

旧 NETISナンバー
CBK-040001-V

(社)農業農村整備情報総合センター
ARIC No.338

人工軽量盛土材

太平洋カルストーン

URL <http://www.taiheiyo-cement.co.jp>

技術資料

軽量でありながら水に浮かない盛土材

物理・化学的に安定したφ材

プラント不要で施工が簡単

品質精度の高い工場生産品



水廻りにおいても浮きません

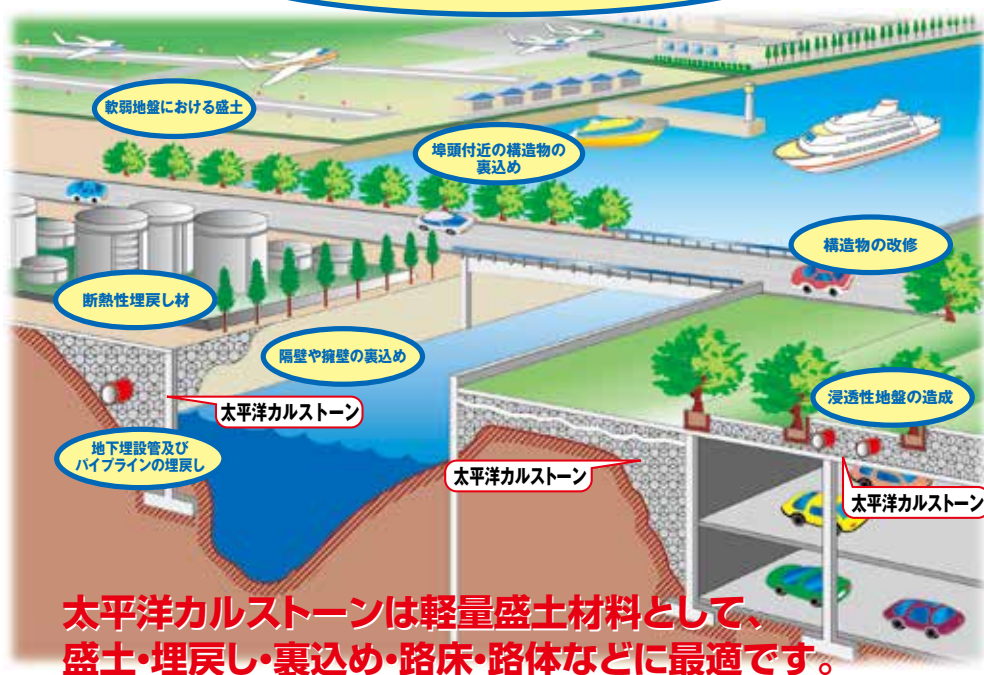


太平洋セメント株式会社

目 次

1.太平洋カルストーンとは	1
2.特長	1
3.適用範囲及び種類	1
4.供給体制	1
5.用途	2
6.施工例	3
7.化学成分	7
8.粒度	7
9.力学的特性	8
9.1 締固め特性	8
9.2 圧縮変形特性	9
9.3 せん断強度特性	9
9.4 破砕率	10
9.5 含水比と乾燥密度・CBRの関係	10
10.設計定数	10
11.施工手順	11
12.耐久性	11
12.1 スレーキング	11
12.2 耐久性試験結果	11
13.環境関連	12
14.資料編	13
14.1 液状化の可能性について	13
14.2 締固めに伴う体積変化	14
14.3 締固め管理方法	14
14.4 緩傾斜盛土施工時の仕上げ方法	18
14.5 破砕特性	18
14.6 せん断強度	19
14.7 補強材(テリナー)との摩擦特性	20
14.8 定荷重載荷試験	21
14.9 セメント固化材を混練した強度特性	21
14.10 地耐力	22
15.太平洋カルストーンを使用する際のメリット	22
16.各種軽量土の比較例	28

さまざまなシーンで活用される 太平洋カルストーン



1. 太平洋カルストーンとは

太平洋カルストーンは膨張性頁岩^{けつがん}を高温で焼成・発泡させて製造した人工軽量盛土材です。
標準締固めによる施工では、下記の設計定数が適用できます。

名 称	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	水中有効重量 γ' (kN/m ³)	内部摩擦角 $\phi_{cd}(c=0)$	透水係数 k(cm/sec)
太平洋カルストーンL	11 (1.1 tf/m ³)	4 (0.4 tf/m ³)	42°	4.1×10

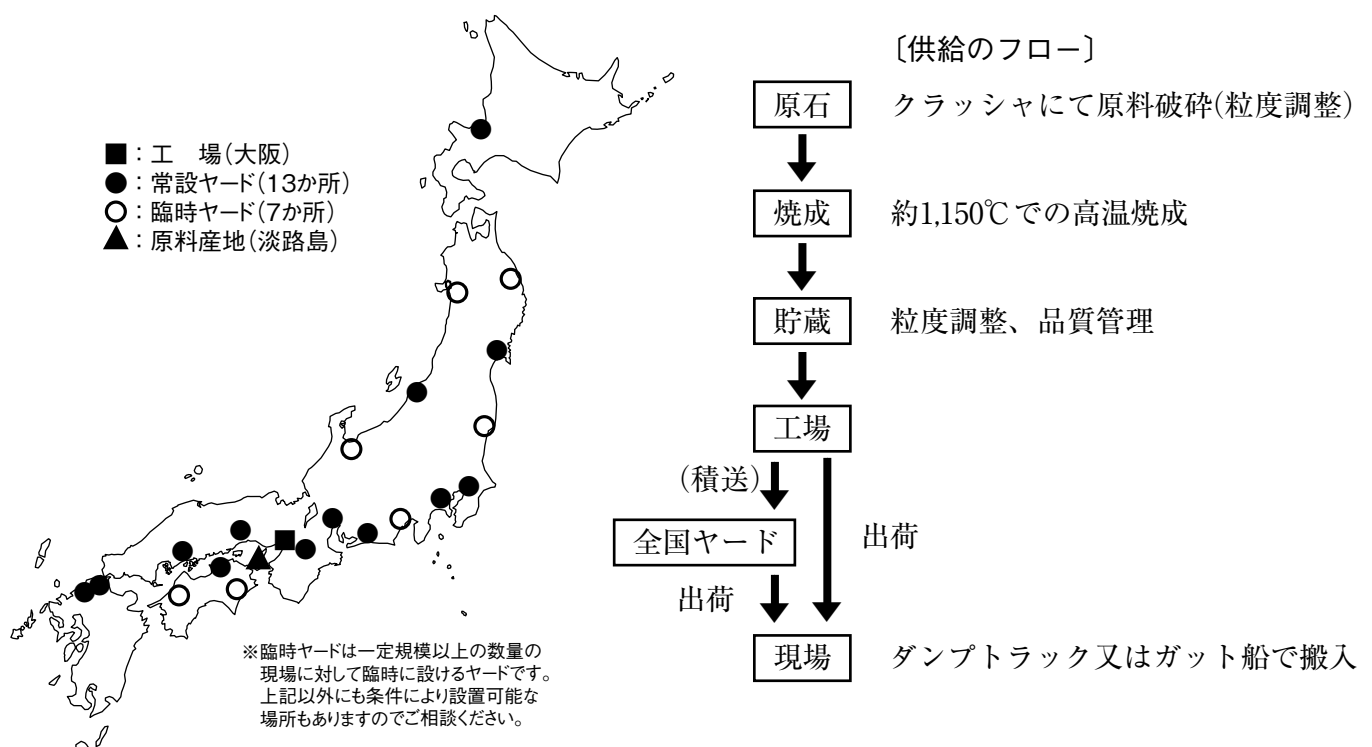
2. 特長

1. 軽量ですが水には浮きません。
2. 高強度で耐久性があり、物理的・化学的に安定しています。
3. 工場生産品であり、粒度・比重が管理された無機材料です。
4. 粒状材料であるため排水性が良好です。
5. 内部摩擦角が大きく、設計条件として有利です。
6. 製品をそのまま敷均し転圧するだけなので施工が簡単です。
7. プラント等の特別な設備を必要としません。

3. 適用範囲

太平洋カルストーンは軽量盛土材として、盛土・埋戻し・裏込め・路床・路体などにご使用いただけます。
太平洋カルストーンは、埋戻し用及びφ材として適用します。補強材と併用することにより、高盛土にも適用できます。

4. 供給体制

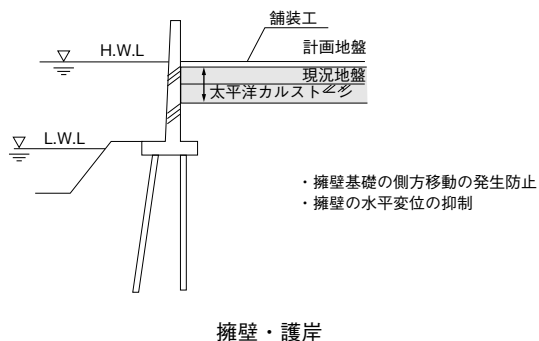
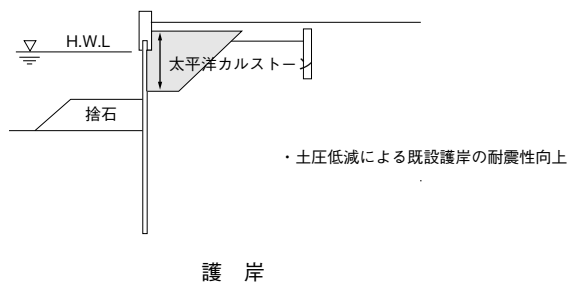
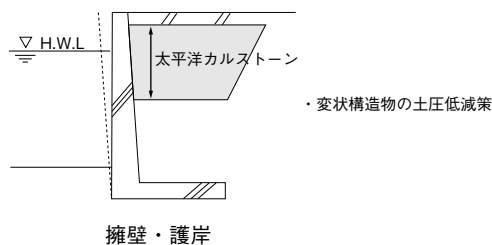
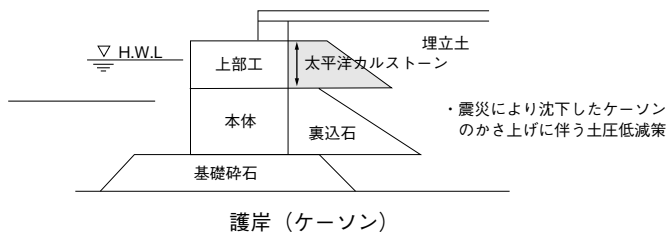


5. 用途

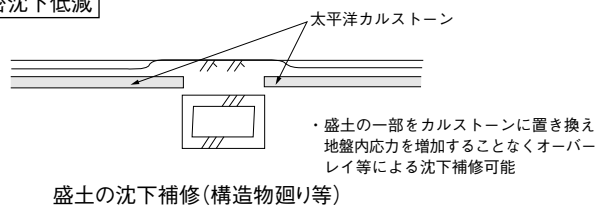
太平洋カルストーンは軽量盛土材料として、様々な活用が期待されます。

特長である軽量性、耐久性、透水性、φ材であること、施工が容易であることなどを利用して、盛土重量を軽減し、沈下・側方流動の低減、滑り破壊の抑制、構造物への土圧軽減、排水性の向上などを図ることが可能となります。

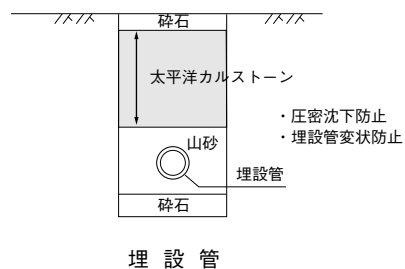
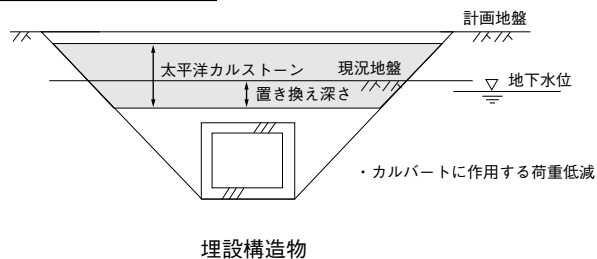
構造物に作用する土圧低減



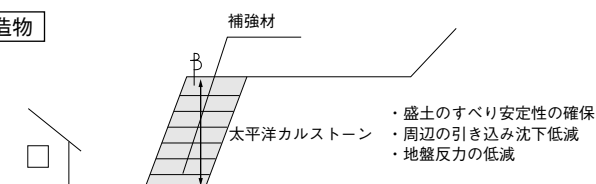
盛土の圧密沈下低減



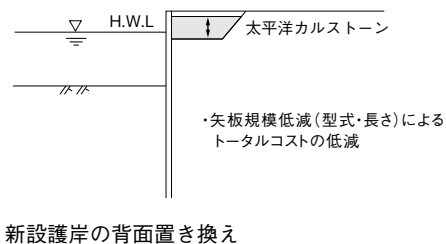
構造物に作用する荷重低減



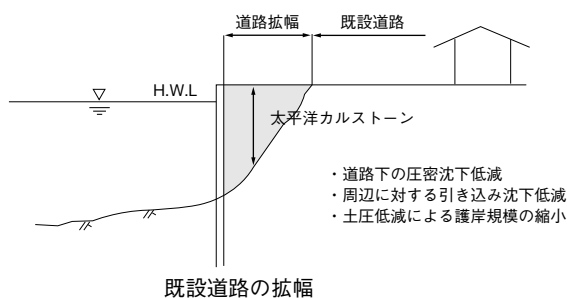
新設構造物



ジオテキスタイル補強土壁との組み合わせ
特に道路拡幅等において周辺からの雨水の流入が考えられる場合に有効



新設護岸の背面置き換え



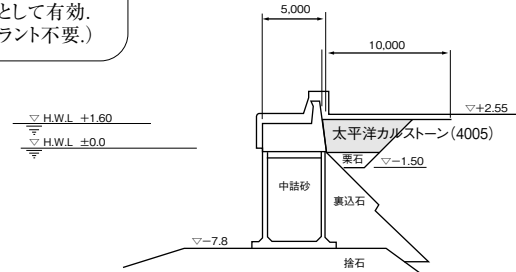
6. 施工例

海岸構造物

ポートアイランド地区岸壁震災復旧工事(運輸省第三港湾建設局)



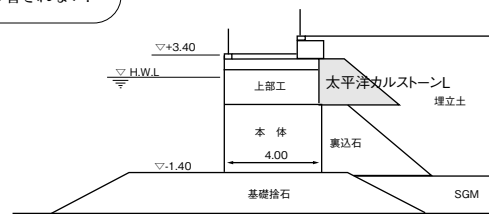
岸壁裏込材(軽量であるが、水に浮かない。φ材として有効。現場プラント不要。)



衣浦港中央埠頭地区護岸復旧工事(国土交通省中部地方整備局)



