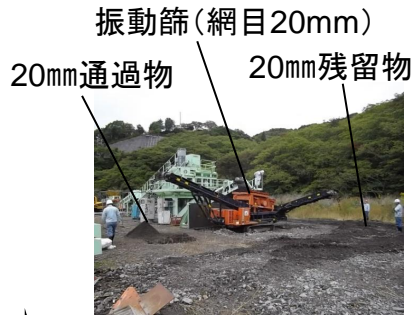
ガレキ処理事業で
処理された不燃物



拡大写真



木片への泥土付着により、
不燃物の中に木片が混入



【改質試験結果】

改質材(粒状材料)が木片に衝突する
ことで付着泥土を除去 (ブラスト効果)

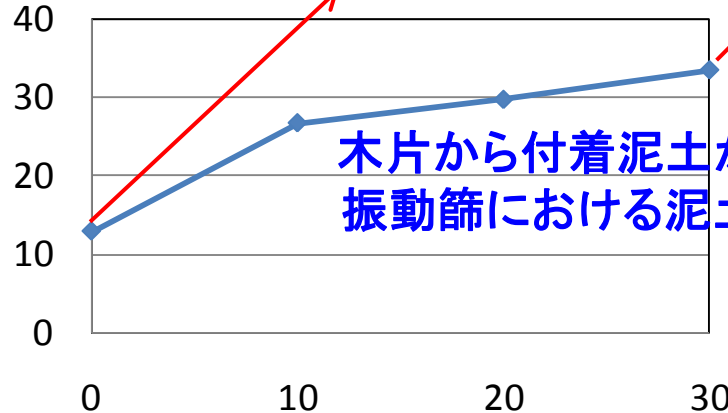
原泥



改質後



付着泥土の20mm
篩い通過率(%)



木片から付着泥土が除去されると、
振動篩における泥土通過率が向上

高速回転式カルシア改質工法のブラスト効果で木片に付着している泥土の除去が可能



路床材適用事例紹介

カルシア改質土の路床適用状況

カルシア改質土(改質材40Vol%(粒径30-0) + 津波堆積土60Vol%)

【カルシア改質土の路床材適用試験状況】



カルシア改質土



盛土作成状況



ローラー転圧状況



現場CBR試験状況

改質土にて試験路床を作成
⇒ 現場CBR約15%程度

【仙台塩釜港の施工状況】



改質土運搬状況



敷き均し状況



ローラー転圧状況



路床完成状況

国交省発注の岸壁かさ上げ工事の
路床材(約80m³)に試験適用

カルシア改質土の路床適用状況

・読売新聞 2012.1.20

媒体名	読売新聞
掲載日	2012.1.20



岸壁のかさ上げ工事に使われた改質土をならす作業員（19日）

仙台の岸壁かさ上げ 新日鉄が技術

震災で大量に発生したヘドロを活用し、地盤沈下した岸壁をかさ上げる復旧工事が19日、仙台市福野町の仙台港津波中野地区で始まった。国土交通省東北地方整備局によると、津波の被災復旧工事の活用は全国初で、ヘドロ処理を促進する効果も期待されている。

中野地区の岸壁は、震災で地盤が約50センチ沈んだ。この日、ヘドロから作られた改良土約80立方メートル（約40トン）がトラックで運び込まれ、ローラーで土を固める作業をした。今後土の上に砕石敷き、コンクリート

津波ヘドロ 復旧に活用

震災で大量に発生したヘドロを活用し、地盤沈下した岸壁をかさ上げる復旧工事が19日、仙台市福野町の仙台港津波中野地区で始まった。国土交通省東北地方整備局によると、津波の被災復旧工事の活用は全国初で、ヘドロ処理を促進する効果も期待されている。

中野地区の岸壁は、震災で地盤が約50センチ沈んだ。この日、ヘドロから作られた改良土約80立方メートル（約40トン）がトラックで運び込まれ、ローラーで土を固める作業をした。今後土の上に砕石敷き、コンクリート

・日経産業新聞 2012.1.20

媒体名	日経産業新聞
掲載日	2012.1.20



改質土を押し溜めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

仙台港の岸壁工事に利用

国土交通省東北地方整備局は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

・日刊産業新聞 2012.1.20

媒体名	日刊産業新聞
掲載日	2012.1.20

新日鉄の改質津波堆積土活用 仙台港の復旧工事公開

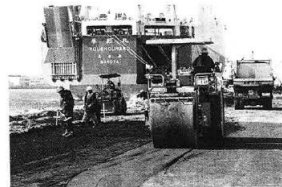
国土省、品質を評価

国土交通省は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

国土交通省は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

・鉄鋼新聞 2012.1.20

媒体名	鉄鋼新聞
掲載日	2012.1.20



新日鉄の改質土使い 嵩上げ試験施工 国土省が現場公開

国土交通省は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

国土交通省は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

・日刊建設産業新聞 2012.1.20

媒体名	日刊建設産業新聞
掲載日	2012.1.20



津波堆積土に改良土を適用した岸壁かさ上げ工事の試験施工

仙台港中野岸壁で試験施工開始

国土交通省東北地方整備局は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

国土交通省東北地方整備局は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

国土交通省は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）

国土交通省は19日、仙台（仙台市福野町）の仙台港中野地区で、震災で被災した岸壁の復旧工事に、震災で発生したヘドロから作られた改良土を活用する作業が始まった。改良土は、新日鉄が提供する改良土（カルシア改質土）を使用している。改良土は、震災で発生したヘドロを、カルシア（カルシウム）と鉄鋼屑物のスラックを混ぜて固めた上に砕石敷きをする作業員（仙台市）