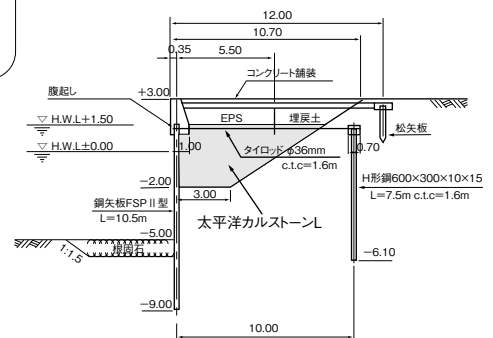
護岸ブロック裏込材(背面重量の軽減) 軽量であるが水に浮かないため、潮の干満に影響されない。



鹿島港居切導水路岸壁改良工事(茨城県鹿島港湾事務所)



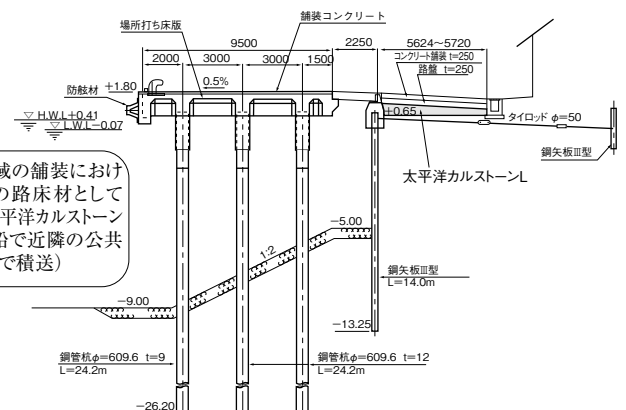
既設の岸壁背面の土圧低減策として使用(タイロッド周りでも充填性は良好)



外港昭和北地区岸壁(-9 m)工事(境港管理組合)



港湾区域の舗装における軽量の路床材として使用(太平洋カルストンをガット船で近隣の公共パースまで積送)

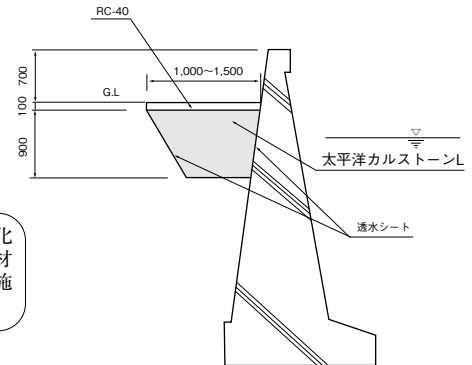


河川構造物

内川防災工事(東京都第二建設事務所)



既設護岸の老朽化
に対応した裏込材
(狭隘箇所での施
工も可能)

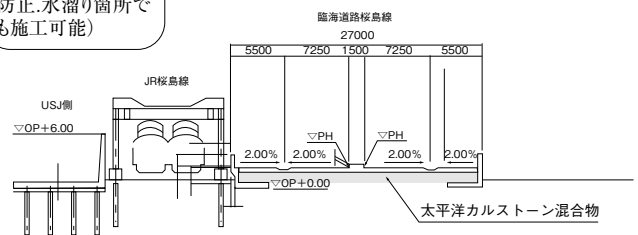


道路構造物

此花区島屋道路築造工事(大阪市港湾局)



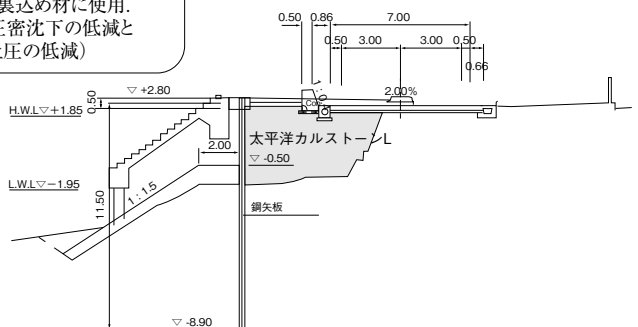
路床材(軟弱地盤
上の盛土工による
沈下及び側方流動
防止.水溜り箇所
でも施工可能)



岡村島大下白濁線特殊改良一種工事(愛媛県今治地方局建設部)



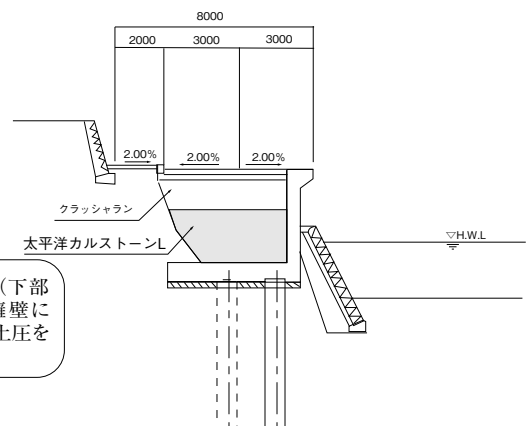
海岸沿いの道路拡幅に
おいて、鋼矢板護岸背面
の裏込め材に使用。
(圧密沈下の低減と
土圧の低減)



L型擁壁設置工事(神奈川県秦野市)



擁壁裏込材(下部
ブロック積擁壁に
掛かる背面土圧を
低減)

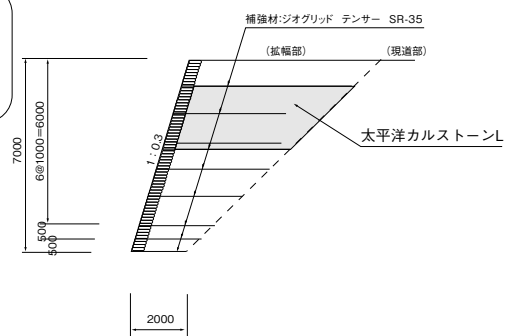


ジオテキスタイル・補強土工法との併用

歩道拡幅工事(国土交通省東北地方整備局)



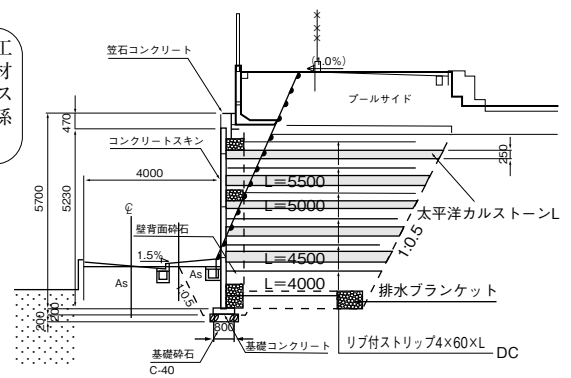
軟弱地盤上での腹付高盛土(ジオグリッドとしてのテンサーとの併用工法)



新倉小学校プール及び擁壁改修工事(埼玉県和光市教育総務課)



補強土(テールアルメ)壁工法との併用で、軽量の盛土材料として使用。(太平洋カルストーンとストリップとの摩擦係数も確認している)

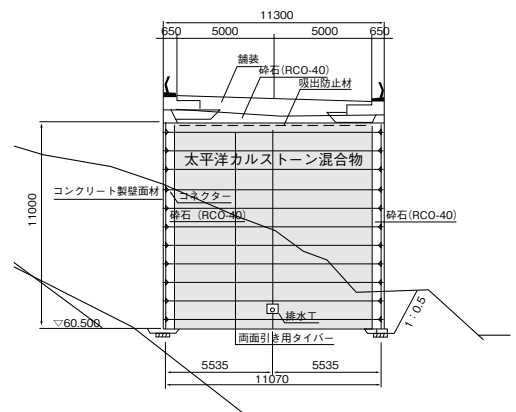


DG

日本海東北自動車道芦川橋(日本道路公団 秋田工事事務所)



橋台背面裏込材(土圧軽減及び多数アンカー工法との併用)

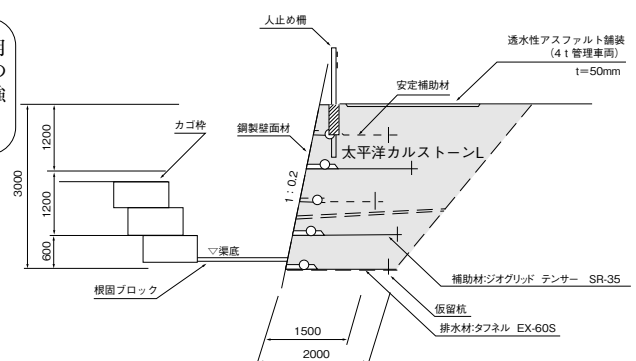


土地造成

柏崎刈羽地域環境共生公園(柏崎市都市整備部・東京電力(株))



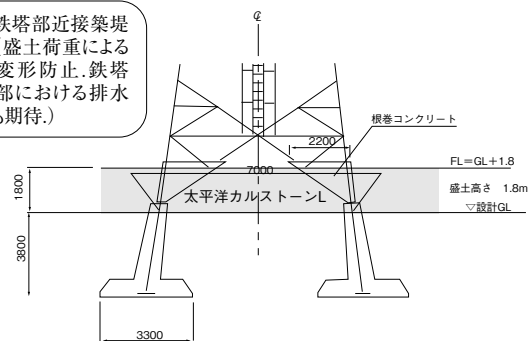
テンサーとの併用(軟弱地盤上での急勾配盛土の補強材の間に充填)



中部電力既存鉄塔周辺盛土(国土交通省)



送電鉄塔部近接築堤盛土(盛土荷重による地盤変形防止.鉄塔周辺部における排水機能も期待.)

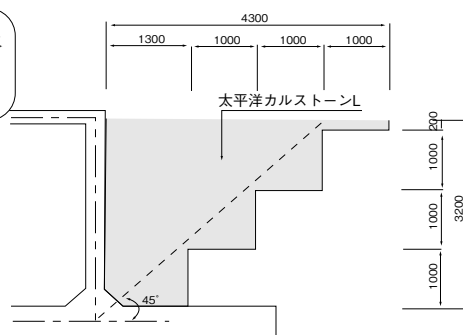


地下構造物

三厩村公共下水道 浄化センター水処理施設工事(青森県土整備事務所)



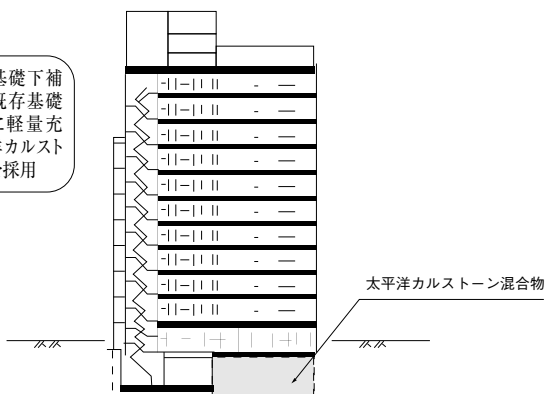
軟弱地盤上の下水処理水槽の埋戻し(側面の土圧低減)



近畿税理士会館 大同生命ビル新築工事(近畿税理士会・大同生命)



新設建物の基礎下補強材として、既存基礎との空隙部に軽量充填材(太平洋カルストン混合物)を採用

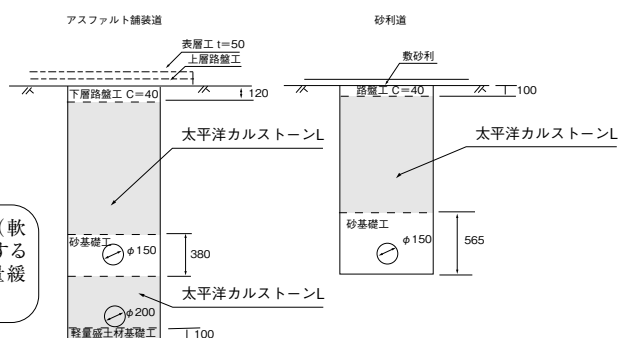


地下埋設管

雄物川流域下水道工事(秋田市)



下水管緩衝材(軟弱地盤に埋設する管路周りの軽量緩衝材)



7. 化学成分

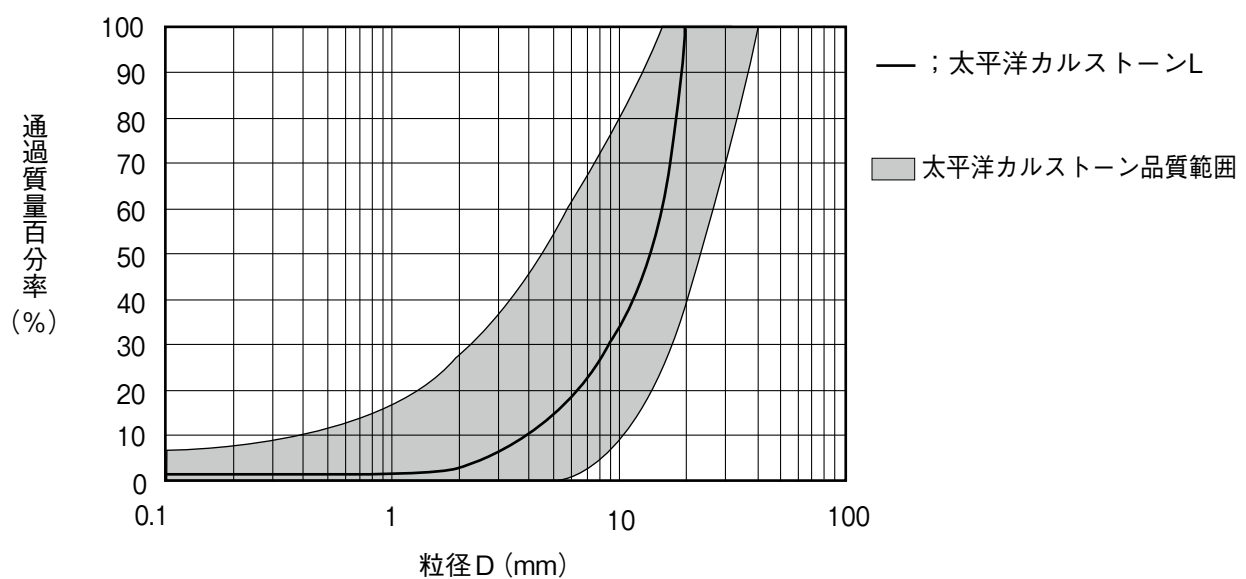
太平洋カルストーンは天然の岩石を焼成して製造した無機材料であり、塩化物など鉄の腐食を促進する成分は含まれていません。

表－1 化学成分（％）

化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
含有量	66～72	15～22	3～7	1～5	1～3

8. 粒度

太平洋カルストーンは粒状材料であり、粒度を工場で管理し、製造した人工軽量盛土材です。



図－1 粒径加積曲線

表－2 粒度分布例（通過質量百分率）

	粒径 (mm)	太平洋カルストーンL (測定例)	(参考値)	
			クラッシュランC-40	粒調碎石M-40
粗 礫	37	100	95～100	95～100
中 礫	19	100	50～80	60～90
細 礫	4.75	14	15～40	30～65
粗 砂	2	2	5～25	20～50
細 砂	0.425	1	—	10～30
シルト以下	0.075	1	—	2～10

9. 力学的特性

9.1 締固め特性

太平洋カルストーンは締固め条件による乾燥密度の差異が生じにくいため、現場における施工が容易です。

表-3 太平洋カルストーンL 特性

〔引用；人工軽量盛土材料 材料試験報告書 平成14年5月 計量証明事業者：興亜開発（株）〕

測定項目	仕事量 [※] (kJ/m ³)	太平洋カルストーンL
乾燥密度 (g/cm ³)	150 (軽締固め)	—
	458	0.780
	549 (標準締固め)	0.788
	1132	0.826
	2480 (重締固め)	0.900
湿潤密度 ^{※※} (g/cm ³)	150 (軽締固め)	—
	458	1.009
	549 (標準締固め)	1.019
	1132	1.068
	2480 (重締固め)	1.164
飽和密度 (g/cm ³)	150 (軽締固め)	—
	458	1.397
	549 (標準締固め)	1.401
	1132	1.421
	2480 (重締固め)	1.458
実積率 (%)	150 (軽締固め)	—
	458	60.9
	549 (標準締固め)	61.6
	1132	64.5
	2480 (重締固め)	70.3
CBR (%)	150 (軽締固め)	—
	458	17.9
	549 (標準締固め)	18.2
	1132	19.8
	2480 (重締固め)	28.4
	90%修正CBR	19.0
	95%修正CBR	23.0

※ 試験に用いた供試体は、下記の締固め条件を定義して作成した。

軽締固め：埋戻し対応 締固め仕事量 $E_c=1.5\text{cm}\cdot\text{kgf}/\text{cm}^3$ (クローラ転圧等に相当)

標準締固め：路床・路体対応 締固め仕事量 $E_c=5.6\text{cm}\cdot\text{kgf}/\text{cm}^3$ (タイヤローラ転圧等に相当)

重締固め：路床・路体対応 締固め仕事量 $E_c=25.3\text{cm}\cdot\text{kgf}/\text{cm}^3$ (マカダムローラ転圧等に相当)

※※ 含水状態は、表面乾燥飽和状態(含水比29%)で試験実施。

(=出荷状態、同一締固め条件で(湿潤密度)÷(乾燥密度)=1.29)

9.2 圧縮変形特性

太平洋カルストーンは硬質粒状材料であり、上部からの荷重に対してもわずかな即時沈下しか生じません。

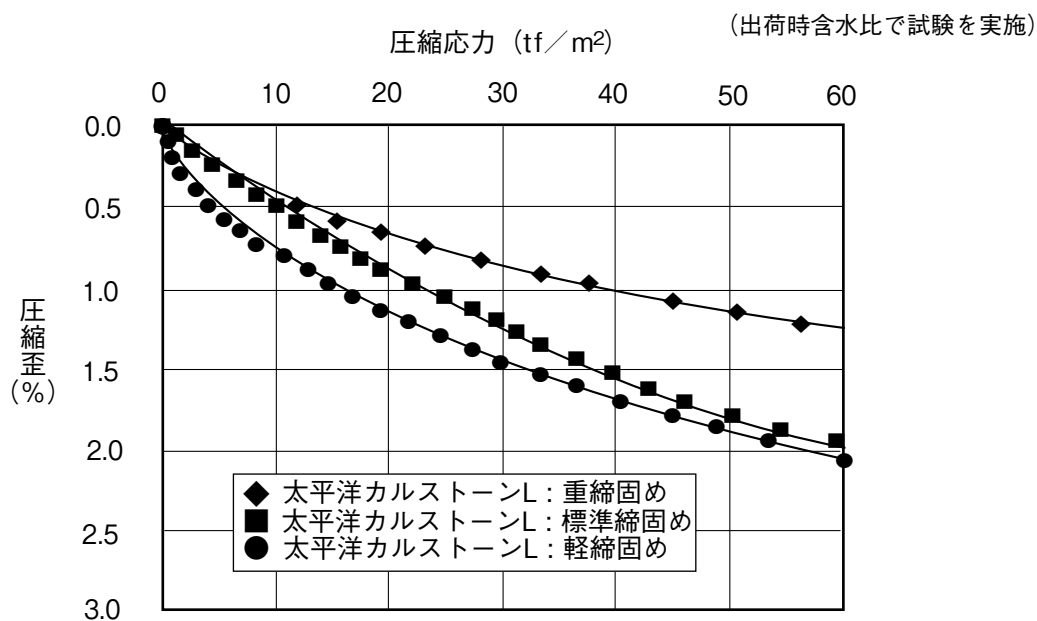


図-2 応力ひずみ曲線

9.3 せん断強度特性

太平洋カルストーンは硬質粒状材料であり、 ϕ 材として大きな内部摩擦角が得られます。

[引用；人工軽量盛土材料 材料試験報告書 平成14年5月 計量証明事業者：興亜開発（株）]

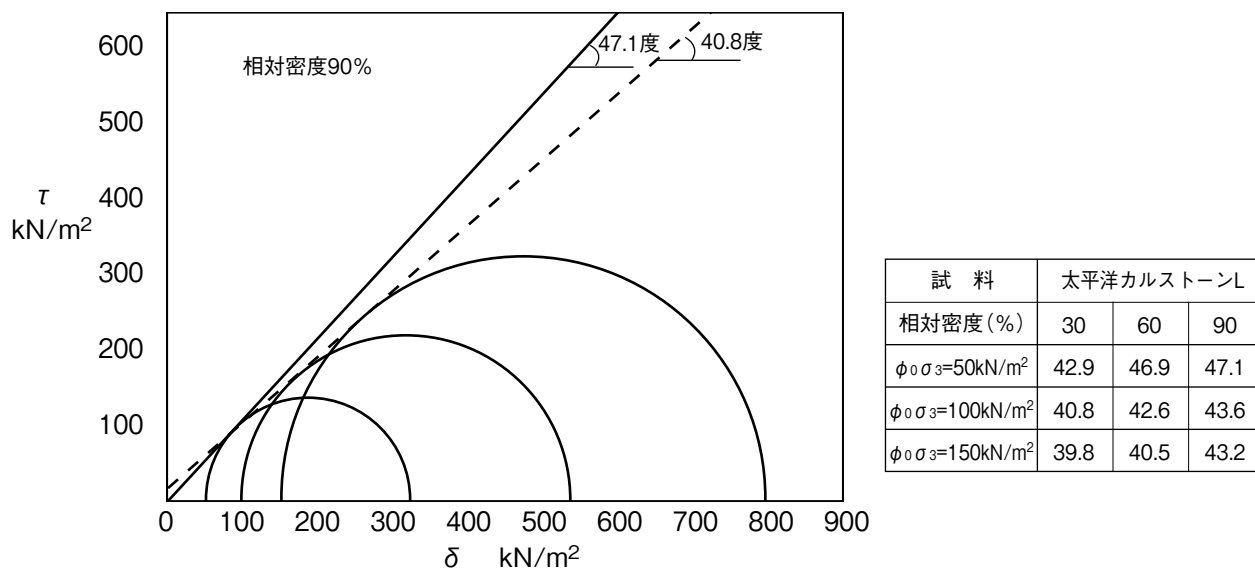


図-3 太平洋カルストーンLのモールの応力破壊円

なお、軽締固め状態（相対密度60%）の場合においても大きな内部摩擦角（ $\phi_{cd(c=0)} = 46.9^\circ$ ）が得られますが、現場施工状況を考慮し、 $\phi_{cd(c=0)} = 42^\circ$ を推奨します。

9.4 破碎率

道路公団仕様(J H S 1 0 9)の“岩の破碎率試験”の結果からは破碎率6.6%の値が得られています。この値は中硬岩並みであり、後述14.5破碎特性(P.18、19)で詳細は述べますが、スレーキングを含めた耐久性をトータルで評価すると“極めて土砂化しにくい、圧縮沈下性が小さい盛土材”であることがいえます。

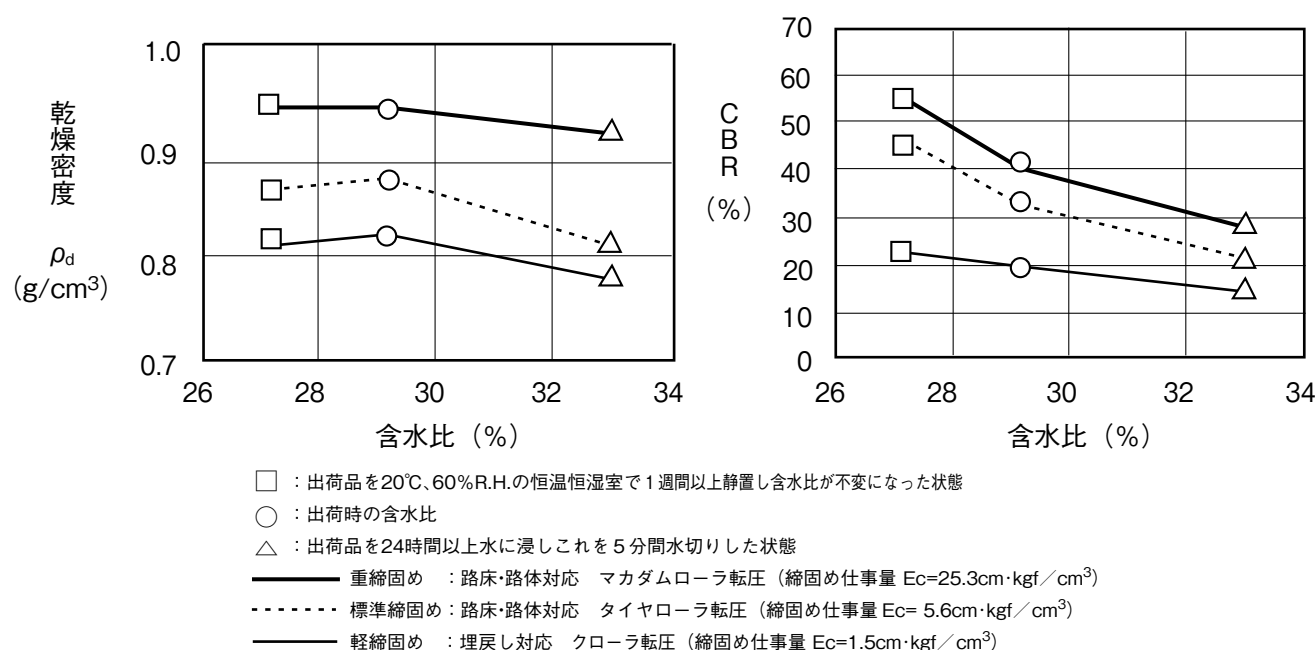
〔参考〕一軸圧縮試験結果

破碎率以外の強度指標である一軸圧縮試験の結果では、頁岩（紀淡頁岩）は平均値で中硬岩の最小値500kgf/cm²を超え、最大値では1,000kgf/cm²程度発現する実験値*が得られています。これらの値から評価すると中硬岩程度以上の強度を有しているといえます。

*注)参考文献 災害科学研究所, 淡路島内田頁岩の埋立材料特性に関する研究, 災害科学研究所報告, 1990.

9.5 含水比と乾燥密度・CBRの関係

太平洋カルストーンは締固め条件による乾燥密度の差異が生じにくいいため、現場における施工が容易です。



図－4 含水比と乾燥密度・CBRの関係

10. 設計定数

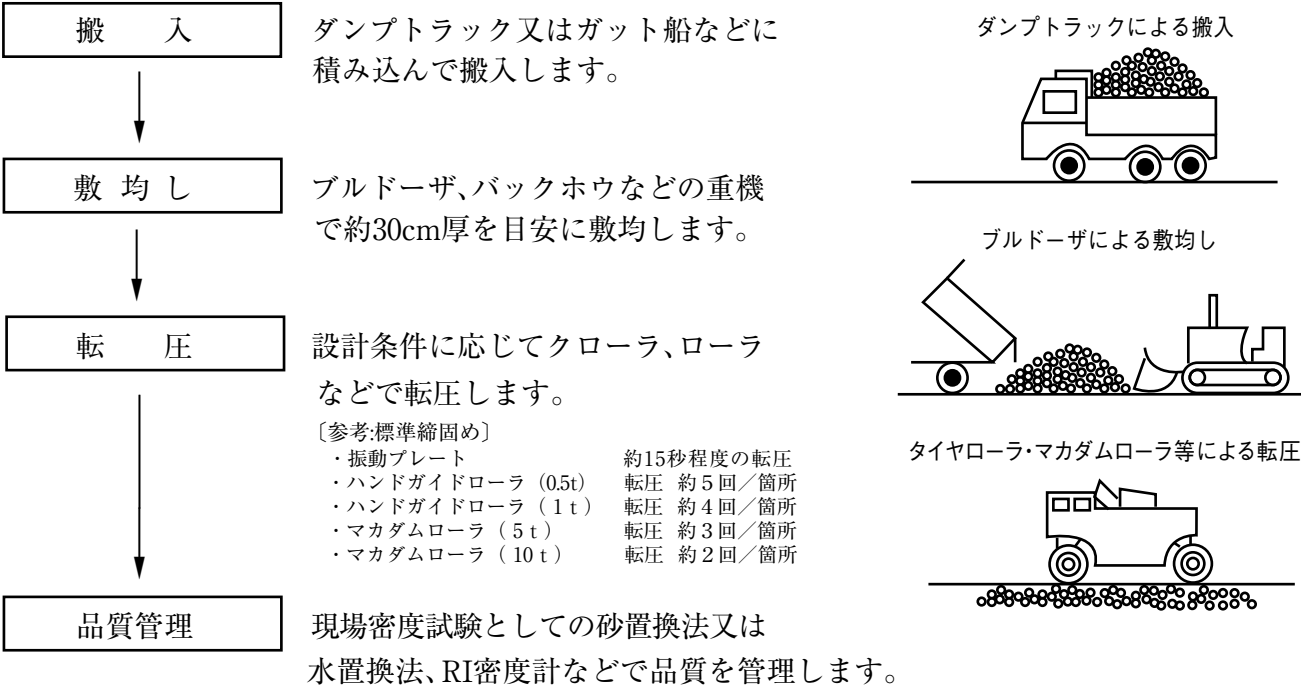
太平洋カルストンの設計定数を表－4に示します。下表に示すように、標準締固めのもとでは、設計定数として、 $\gamma_t=11\text{kN}/\text{m}^3$ (1.1tf/m³)、 $\phi_{cd}(c=0)=42^\circ$ が確保されます。

表－4 設計定数

	太平洋カルストーンL		
締固め状態	軽締固め ※	標準締固め	重締固め
転圧方法	クローラ	振動プレート： タイヤローラ： マカダムローラ等	マカダムローラ等
単位体積重量 γ_t (kN / m ³)	10 (1.0 tf / m ³)	11 (1.1 tf / m ³)	12 (1.2 tf / m ³)
内部摩擦角 ϕ_{cd} (c=0)	42°	42°	42°
CBR (%)	17	18	28
透水係数 k (cm/sec)	4.1×10		

※標準締固めを推奨します。(この時、水中有効重量 $\gamma' = 4\text{kN}/\text{m}^3$)

11. 施工手順



12. 耐久性

12.1 スレーキング

スレーキング率は0.3%程度であり、乾湿繰返しによる粒度への影響はほとんどないことが確認されました。数値的な評価として「岩のスレーキング率(JHS110-2001)」には盛土材の細粒化の検討に、スレーキング率が30%以下を推奨しており問題はないといえます。

表-5 スレーキング率試験結果

〔引用:人工軽量盛土材料(太平洋カルストーン) 材料試験報告書 平成17年3月 計量証明事業者:興亜開発(株)〕

	試 料			平 均
	No.1	No.2	No.3	
スレーキング率 (%)	0.3	0.2	0.3	0.3

12.2 耐久性試験結果

硫酸ナトリウムによる安定性試験結果を表-6に示します。

表-6 硫酸ナトリウムによる安定性試験結果

〔引用:人工軽量盛土材料(太平洋カルストーン) 材料試験報告書 平成17年3月 計量証明事業者:興亜開発(株)〕

	ふるいの呼び寸法 (mm)	損失質量百分率 (%)
	13~5	
各群別の損失質量百分率 (%)	0.4	0.4

試験方法：JIS A 1122 に準拠（『舗装試験法便覧』による）
判定基準：道路用単粒度碎石 損失量 表層・基層 12%以下
上層路盤 20%以下

13. 環境関連

太平洋カルストーンの環境に関する試験結果は以下の通りです。

表－7 環境に関する溶出試験結果の一例

溶出試験		項 目	社内基準値 mg/L以下	測定値	分析の方法 ^{注3}	定量下限値 mg/L	参考:環境基準値 mg/L以下
第2種特定有害物質 (重金属)	1	カドミウム及びその他化合物	0.01	不検出	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 55.4	0.001	0.01
	2	六価クロム化合物	0.05	不検出	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 65.2.1	0.005	0.05
	3	全シアン化合物	不検出	不検出	水質試験 JIS K 0102 38.1.及び38.5 検液JIS K 0058-15.	0.1	不検出
	4	総水銀及びその化合物	0.0005	不検出	JIS K 0058-1 5.及び 昭和46年環告59号付表1	0.0005	0.0005
	5	セレン及びその化合物	0.01	不検出	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 67.4	0.001	0.01
	6	鉛及びその化合物	0.01	不検出	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 54.4	0.001	0.01
	7	ヒ素及びその化合物	0.01	0.004	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 61.4	0.001	0.01
	8	ふっ素及びその化合物	0.8	0.11	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 34.4	0.08	0.8
	9	ほう素及びその化合物	1	不検出	JIS K 0058-1 5.及びJIS K 0102 47.4	0.1	1

注1 カルストーンは高温で焼成しており、有機物である第1種特定有害物質(揮発性物質)は含んでおりません。

注2 カルストーンの原料は頁岩であり、第3種特定有害物質(農薬類)を含んでおりません。

注3 カルストーンはスレーキング等の風化による細粒化がほとんど無い為、溶出試験方法は2mm以下に破碎しないJIS K 0058-1 (有姿かくはん溶出:タンクリーチング法)による検液を使用します。

注4 上記測定値(参考値)は2014年5月(株)環境管理センター試験成績書によります。

表－8 環境に関する含有試験結果の一例

含有試験		項 目	社内基準値 mg/kg以下	測定値	分析の方法	定量下限値 mg/L	参考:環境基準値 mg/kg以下
第2種特定有害物質 (重金属)	1	カドミウム及びその他化合物	150	不検出	JIS K 0058-2 7.1及びJIS K 0102 55.4	1.0	150
	2	六価クロム化合物	250	不検出	JIS K 0058-2 7.2及びJIS K 0102 65.2.1	10	250
	3	全シアン化合物	50	不検出	土壌含有試験	5	50
	4	総水銀及びその化合物	15	不検出	JIS K 0058-2 7.1及び 昭和46年環告59号付表1	1.0	15
	5	セレン及びその化合物	150	不検出	JIS K 0058-2 7.1及びJIS K 0102 67.4	1.0	150
	6	鉛及びその化合物	150	不検出	JIS K 0058-2 7.1及びJIS K 0102 54.1	10	150
	7	ヒ素及びその化合物	150	不検出	JIS K 0058-2 7.1及びJIS K 0102 61.4	10	150
	8	ふっ素及びその化合物	4000	不検出	JIS K 0058-2 7.1及びJIS K 0102 34.1	100	4000
	9	ほう素及びその化合物	4000	不検出	JIS K 0058-2 7.1及びJIS K 0102 47.4	50	4000

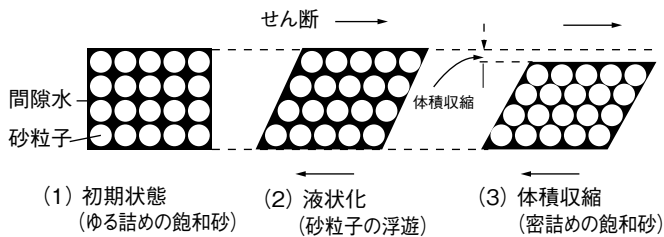
注5 上記測定値(参考値)は2014年5月(株)環境管理センター試験成績書によります。

14. 資料編

14.1 液状化の可能性について

砂のような粒状体にせん断力を加えた場合、形状とともに体積変化を生じます。この体積変化は、砂の密度が大きく関係し、密な場合には体積が増加し、ゆる詰めでは収縮します。

この現象をダイラタンシーと言いますが、液状化は、後者のせん断によって体積収縮する現象、すなわちネガティブダイラタンシーに起因するものです。



付図-1 せん断による砂の液状化の過程

付図-1は、ゆる詰め飽和砂に地震時せん断力が作用した場合に生じる液状化の過程をモデル化したものです。ゆる詰め乾燥砂の場合は、付図-1(1)から(3)へ容易に移行し、体積収縮をおこします。ところが水によって飽和された砂の場合には、砂中の間隙水が排出されないで体積収縮せず、その排出には時間を要します。

したがって、せん断力を受けた飽和砂は、ある時間、非排水状態で等体積のせん断変形を起こすことになり、この際、粒子間の接触がはずされ、砂粒子の重みは間隙水によって支えられて付図-1(2)の状態となります。

言い換えれば、ゆる詰め飽和砂は、地震時においてはほぼ非排水状態で繰り返しせん断変形をうけるため間隙水圧が増加し、それに伴って砂粒子間の接触力を意味する有効応力が減少し、最終的に砂粒子は、間隙水の中で浮遊し液体状態を呈します。この現象が砂地盤の液状化です。

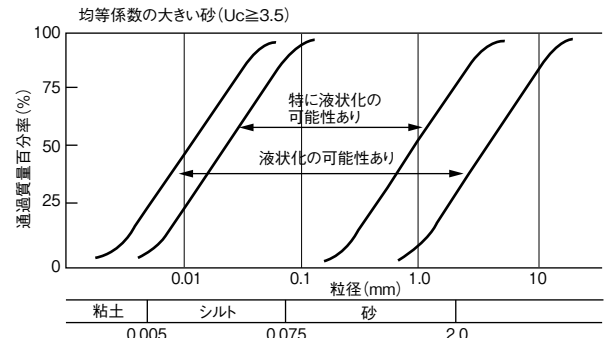
以上の「液状化メカニズム」に示すように、液状化が発生するためにはせん断変形に伴う体積収縮時に速やかに間隙水が排出されず、間隙水圧が上昇することが必要となります。

「太平洋カルストン」の透水係数は、 $4.1 \times 10 \text{ cm/s}$ と非常に大きく、液状化時の過剰間隙水圧を消散させるための対策工である「グラベルドレーン」と同程度の透水性を有しており、液状化が発生し難いことが容易に推測されます。

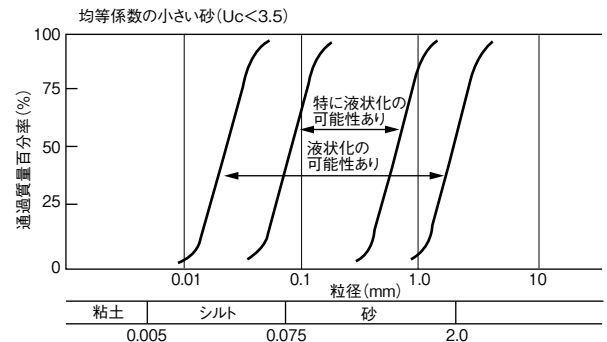
一方、「港湾施設の技術上の基準・同解説(平成11年度)」においては、液状化の可能性のある粒度範囲が示されており、これを付図-2に示します。

太平洋カルストン礫(2005)については、20~5mmの粒度を基本に構成されており、付図-2に示す「液状化の可能性のある範囲」外となります。

また、「道路橋示方書(v耐震設計編)・同解説」では、液状化判定を行う必要のある砂質土層として「平均粒径 D_{50} が10mm以下でかつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層」に規定していますが、太平洋カルストンについては、10%粒径が5mm以上となることから、本基準からも液状化対象外となります。



(a) 液状化の可能性のある範囲 ($U_c \geq 3.5$)



(b) 液状化の可能性のある範囲 ($U_c < 3.5$)

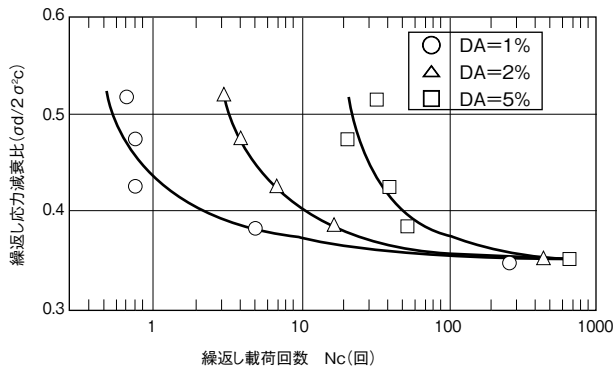
付図-2 液状化の可能性のある範囲

「港湾施設の技術上の基準・同解説(平成11年度)」より

以上のことから判断し、太平洋カルストンに関しては、液状化に関し特に問題ないものと判断されます。

【参 考】 太平洋カルストンの振動三軸試験結果

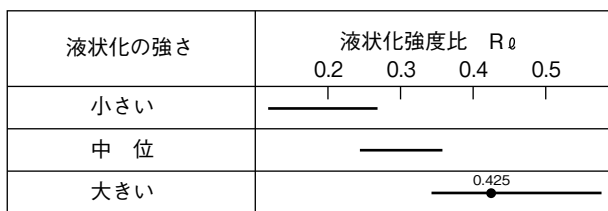
付図-3に繰り返し応力と載荷回数の関係を示す。繰り返し載荷回数20回に相当する繰り返し応力比は、両振幅ひずみ5%で0.504の値を得ており、標準砂に比べてかなり大きな値となっている。試験時の波形記録を見ると変形が大きくなっても間隙水圧比がB値に達しておらず、供試体へのメンブレン貫入の影響が考えられ、その場合、液状化強度を過大評価する可能性がある。システムコンプライアンスの補正方法として時松・中村の方法を適用したところ液状化強度は0.425であった。



付図-3 繰返し載荷回数と繰返し応力減衰比の関係
注) 相対密度60%時

以上、「人工軽量骨材の土木盛土材としてのせん断特性 第32回地盤工学研究発表会」より抜粋

液状化強度比 R_0 （または液状化応力比や非排水繰返し強さ応力比と呼ばれる）は、土の種類や密度によって異なってくる。試験で得られた液状化強度比が大きいか、つまり液状化しにくい土かどうかの目安を付図-4に示す。付図-4に示すように振動三軸試験結果からも太平洋カルストンは液状化抵抗が大きいと言える。



(注)ここでの液状化強度比は等方応力では有効拘束圧、異方応力では平均有効主応力を分母とし、正弦波の繰返しせん断力分子とした値である。

付図-4 液状化の強さの目安

「液状化の調査から対策工まで 鹿島出版会」に加筆

14.2 締固めに伴う体積変化

太平洋カルストンの締固め前後の密度に関しては、以下の試験結果が得られています。

付表-1 締固め前後における密度変化

	乾燥密度 (t/m^3)	湿潤密度 [※] (t/m^3)	備考
締固め前	0.726	0.934	ショベル法
締固め後 [※]	0.788	1.019	標準締固め時

※ 人工軽量盛土材料(カルストン)材料試験報告書

平成14年5月 興亜開発株式会社

※※ 含水比28.7%時

当初、締固めない状態で $10m^3$ あったと仮定すると、付表-1より太平洋カルストン重量は乾燥状態で $10m^3 \times 0.726 = 7.26t$
締固め後の体積 V は、 $V = 7.26 \div 0.788 t/m^3$
 $= 9.213m^3$ となります。

以上より、締固め前後の体積変化は、以下の通りとなり、標準締固めを行うことにより、8%程度の体積減少が生じることとなります。

$$10m^3(\text{当初}) \rightarrow 9.213m^3(\text{標準締固め後})$$

$$9.213m^3 \div 10m^3 = 0.921$$

なお、実際の施工に際しては、上記、締固めにともなう体積変化に加え、材料の地盤内への食い込み等の材料ロス等が別途、発生します。

したがって、現場の締固めにともない太平洋カルストンが不足しないように、他の材料(クラッシャーラン等)と同様に、材料の割り増しを約10%、地盤内の食い込みの激しい箇所では約15%程度、港湾工事の場合は約25%をご考慮ください。

【参 考】

名 称		地山に対する容積比	
		ほぐした土量 の変化率 L	締固めた土量 の変化率 C
岩または石	硬 岩	1.65~2.00	1.30~1.50
	軟 岩	1.30~1.70	1.00~1.30
礫まじり土		1.10~1.30	0.85~1.00
砂	砂	1.10~1.20	0.85~0.95
	岩塊・玉石まじり砂	1.15~1.20	0.90~1.00
普通土	砂質土	1.20~1.30	0.85~0.95
	岩塊・玉石まじり砂質土	1.40~1.45	0.90~1.00
粘性土など	粘性土	1.20~1.45	0.85~0.95
	礫まじり粘性土	1.30~1.40	0.90~1.00

求めるQ 基準のq	地山の土量	ほぐした土量	締固めた土量
地山の土量	1	L	C
ほぐした土量	1/L	1	C/L
締固め後の土量	1/C	L/C	1

(注) L = ほぐした土量/地山の土量、C = 締固め後の土量/地山の土量

14.3 締固め管理方法

太平洋カルストンの締固め管理方法について以下に示します。

1. 人工軽量盛土材の仕様

・湿潤単位体積重量 $\gamma_t \leq 11kN/m^3$

2. 締固め管理方法

軽量盛土材である太平洋カルストンの締固め管理は、通常の盛土材と同様に、室内試験におけるJIS A 1210(突き固めによる土の締固め方法)で締固められた太平洋カルストン最大乾燥密度 γ_{dmax} に対し現場の乾燥密度 γ_d が所定の締固め度となるよう管理するものとします。

$$\text{締固め度 } D = \gamma_d(\text{現場}) / \gamma_{dmax}(\text{室内})$$

なお、道路、堤防盛土等については、一般に締固め度85~90%以上となるよう管理されています。

3.室内試験結果による最大乾燥密度

計量証明事業者である興亜開発(株)の実施した太平洋カルストーンの突き固めによる締固め試験結果を付表-2に示します。

付表-2 締固め試験結果例

測定項目	仕事量 (kJ/m ³)	太平洋カルストーンL
乾燥密度 (g/cm ³)	458 (軽締固め)	0.778
	549 (標準締固め)	0.788
	1132	0.826
	2480 (重締固め)	0.893

軽締固め:路床対応(クローラー転圧)
標準転圧:路床対応(タイヤローラー転圧)
重締固め:路盤対応(マカダムローラー転圧)

4.現場における密度管理

(1)現場で必要となる密度

施工時の含水比(w)を考慮すると、締固め度に応じて現地では必要となる湿潤密度は付表-3のようになります。なお、各含水比に対する湿潤密度 γ_t は、 $\gamma_t = \gamma_d (1 + w/100)$ の関係より算出しました。

付表-3 締固め度と湿潤密度の関係

	標準締固め時	85%締固め時	90%締固め時
乾燥密度 γ_d (t/m ³)	0.788	0.670	0.709
湿潤密度 γ_t (t/m ³)28%	1.009	0.857	0.908
29%	1.017	0.864	0.915
30%	1.024	0.871	0.922
31%	1.032	0.877	0.929
32%	1.040	0.884	0.936
33%	1.048	0.891	0.943

必要となる締固め度に応じ付表-3に示す乾燥密度を現場において確保できれば、所定の締固めは行われたものと判断できます。

また、現場における含水比を測定することにより、上記に示す「乾燥密度と湿潤密度の関係」をもとに湿潤密度でも締固め管理ができます。

なお、太平洋カルストーンの湿潤単位体積重量については、付表-3により11kN/m³を十分にクリアしていることとなります。

(2)施工含水比

一般の土については、施工時の含水比により乾燥密度が大きく影響を受けることから、施工時の含水比管理が特に重要となります。

太平洋カルストーンについては、含水比28～29%の範囲で最大乾燥密度が得られますが、施工時の含水比が変化しても一般の土と異なり、締固め後の密度変化の少ない材料です。

通常、太平洋カルストーンについては表乾状態付近の含水比

調整は不要です。

(3)密度管理方法

現場における密度管理は、砂置換法もしくは、水置換法により実施いたします。



写真-1 現場密度試験状況

なお、JIS A 1214 「砂置換法による土の密度試験方法」を以下に示します。

砂置換法による土の密度試験方法

A1214-1980

method of Test for Density of Soil by the Sand Replacement Method

1. 適用範囲

この規格は、現場において土の密度を砂置換法によって求めるための試験方法について規定する。

なお、この規格で規定する装置及び方法を用いて試験を行うことができる範囲は、最大粒径が約5cm以下の土に限る。

2. 用語の意味

土の密度 土の単位体積当たりの質量をいい、質量として土粒子と含まれている水との両者を考える場合を湿潤密度、土粒子だけを考える場合を乾燥密度という。

3. 試験用具

3.1 密度測定器 密度測定器(以下、測定器という。)ジャーとアタッチメントを組み立て一体の容器としたもので、付図-5に示すような寸法及び機能をもつ部品からなるものとする。

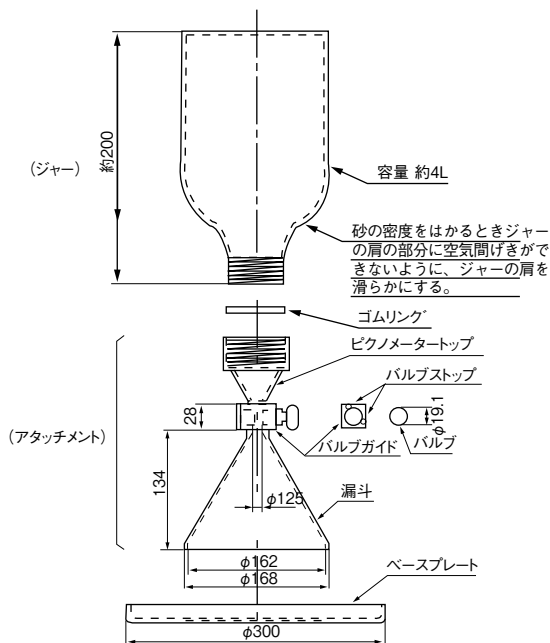
(1)ジャー ジャーは、容量約4ℓ、高さ約200mmの透明なプラスチック製びんで、びんの先端がアタッチメントに接続できるように、おねじとなっているものとする。

(2)アタッチメント アタッチメントは、次のような部品が一体となった金属製のものとする。

(a)ピクノメータートップ 小さい漏斗状のもので、その上端部はジャーを接続できるようにめねじとなっており、下端部はバルブガイドに固定されているものとする。

(b)漏斗 下端の内径が162mm、下端からバルブガイドまでの高さが134mmの寸法をもつもので、上部はバルブガイドに固定されているものとする。

(c)バルブガイド ピクノメータートップと漏斗とを固定する部品で、直径12.5mmの孔口とバルブをもち、付図-5に示すような寸法及び形状のものとする。



付図-5 測定器とベースプレート 単位 mm

3.2 ベースプレート ベースプレートは、付図-5に示すような金属製板で、その中央に漏斗の内径に等しいあなを有するものとする。

3.3 ガラス板 ガラス板は、厚さ5mm、一辺約200mmの正方形のものとする。

3.4 試験用砂 試験用砂は、標準ふるい2000 μ mを通り、標準網ふるい74 μ mにとどまるような粒径範囲のもので、水洗いして十分に乾燥した砂とする。

3.5 はかり はかりは、ひょう量10kg、感量5gのもの及びひょう量500g、感量0.1gのものとする。

3.6 その他の用具

3.6.1 含水量測定用具 含水量用測定用具は、JIS A 1203（土の含水量試験方法）に規定するものとする。

3.6.2 試験孔を掘削するための用具 試験孔を掘削するための用具は、次のとおりとする。

- (1) 小さいつるはし
- (2) ハンドスコップ
- (3) のみ又はたがね
- (4) スプーン

3.6.3 砂又は湿潤土を乾燥させるための用具 砂又は湿潤土を乾燥させるための用具は、次のとおりとする。

- (1) フライパン 直径約250mmのもの
- (2) ポータブル石油ストーブ又は適当な乾燥器

3.6.4 小さいはけ

3.6.5 ストレートエッジ ストレートエッジは、JIS A 1210（突固めによる土の締固め試験方法）の2.8に規定するものとする。

3.6.6 ふるい ふるいは、JIS Z 8801（標準ふるい）に規定する標準網ふるい2000 μ m及び74 μ mのものとする。

3.6.7 温度計 温度計は、精度1 $^{\circ}$ Cのものとする。

4. 試験方法

4.1 測定器と試験用砂の密度との検定

4.1.1 ジャーとピクノメータートップとの体積の検定 ジャーとピクノメータートップとの体積の検定は、次のとおりとする。

- (1) 測定器を組み立て、測定器の質量 m_1 をはかる。
- (2) 測定器をさかさに立て（漏斗を上向きにし、ジャーを下にする）、バルブを開く。
- (3) バルブの孔口をあふれるまで、漏斗の上側から測定器に水を入れ、ジャーとピクノメータートップを水で満たす。このとき、ジャーとピクノメータートップに気ほうが残らないようにする。
- (4) バルブを閉じ、漏斗に残った水を捨ててから、乾いた布で測定器の外及び漏斗の内面をよくふいて乾かす。
- (5) 水で満たした測定器の質量 m_2 をはかってから、直ちに測定器中の水の温度 t° Cをはかる。
- (6) 5.1に示す方法により、その測定器温度に対するジャーとピクノメータートップとの体積 V_1 を計算する。
- (7) (1)～(6)の操作を測定器の温度が一定の状態3回繰り返して行う。もし各々の試験結果から得た体積の計算値の差が5ml以下にならなければ、その差が5ml以下の計算値が得られるまで(1)～(6)の操作を繰り返す。差が5ml以下の3個の計算値を平均して、ジャーとピクノメータートップとの求める体積 V_1 とする。

備考 1. この試験から得たジャーとピクノメータートップとの体積 V_1 は、測定器温度が一定でジャーとアタッチメントとの組立て位置が変わらない限り不変であるから、試験時の接続位置を常に一定にするためにジャーに目印を付けておくとい。

2. 測定器温度が広範囲に変化すると、 V_1 値もそれに応じて異なるので、その場合には、あらかじめその範囲で4～5点の測定器温度に対して(1)～(7)の操作を行い、温度変化に伴う V_1 値変化の検定曲線を求めておく。

4.1.2 試験用砂の密度の検定 試験用砂の密度の検定は次のとおりとする。

- (1) 内部をよく乾かした測定器を水平な面上にさかさに立て〔4.1.1 (2) の規定と同じ要領〕、バルブを閉じる。
- (2) 試験用砂を漏斗の上端まで入れ、バルブを開いて砂とジャーとピクノメータートップが満たされるまで入れる。このとき、漏斗中の砂は、下部に移動するので、砂面がしだいに下がってゆくが、その面が常に漏斗の高さの半分以上となるように砂を補ってやる。
- (3) 砂の移動が止まり、ジャーとピクノメータートップが砂で満たされたら、バルブを閉じて漏斗中に残った砂を捨て、砂で満たされた測定器の質量 m_3 をはかる。
- (4) 砂の満たされた測定器の質量 m_3 から、測定器だけの質量 m_1 を引いて、測定器中の砂で質量 m_4 を求める。
- (5) 試験用砂の密度は、4.1.1で得た測定器の体積 V_1 と測定器中の砂の質量 m_4 とから、5.2の計算によって求める。

- 備考 1. 測定器の体積 V_1 は、(1)～(4)の操作を行ったときの測定器温度に対応する値でなければならない。したがって、もし必要なら、4.1.1備考2で述べた検定曲線から V_1 の値を求める。
2. 測定器中の試験用砂の体積を求める試験を通じて、砂に振動を与えてはならない。砂に振動を与えると砂が密に詰まり、砂の密度が大きくなり求められ、その結果、求める土の密度が小さく得られることになる。
3. 試験用砂の密度は、現場で掘削する試験孔の体積程度の体積既知の容器を用いて測定してもよい。その場合には、4.2.2に規定する試験孔の体積の測定方法を準用する。
なお、この測定方法によるときは、求めた密度が、ジャーを用いて求めたそれと等しいことを確かめなければならない。
4. 試験用砂の密度を求めてからあまり長い時間たったものを現場試験に用いるとか、又は現場試験で既に用いた砂を再び使用する場合、砂の含水量変化や粒度の変化によって土の密度試験結果に正確さを欠くような結果が生じる。したがって試験用砂の含水量や粒度の管理を行い、また、砂の密度の検定を、しばしば行わなければならない。

4.1.3 漏斗を満たすのに必要な試験用砂の質量の検定

漏斗を満たすのに必要な試験用砂の質量の検定は、次のとおりとする。

- (1) 漏斗を満たすのに十分な量の試験用砂を、ジャーにあらかじめ入れておき、バルブを閉じ、測定器と入れた砂との質量 m_3 をはかる。

4.1.2の測定に続いてこの検定を行う場合は、4.1.2(3)で得たジャーとピクノメータトップに満たした砂の質量 m_3 をそのまま用いる。

- (2) 水平に置いたガラス板の上にベースプレートを置き、その上に漏斗が密接するように測定器を立てる。(漏斗口を下にし、ジャーを上にする。)
- (3) バルブを開き、ジャーの口の砂を漏斗にいれる。砂の移動が止まってからバルブを閉じる。
- (4) 漏斗に移動した砂を除き、測定器と残った砂との質量 m_5 をはかり、 $m_3 - m_5$ 又は $m_3 - m_5$ から漏斗を満たすのに必要な砂の量 m_6 を求める。

4.2 現場における土の密度の測定

4.2.1 測定前の準備と試験孔の掘削方法 測定前の準備と試験孔の掘削方法は次のとおりとする。

- (1) 試験箇所の地表面をスレートエッジで水平にならす。このとき、地表面に緩んだ土、石又はごみがあればそれを取り除く。
- (2) 平らにならした地表面にベースプレートを密着させておく。
- (3) ベースプレートの穴の内側の土をハンドスコップ、のみ、つるはし、スプーンなどの掘削器具を用いて掘る。掘り出した土は、わずかな量も失わないように注意して容器に入れる。採取した土は、含水量が変化しないよ

うに、容器にふたをして保存する。

備考 試験孔の最小体積は、土の最大粒径に応じて、付表-4に示すような値とするのがよい。

4.2.2 試験孔から掘り出した土の質量及び試験孔の体積の測定

試験孔から掘り出した土の質量及び試験孔の体積の測定は、次のとおりとする。

- (1) 試験孔から掘出した土の全質量 m_7 をはかる。
- (2) 質量をはかり終わった土をよく混合し、その中から、付表-4の含水量試験用の試料最少量以上の土をとって含水量 w を測定する。

付表-4 土の最大粒径に対する試験孔の最小体積及び含水量試験に要する試料の最少量

土の最大粒径 (mm)	試験孔最小体積 (cm ³)	含水量試験用の試料最少量 (g)
5	700	100
12.5	1,400	250
25	2,100	500
50	2,800	1,000

- (3) 4.1.2(1)～(3)と同じ操作を行い m_3 を求める。
- (4) ベースプレートの穴に漏斗を合わせて測定器を直立させる。
- (5) バルブを開き、ジャーの中の砂の移動が止まってからバルブを開く。
- (6) 測定器と残った砂との質量 m_8 をはかり、 $m_3 - m_8$ から試験孔及び漏斗に入った砂の質量 m_9 をはかる。
 m_9 から漏斗を満たすのに必要な砂の質量 m_6 を除いて、試験孔を満たすのに要する砂の質量 m_{10} を求める。
試験孔の体積 V_0 は、5.4.1によって計算する。

4.2.3 土の密度の求め方 4.2.2の試験で得た m_7 、 V_0 及び w の値を用い、5.3.2、5.4.2及び5.4.3から土の密度を求める。

5.試験結果の整理

5.1 ジャーとピクノメータトップとの体積の求め方 測定器のうち、ジャーとバルブ孔の体積を含めたピクノメータトップとの体積 V_1 は、次の式から計算する。

$$V_1 = K(m_2 - m_1)$$

ここに m_2 : ジャーとピクノメータトップとの部分

に水を満たしたときの質量 (g)

m_1 : 測定器の質量 (g)

K : 測定水温 $t^{\circ}\text{C}$ における水1g当たりの体積 (cm³/g) (付表-5参照)

付表-5 温度10～32℃における水1g当たりの体積

水温 (°C)	水1g当たりの体積 (Kcm ³ /g)	水温 (°C)	水1g当たりの体積 (Kcm ³ /g)
10	1.00027	22	1.00221
12	1.00048	24	1.00268
14	1.00073	25	1.00320
16	1.00103	28	1.00375
18	1.00138	30	1.00435
20	1.00177	32	1.00497

5.2 試験用砂の密度の求め方 試験用砂の密度 ρ_s は、次の式から計算する。

$$\rho_s = \frac{m_3 - m_1}{V_1} = \frac{m_4}{V_1} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

ここに m_1 ：ジャーとピクノメータトップとの部分に砂を満たしたときの質量 (g)

5.3 試験孔からとり出した土の含水量とその炉乾燥質量の求め方

5.3.1 試験孔からとり出した土の含水量 w は、次の式から計算する。

$$w = \frac{m_{11} - m_{12}}{m_{12}} \times 100 \text{ (}\%)$$

ここに m_{11} ：湿潤土の質量 (g)
 m_{12} ：炉乾燥土の質量 (g)

5.3.2 試験孔からとり出した土の炉乾燥質量 m_0 は、次の式から計算する。

$$m_0 = \frac{100m_7}{w + 100} \text{ (g)}$$

ここに m_7 ：試験孔からとり出した湿潤土の質量 (g)

5.4 土の密度の求め方

5.4.1 試験孔の体積 V_Q は、次の式から計算する。

$$V_Q = \frac{m_9 - m_6}{\rho_s} = \frac{m_{10}}{\rho_s} \text{ (cm}^3\text{)}$$

ここに m_9 ：試験孔及び漏斗に入った砂の質量 (g)
 m_6 ：漏斗を満たすのに必要な砂の質量 (g)
 m_{10} ：試験孔を満たすのに必要な砂の質量 (g)

5.4.2 土の湿潤密度 ρ は、次の式から計算する。

$$\rho = \frac{m_7}{V_0} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

5.4.3 土の乾燥密度 ρ は、次の式から計算する。

$$\rho = \frac{m_0}{V_0} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

6.報 告 次の事項について報告する。

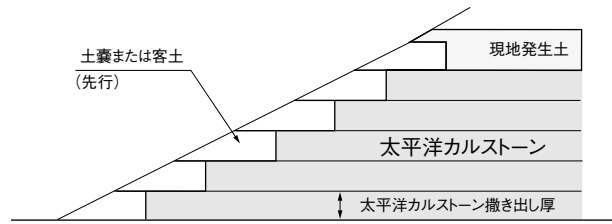
- (1) 土の最大粒径 (mm)
- (2) 土の含水量 (%)
- (3) 土の湿潤密度 (g/cm³)
- (4) 土の乾燥密度 (g/cm³)

14.4 緩傾斜盛土施工時の仕上げ方法

太平洋カルストーンLを盛土材として使用する場合、一般にのり面付近については、転圧により盛土材が横にながれ、十分なのり面の整形ができません。

したがって、太平洋カルストーンLの盛土材への適用にあたっては、のり面整形を確実にこなうため以下の配慮が必要となります。

○盛土高さが2～3m程度の比較的低盛土については、のり面付近に植生土嚢、客土等を先行して行い、その中に太平洋カルストーンLを投入して施工を行なっていく（従来の埋め戻しに近い状態の施工）等の配慮が必要となります。



付図-6 太平洋カルストーンLによる盛土施工イメージ
 (のり面表層付近)

14.5 破碎特性

粒径37.5mm～19.0mmの材料を20kgf/cm²の荷重で圧縮する道路公団仕様(JHS 109)の“岩の破碎率試験”結果からは、破碎率*6.6%の値が得られており、通常の中硬岩並みの破碎抵抗を有しています。なお、JHS 109による岩の破碎率試験方法を以下に示します。

[岩の破碎率試験]

JHS 109(岩の破碎率試験方法)に従い、次の試験手順で行う。

- 1) 粒径37.5～19mmの粒度の試料を準備する。
- 2) 試料をモールドカラーの上端まで入れる。
- 3) 底盤を左右交互に5cm程度持ち上げて落下させ、この動作を5回繰り返す。
- 4) モールドをはずし、余分な盛り上がり試料を取り除く。
- 5) スペーサーディスクをのせ、載荷装置に設置する。
- 6) ピストンが1分間に2mmの速さで供試体を圧縮するように荷重をかけ、荷重が20kgf/cm²まで全断面圧縮を行う。
- 7) 荷重を徐荷し、載荷装置から供試体をはずす。
- 8) 試料を9.5mmふるいでふるい分ける。
- 9) ふるい分けた試料の質量を測定する。

*破碎率=B/A×100(%)

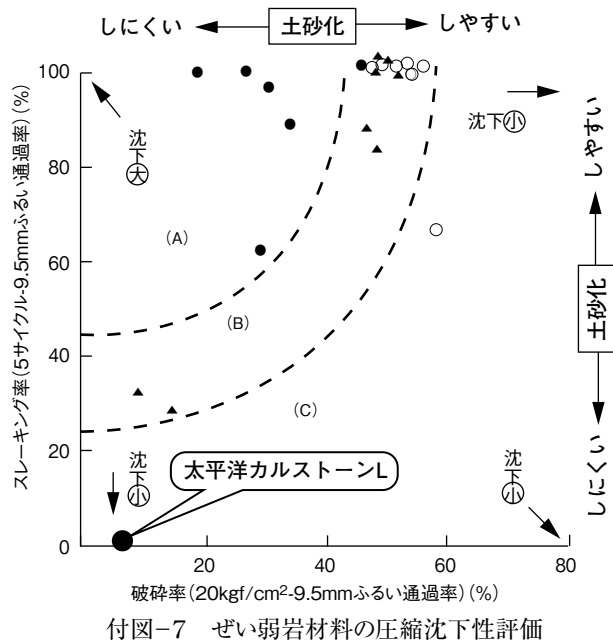
ここに、A：モールドに入った全乾燥土質量(g)

B：9.5mmふるいを通過した乾燥土質量(g)

[参考]スレーキング率と破碎率を併せて評価した際の指標

『設計要領第一集 土工編』(日本道路公団)の 2-5-3圧縮沈下特性の 2-5-3-1 スレーキング性材料の圧縮沈下対策では、「スレーキング性材料の上部路床への使用に当っては、過去の施工実績からスレーキング率50%以下の材料とする。また構造物裏込め材としては 付図-7の(A)(B)領域の材料は使用しないことが望ましい」と記載が有ります。

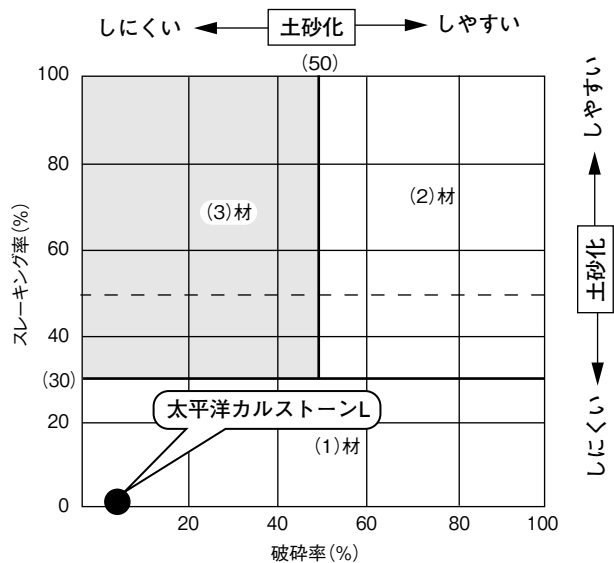
太平洋カルストーンは、前述の破碎率(P.9、9.4破碎率)とスレーキング率試験結果(P.11、12.1スレーキング)とを併せて、上記の付図-7 にプロットして考察する。これから判断すると破碎率、スレーキングの両面から判断し耐久性に及ぼす問題は少ないと考えられます。



付図-7 ぜい弱岩材料の圧縮沈下性評価

〔追加資料〕

平成18年4月に発行された設計要領第一集において示される「ぜい弱岩材料の区分」(付図-8)においても太平洋カルストンは土砂化しにくい資材であることが分かります。



付図-8 ぜい弱岩材料の区分

(引用) 設計要領第一集 土工編 平成18年4月
東日本高速道路株式会社
中日本高速道路株式会社
西日本高速道路株式会社

見かけ上の粘着力 C_{cd} は無視されることが多いですが、粘着力を0とした場合の内部摩擦角 ϕ_0 を各側圧別にまとめ付表-7に示します。付表-7に示すように、どの側圧に着目し設定するかにより、内部摩擦角 ϕ_0 は変化する結果となります。なお、これら側圧と ϕ_0 の関係を模式化し付図-9に示します。

設計で用いる内部摩擦角 ϕ_0 は、本来、発生する応力状態を考慮し設定すべきと考えられます。付表-7に示すように粘着力を無視した太平洋カルストンの ϕ_0 は、相対密度30%、拘束圧 150kN/m^2 以外については、どの側圧でも $\phi_0 > 40$ の値が得られています。

拘束圧 150kN/m^2 の大きな拘束圧でかつ、相対密度30%の緩詰めの状態は、一般に現実的な状態ではないと考えられます。

付表-6 三軸圧縮試験測定結果

【試験機関:計量証明事業者:興亜開発(株)】

測定項目		相対密度 (%)	太平洋カルストンL	
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	※乾燥単位 体積重量 γ_d (kN/m ³)	30	0.659	6.465
		60	0.709	6.955
		90	0.767	7.524
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	※湿潤単位 体積重量 γ_t (kN/m ³)	30	0.852	8.358
		60	0.917	8.996
		90	0.992	9.732
飽和密度 $\rho_{t\text{ sat}}$ (g/cm ³)	※飽和単位 体積重量 $\gamma_{t\text{ sat}}$ (kN/m ³)	30	1.336	13.106
		60	1.361	13.351
		90	1.391	13.646
実積率 (%)		30	51.5	
		60	55.4	
		90	59.9	
せん断強度	せん断抵抗角 ϕ_{cd} (度)	30	38.0	
		60	36.1	
		90	40.8	
	粘 着 力 C_{cd} (kN/m ²)	30	13	
		60	33	
		90	18	
せん断強度	せん断抵抗角 $\phi_{cd} (c=0)$ (度)	30	40.7	
		60	42.5	
		90	44.0	

付表-7 各供試体ごとの σ_3 と ϕ_0 の測定結果

試料	太平洋カルストンL		
相対密度 (%)	30	60	90
$\phi_0 \sigma_3 = 50\text{kN/m}^2$	42.9	46.9	47.1
$\phi_0 \sigma_3 = 100\text{kN/m}^2$	40.8	42.6	43.6
$\phi_0 \sigma_3 = 150\text{kN/m}^2$	39.8	40.5	43.2

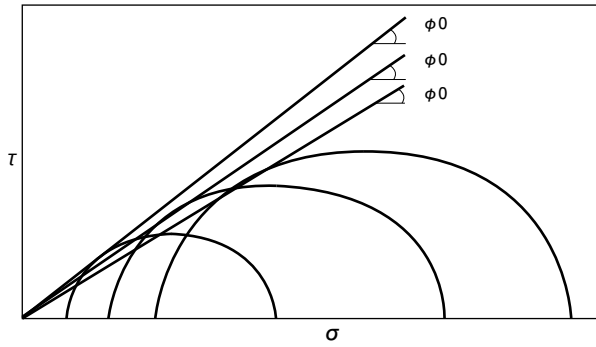
14.6 せん断強度

太平洋カルストンの三軸圧縮試験結果(CD試験)を付表-6に示します。

三軸圧縮試験は相対密度を変化させ実施しましたが、付表-6に示すようにせん断抵抗角 ϕ_{cd} のみならず見かけ上、粘着力 C_{cd} が得られる結果となります。

なお、付表-6には、 $C=0$ とし、最小2乗法でもとめた ϕ_{cd} も示します。

一般に、太平洋カルストンのような ϕ 材については、設計上



付図-9 ϕ_0 の考え方

以上のことから、試験結果にもとづく太平洋カルストーンLのせん断強度としては、以下の値を基本に考えるものとします。

太平洋カルストーンLのせん断強度
 $\phi_{cd} (c=0) = 42^\circ$

14.7 補強材(テンサー)との摩擦特性

1. 試験目的

盛土の補強材として使用される『テンサー(三井化学産資株式会社製)』に引張力が作用するためには、周辺土との間に十分な摩擦力が発揮されなければならない。

本試験は、土中引抜き試験機の人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』を充填した土槽内に『テンサー』を敷設し、引抜くことにより、人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』と『テンサー』との摩擦特性を把握するものである。

2. 試験条件

試験条件は、付表-8に示すと通りの条件で実施した。

付表-8 試験条件

項 目	内 容
試験機	土中引抜き試験機 土槽幅40cm 土槽長さ60cm 土槽高さ30cm(下層20cm、上層10cm)
試料土	人工軽量盛土材『太平洋カルストーンL』
補強材	テンサーSR55 設計引張り強さ $T_A=30.0\text{kN/m}$
試料の充填 方法と状態	層厚10cm毎(装置幅40cm×長さ60cm:24,000cm³) に所定の質量22.01kgを投入する。 湿潤密度 $\rho_t=0.917\text{g/cm}^3$ に調整・転圧試験(標準締固め) での湿潤密度 $\rho_t=1.019\text{g/cm}^3$ の約90%の緩詰め状態 (設計定数) 粘着力 $C_{cd}=0\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗角 $\phi_{cd}=40.0^\circ$
鉛直応力	$\sigma_v=10, 20, 30, 40\text{kN/m}^2$ (4水準)
引抜き速度	1.0 mm/min

3. 試験方法

- ① 土中引抜き試験機の下層土槽(20cm高)内に所定の密度($\rho_t=0.917\text{g/cm}^3$ 程度)になるように試料土である人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』を充填し、表面を平らに成形する。
- ② 試料土上に『テンサー』を敷設し、引抜き治具と連結する。
- ③ 上層土槽(10cm高)を固定し、土槽内に所定の密度($\rho_t=0.917\text{g/cm}^3$ 程度)になるように試料土(人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』)を充填する。
- ④ 空気圧を負荷するための圧力チャンバー部分を上層土槽に固定する。
- ⑤ 鉛直応力は、ラバーメンブレン(ゴム膜)を介して所定の空気圧で均等に载荷する。
- ⑥ 一定の引抜き速度(1mm/min)で『テンサー』を引抜き、引抜き変位(mm)と荷重(kN)を測定する。
- ⑦ ①～⑥の工程を鉛直応力($\sigma_v=10, 20, 30, 40\text{kN/m}^2$)毎に行う。



写真-2 土中引抜き試験機

4. 試験結果

土中引抜き試験によると、『テンサー』と人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』の摩擦特性は、盛土補強材として十分なものと判断される。

土中引抜き試験の結果を付表-9、付図-10及び付図-11に示す。

付表-9 土中引抜き試験結果

人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』と『テンサー』との摩擦特性

鉛直応力 σ_v (kN/m ²)	10.0	20.0	30.0	40.0	見かけの せん断抵抗角 ϕ^* (°)	見かけの 粘着力 c^* (kN/m ²)
引抜き抵抗力 T_P (kN/m)	12.3	23.3	33.2	37.4 ^{注)}		
引抜きせん断強さ τ^* (kN/m ²)	10.3	19.5	27.7	31.1 ^{注)}	41.0	1.72

※試験中に引抜き抵抗力が『テンサー』が設計引張強さを超えて破断

『テンサー』と人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』の引抜きせん断強さは、土中引抜き試験結果から次式で表すことができる。

$$\tau^* = c^* + \sigma_v \tan \phi^* \quad (1)$$

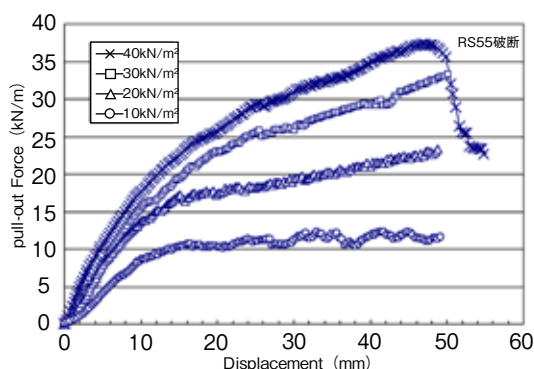
一方、設計では、人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』の土質定数 c 及び ϕ と補正係数 a_1 、 a_2 を用いた次式が用いられる。一般に、砂、砂質土、礫などの ϕ 材では、 $a_1=0$ 、 $a_2=1.0$ を用いる。

$$\tau^* = a_1 c + a_2 \sigma_v \tan \phi = 1.0 \cdot \sigma_v \tan \phi \quad (2)$$

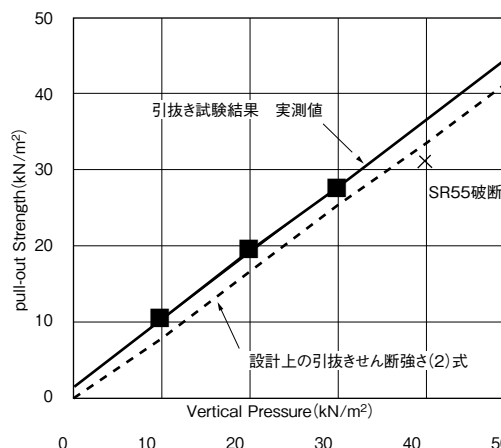
ここで、人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』の強度定数(設計定数)は、粘着力 $c_{cd}=0$ kN/m²、せん断抵抗角 $\phi_{cd}=40.0^\circ$ である。付図-9に式(2)で計算される設計上の引抜きせん断強さ τ^* のラインを付記した。

図に示すように実験結果より得られた引抜きせん断強さは、設計上の値より大きな値が得られており安全側と言え、摩擦特性は、盛土補強材として十分なものと判断される。

ただし、鉛直応力 $\sigma_v=40$ kN/m²のケースは、引抜き抵抗力 T_P が設計引張強さ T_A を上回り、破断したため引抜きせん断強さは評価できない。



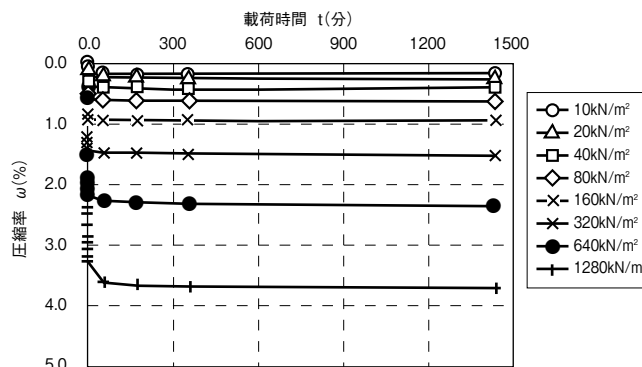
付図-10 引抜き変位と引抜き荷重の関係



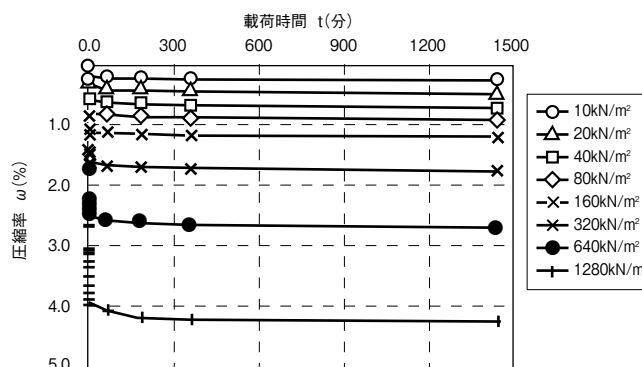
付図-11 人工軽量盛土材『太平洋カルストーン』と『テンサー』との引抜きせん断強さと鉛直応力との関係

14.8 定荷重載荷試験

下記の試験結果のように一定時間経過後の比重の変化は少ない。(引用:人工軽量盛土材料(太平洋カルストーン) 材料試験報告書 平成17年3月 計量証明事業者:興亜開発(株))

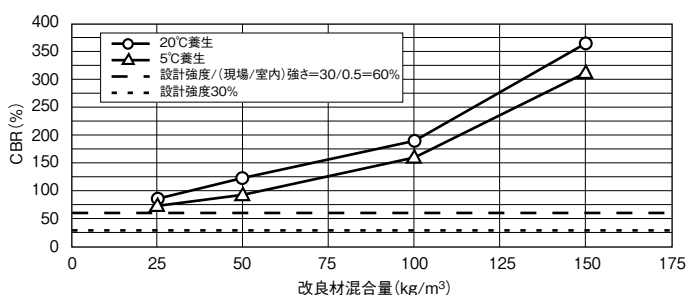


付図-12 圧縮率と載荷時間の関係(Dc=90% 非水浸)



付図-13 圧縮率と載荷時間の関係(Dc=90% 水浸)

14.9 セメント固化材を混練した強度特性



付図-14 改良材混合量とCBRの関係

(引用:太平洋カルストーン配合CBR試験報告書 平成18年1月 計量証明事業者:興亜開発(株))

14.10 地耐力

平板載荷試験結果のまとめを以下の付表-10に示す。

付表-10 載荷圧力と沈下量の関係

(引用:人工軽量盛土材(太平洋カルストーン) 地耐力把握試験報告書 平成18年12月
計量証明事業者:興亜開発(株))

載荷段階	1	2	3	4	5	6
載荷圧力 P(kN/m ²)	169.7	339.5	509.2	678.9	848.7	1,018.4
沈下量 S(mm)	1.88	5.43	9.96	15.15	21.46	28.74

最大載荷圧力:1,018.4(kN/m²)

最大載荷圧力時の沈下量:28.74(mm)

極限支持力の判定

logP~S曲線による極限值(Pu)の読み取り値:1,020(kN/m²)

⇒ 極限支持力=1,020(kN/m²)



写真-3 平板載荷試験状況
(反力として20tf級バックホウを使用)

15. 太平洋カルストーンを使用する際のメリット

【検討項目】

- 1) 土留式擁壁
- 2) 橋台形式による比較
- 3) ボックス形式による比較
- 4) 護岸構造物による比較
- 5) 護岸背面の道路拡幅

【設計定数】

- 1) 太平洋カルストーンL
 - ・ 内部摩擦角 $\phi=42^\circ$
 - ・ 単位体積重量 $\gamma=11\text{kN/m}^3$ (水中重量 $\gamma'=4\text{kN/m}^3$)
- 2) 一般土砂
 - ・ 内部摩擦角 $\phi=30^\circ$
 - ・ 単位体積重量 $\gamma=19\text{kN/m}^3$ (水中重量 $\gamma'=10\text{kN/m}^3$)

擁壁形式による比較結果

擁壁の裏込め材に太平洋カルストーン及び一般土砂を使用した場合について、条件別(許容支持力、擁壁構造高、盛土形状等)に比較した結果を下記及び次ページに示します。

比較結果

太平洋カルストーンを使用することによるメリット

- ① 底版幅が小さくなり部材厚を薄くすることができる。
(構造物全体の大きさを小さくできるので、用地等の制約がある場合に適する。)
- ② 底版幅が小さくなることにより土工量(掘削、埋戻し等)が少なくなる。
- ③ 地盤条件による適用範囲が広い。
(一例を下記に示す。その他については次ページ比較結果を参照とする。)

裏込め材:太平洋カルストーンL

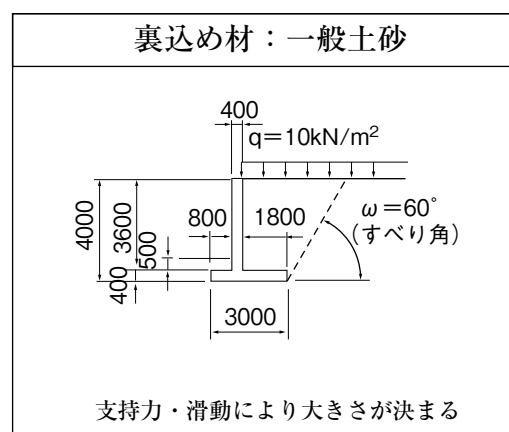
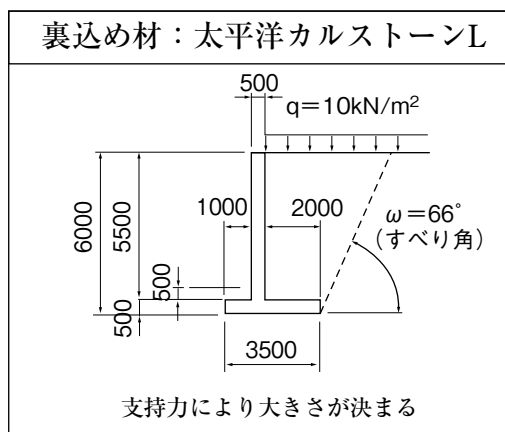
地盤の許容支持力 $q=100\text{kN/m}^2$ の場合、擁壁の構造高にして $H=6.0\text{m}$ まで適用可能。

裏込め材:一般土砂

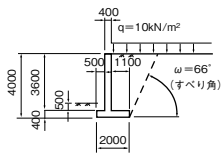
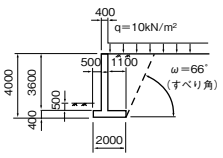
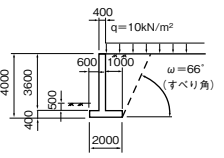
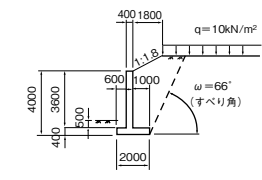
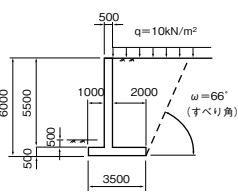
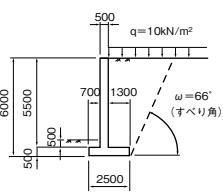
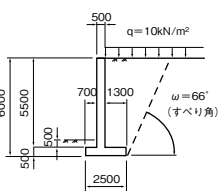
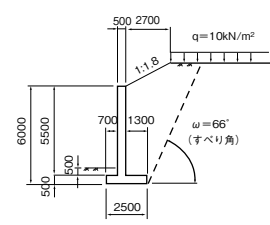
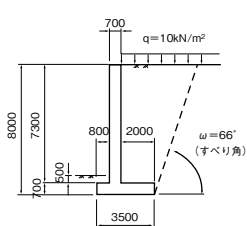
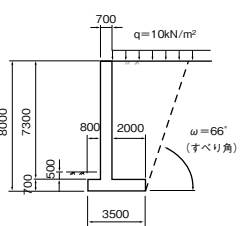
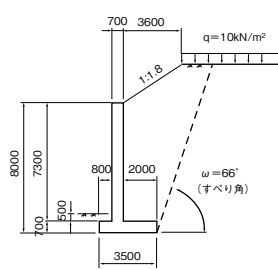
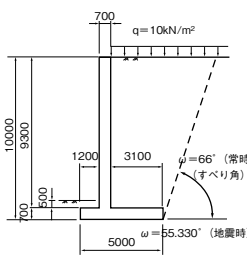
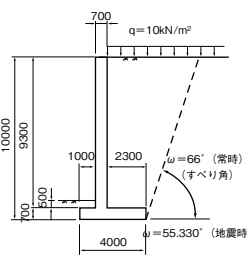
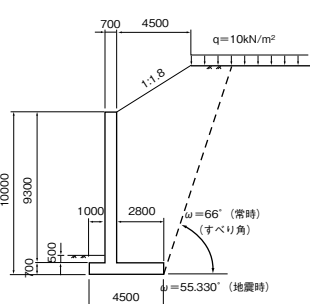
地盤の許容支持力 $q=100\text{kN/m}^2$ の場合、擁壁の構造高にして $H=4.0\text{m}$ まで適用可能。

($H=6.0\text{m}$ での適用不可。)

許容支持力 $q=100\text{kN/m}^2$ の場合



擁壁計算結果断面

裏込材料		太平洋カルストーン			
許容支持力及び背面形状		q=100kN/m ² (水平)	q=200kN/m ² (水平)	q=300kN/m ² (水平)	q=300kN/m ² (盛土)
擁 壁 高	H=4.0m	 転倒により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる	
	H=6.0m	 支持力により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる	
	H=8.0m	安定しない	 転倒・支持力により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる	
	H=10.0m	安定しない	 支持力により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる	 転倒により大きさが決まる

擁壁計算結果断面

裏込材料		一般土砂			
許容支持力及び背面形状		q=100kN/m ² (水平)	q=200kN/m ² (水平)	q=300kN/m ² (水平)	q=300kN/m ² (盛土)
擁 壁 高	H=4.0m	転倒・滑動により大きさが決まる			
	H=6.0m	安定しない			
	H=8.0m	安定しない			
	H=10.0m	安定しない	安定しない		

2) 矢板護岸改修工事の比較検討例

水深-5m		矢板護岸改修工事の比較検討例	
裏込材料	太平洋カルストン置換案	軽量混合処理土（SGM）置換案	
標準断面図			
構造概要	背後地盤の軽量化を図るため、軽量骨材にて置換する。 〈軽量材の土質定数〉 $\gamma t = 11 \text{ kN/m}^3$, $\gamma' = 4 \text{ kN/m}^3$ (水中有効重量), 内部摩擦角 $\phi = 42^\circ$	- 背後地盤の軽量化を図るため、軽量混合処理土（SGM）にて置換する。 - 改良断面の規模は、左案とほぼ同規模となる。 〈軽量材の土質定数〉 $\gamma t = 11 \text{ kN/m}^3$, $\gamma' = 2 \text{ kN/m}^3$ (水中有効重量), 粘着力 $C = 100 \text{ kN/m}^2$	
施工性	- 軽量骨材の扱いは砕石と同等のため、軽量材投入、敷均し、転圧などの施工性は良好。 (重機は現場にあるものを流用できる。) - 施工中も施設の供用ができる。 - 掘削時にはタイロッドを傷つけないよう注意を要する。 - 軽量材は、変形追随が可能な礫材であるため、掘削面での局所的な変状にもなじんでいく。	- プラント設置が必要になる。 - 施工中は施設の供用ができない。 - 掘削時にはタイロッドを傷つけないよう注意を要する。 - 軽量混合処理土を投入するためのプラント設置などにより、施工規模が大きくなる。	
直接工事費 (護岸延長m当り)	- 舗装撤去 $2.3 \text{ m}^3 \times @9,820 = 22,586 \text{ 円}$ - 舗装復旧 $11.5 \text{ m}^2 \times @7,200 = 82,800 \text{ 円}$ - 掘削 $30.9 \text{ m}^3 \times @170 = 5,253 \text{ 円}$ - 軽量骨材 $28.0 \text{ m}^3 \times @14,000 = 392,000 \text{ 円}$ (2009年時点 東京23区内) - 残土処理 $28.0 \text{ m}^3 \times @1,060 = 29,680 \text{ 円}$ 計 532,319 円 (1.00)	- 舗装撤去 $2.3 \text{ m}^3 \times @9,820 = 22,586 \text{ 円}$ - 舗装復旧 $11.5 \text{ m}^2 \times @7,200 = 82,800 \text{ 円}$ - 掘削 $30.8 \text{ m}^3 \times @170 = 5,236 \text{ 円}$ - S G M $27.6 \text{ m}^3 \times @17,000 = 469,200 \text{ 円}$ - 残土処理 $27.6 \text{ m}^3 \times @1,060 = 29,256 \text{ 円}$ 計 609,078 円 (1.14)	
評価	〈護岸延長 L=100m当りの所要日数：60日〉	〈護岸延長 L=100m当りの所要日数：80日〉	

※太平洋カルストーンは、地域・数量により価格が変わります。

水深-7.5m

矢板護岸改修工事の比較検討例

裏込材料	太平洋カルストーン案	砂岩ズリ案																																																																				
標準断面図																																																																						
検討結果	<table><tr><th></th><th></th><th>常 時</th><th>地 震 時</th></tr><tr><td rowspan="3">前面矢板 SP-IVW (SY295)</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>168.3 ≤180.0 OK</td><td>245.8 ≤270.0 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-8.902</td><td>-8.843</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td>-16.000</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">タイロッド SS400 径 65mm</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>79.5 ≤86.0 OK</td><td>112.7 ≤129.0 OK</td></tr><tr><td>タイ材長さ(m)</td><td>17.352</td><td>21.828</td></tr><tr><td>施工タイ材長さ(m)</td><td>22.000</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">控え工 H-400×400×13×21 (SS400)</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>104.0 ≤140.0 OK</td><td>158.2 ≤210.0 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-11.532</td><td>-12.510</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td>-13.000</td><td></td></tr></table>			常 時	地 震 時	前面矢板 SP-IVW (SY295)	応力度(N/mm ²)	168.3 ≤180.0 OK	245.8 ≤270.0 OK	根入れ深度(m)	-8.902	-8.843	施工根入れ深度(m)	-16.000		タイロッド SS400 径 65mm	応力度(N/mm ²)	79.5 ≤86.0 OK	112.7 ≤129.0 OK	タイ材長さ(m)	17.352	21.828	施工タイ材長さ(m)	22.000		控え工 H-400×400×13×21 (SS400)	応力度(N/mm ²)	104.0 ≤140.0 OK	158.2 ≤210.0 OK	根入れ深度(m)	-11.532	-12.510	施工根入れ深度(m)	-13.000		<table><tr><th></th><th></th><th>常 時</th><th>地 震 時</th></tr><tr><td rowspan="3">前面矢板 φ900×t 10 (SKY490) (P-P)型φ165.2×t 11.0</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>180.1 ≤185.0 OK</td><td>263.8 ≤277.5 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-9.541</td><td>-9.370</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td>-19.500</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">タイロッド 高張力鋼690 径 70mm</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>171.8 ≤176.0 OK</td><td>245.7 ≤264.0 OK</td></tr><tr><td>タイ材長さ(m)</td><td>16.809</td><td>22.929</td></tr><tr><td>施工タイ材長さ(m)</td><td>23.000</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">控え工 φ900×t 9 (SKK490)</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>177.8 ≤185.0 OK</td><td>273.1 ≤277.5 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-13.396</td><td>-14.538</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td>-15.000</td><td></td></tr></table>			常 時	地 震 時	前面矢板 φ900×t 10 (SKY490) (P-P)型φ165.2×t 11.0	応力度(N/mm ²)	180.1 ≤185.0 OK	263.8 ≤277.5 OK	根入れ深度(m)	-9.541	-9.370	施工根入れ深度(m)	-19.500		タイロッド 高張力鋼690 径 70mm	応力度(N/mm ²)	171.8 ≤176.0 OK	245.7 ≤264.0 OK	タイ材長さ(m)	16.809	22.929	施工タイ材長さ(m)	23.000		控え工 φ900×t 9 (SKK490)	応力度(N/mm ²)	177.8 ≤185.0 OK	273.1 ≤277.5 OK	根入れ深度(m)	-13.396	-14.538	施工根入れ深度(m)	-15.000	
		常 時	地 震 時																																																																			
前面矢板 SP-IVW (SY295)	応力度(N/mm ²)	168.3 ≤180.0 OK	245.8 ≤270.0 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-8.902	-8.843																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-16.000																																																																				
タイロッド SS400 径 65mm	応力度(N/mm ²)	79.5 ≤86.0 OK	112.7 ≤129.0 OK																																																																			
	タイ材長さ(m)	17.352	21.828																																																																			
	施工タイ材長さ(m)	22.000																																																																				
控え工 H-400×400×13×21 (SS400)	応力度(N/mm ²)	104.0 ≤140.0 OK	158.2 ≤210.0 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-11.532	-12.510																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-13.000																																																																				
		常 時	地 震 時																																																																			
前面矢板 φ900×t 10 (SKY490) (P-P)型φ165.2×t 11.0	応力度(N/mm ²)	180.1 ≤185.0 OK	263.8 ≤277.5 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-9.541	-9.370																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-19.500																																																																				
タイロッド 高張力鋼690 径 70mm	応力度(N/mm ²)	171.8 ≤176.0 OK	245.7 ≤264.0 OK																																																																			
	タイ材長さ(m)	16.809	22.929																																																																			
	施工タイ材長さ(m)	23.000																																																																				
控え工 φ900×t 9 (SKK490)	応力度(N/mm ²)	177.8 ≤185.0 OK	273.1 ≤277.5 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-13.396	-14.538																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-15.000																																																																				
概略施工日数 (100m当たり)	9.4ヶ月	10.8ヶ月																																																																				
概算工事費 (直接工事費)	2,700千円/m	3,350千円/m																																																																				

水深-10m

矢板護岸改修工事の比較検討例

裏込材料	太平洋カルストン案	砂岩ズリ案																																																																				
標準断面図																																																																						
検討結果	<table><tr><th></th><th></th><th>常 時</th><th>地 震 時</th></tr><tr><td rowspan="3">前面矢板 φ900×t 13(SKY400) (P-P)型[φ165.2×t 11.0]</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>131.6 ≤140.0 OK</td><td>180.3 ≤210.0 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-12.887</td><td>-13.642</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td colspan="2">-21.000</td></tr><tr><td rowspan="3">タイロッド SS400 径 85mm</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>85.0 ≤86.0 OK</td><td>118.9 ≤129.0 OK</td></tr><tr><td>タイ材長さ(m)</td><td>20.361</td><td>25.018</td></tr><tr><td>施工タイ材長さ(m)</td><td colspan="2">26.000</td></tr><tr><td rowspan="3">控え工 φ700×t10 (SKK490)</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>179.5 ≤185.0 OK</td><td>268.3 ≤277.5 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-12.048</td><td>-13.021</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td colspan="2">-13.500</td></tr></table>			常 時	地 震 時	前面矢板 φ900×t 13(SKY400) (P-P)型[φ165.2×t 11.0]	応力度(N/mm ²)	131.6 ≤140.0 OK	180.3 ≤210.0 OK	根入れ深度(m)	-12.887	-13.642	施工根入れ深度(m)	-21.000		タイロッド SS400 径 85mm	応力度(N/mm ²)	85.0 ≤86.0 OK	118.9 ≤129.0 OK	タイ材長さ(m)	20.361	25.018	施工タイ材長さ(m)	26.000		控え工 φ700×t10 (SKK490)	応力度(N/mm ²)	179.5 ≤185.0 OK	268.3 ≤277.5 OK	根入れ深度(m)	-12.048	-13.021	施工根入れ深度(m)	-13.500		<table><tr><th></th><th></th><th>常 時</th><th>地 震 時</th></tr><tr><td rowspan="3">前面矢板 φ1100×t 13(SKY490) (P-P)型[φ165.2×t 11.0]</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>176.6 ≤185.0 OK</td><td>235.4 ≤277.5 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-14.355</td><td>-15.471</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td colspan="2">-22.500</td></tr><tr><td rowspan="3">タイロッド 高張力鋼690 径 65mm</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>152.9 ≤176.0 OK</td><td>209.8 ≤264.0 OK</td></tr><tr><td>タイ材長さ(m)</td><td>18.723</td><td>24.741</td></tr><tr><td>施工タイ材長さ(m)</td><td colspan="2">25.000</td></tr><tr><td rowspan="3">控え工 φ800×t 9 (SKK490)</td><td>応力度(N/mm²)</td><td>159.1 ≤185.0 OK</td><td>232.6 ≤277.5 OK</td></tr><tr><td>根入れ深度(m)</td><td>-12.230</td><td>-13.160</td></tr><tr><td>施工根入れ深度(m)</td><td colspan="2">-13.500</td></tr></table>			常 時	地 震 時	前面矢板 φ1100×t 13(SKY490) (P-P)型[φ165.2×t 11.0]	応力度(N/mm ²)	176.6 ≤185.0 OK	235.4 ≤277.5 OK	根入れ深度(m)	-14.355	-15.471	施工根入れ深度(m)	-22.500		タイロッド 高張力鋼690 径 65mm	応力度(N/mm ²)	152.9 ≤176.0 OK	209.8 ≤264.0 OK	タイ材長さ(m)	18.723	24.741	施工タイ材長さ(m)	25.000		控え工 φ800×t 9 (SKK490)	応力度(N/mm ²)	159.1 ≤185.0 OK	232.6 ≤277.5 OK	根入れ深度(m)	-12.230	-13.160	施工根入れ深度(m)	-13.500	
			常 時	地 震 時																																																																		
前面矢板 φ900×t 13(SKY400) (P-P)型[φ165.2×t 11.0]	応力度(N/mm ²)	131.6 ≤140.0 OK	180.3 ≤210.0 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-12.887	-13.642																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-21.000																																																																				
タイロッド SS400 径 85mm	応力度(N/mm ²)	85.0 ≤86.0 OK	118.9 ≤129.0 OK																																																																			
	タイ材長さ(m)	20.361	25.018																																																																			
	施工タイ材長さ(m)	26.000																																																																				
控え工 φ700×t10 (SKK490)	応力度(N/mm ²)	179.5 ≤185.0 OK	268.3 ≤277.5 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-12.048	-13.021																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-13.500																																																																				
		常 時	地 震 時																																																																			
前面矢板 φ1100×t 13(SKY490) (P-P)型[φ165.2×t 11.0]	応力度(N/mm ²)	176.6 ≤185.0 OK	235.4 ≤277.5 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-14.355	-15.471																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-22.500																																																																				
タイロッド 高張力鋼690 径 65mm	応力度(N/mm ²)	152.9 ≤176.0 OK	209.8 ≤264.0 OK																																																																			
	タイ材長さ(m)	18.723	24.741																																																																			
	施工タイ材長さ(m)	25.000																																																																				
控え工 φ800×t 9 (SKK490)	応力度(N/mm ²)	159.1 ≤185.0 OK	232.6 ≤277.5 OK																																																																			
	根入れ深度(m)	-12.230	-13.160																																																																			
	施工根入れ深度(m)	-13.500																																																																				
概略施工日数 (100m当たり)	10.4ヶ月	10.8ヶ月																																																																				
概算工事費 (直接工事費)	3,950千円/m	4,050千円/m																																																																				

※太平洋カルストンは、地域・数量により価格が変わります。

3) 橋台形式による比較例

橋台形式(杭基礎)による比較例				
	太平洋カルストーン案		一般土砂案	
標準断面				
構造概要	・地盤が非常に軟弱であることから裏込め材に重量の軽い太平洋カルストーンを使用し基礎への負担を少なくする。		・地盤が非常に軟弱であるが、裏込め材に一般的な土砂を使用する。	
経済性 (直接工事費) (上部工費は含まず)	コンクリート	1,530,000円	コンクリート	2,280,000円
	型枠	900,000円	型枠	1,180,000円
	均しコン	104,000円	均しコン	139,000円
	基礎材	80,000円	基礎材	110,000円
	鉄筋	730,000円	鉄筋	1,090,000円
	足場工	330,000円	足場工	420,000円
	杭	8,860,000円	杭	11,620,000円
	裏込め材	3,320,000円	裏込め材	1,090,000円
	合計	15,900,000円	合計	17,900,000円
考察	・裏込め材に太平洋カルストーンを使用することにより基礎への負担が軽減し、躯体形状が小さくなり杭本数も減らすことが出来る。		・裏込め材の重量が重く基礎への負担が大きいため、躯体形状が大きく杭本数も多く必要となる。	
評価	○		△	

4) ボックス形式による比較例

ボックスカルバートによる比較例		
	太平洋カルストーン案	一般土砂案
標準断面		
構造概要	ボックス本体（頂版部）に作用する荷重を軽減するために重量の軽い太平洋カルストーンを使用し部材への負担を少なくする。	一般的な土砂を埋戻し材として使用する
考 察	盛土材に太平洋カルストーンを使用することにより部材への負担を軽減することができるので、部材厚を薄くすることができる。また、底版下面の地盤反力が小さいので支持地盤の制約が少ない。	盛土材の重量が重く、部材への負担が大きいため、部材厚が厚くなる。また、底版下面の地盤反力が大きくなるので比較的良好な支持地盤を必要とする。

※太平洋カルストーンは、地域・数量により価格が変わります。

16. 各種軽量土の比較例

		太平洋カルストーン 盛土工法	発泡スチロール 土木工法（EPS）	発泡ビーズ混合 軽量土工法	気泡混合 軽量土工法	
品質 特 性	概要図	 太平洋カルストーン  太平洋カルストーン施工状況	 EPS大型ブロック据付状況  EPS大型ブロック浮力低減方法	 ハイグレードソイル  ハイグレードソイル施工状況	 エアミル施工状況  FCB(エアモルタル)	
	工法概要	天然の岩石である膨張性頁岩を 破砕・焼成させて製造した無機 系の人工軽量盛土材である。耐 久性が高く特殊な施工機械を要 さない。	発泡ポリエチレンに難燃材を混 入し軽量化に仕上げた盛土工法。 200N/m ² 以下の上載荷重以下と なる部位で使用するようマニユ アルに定められている。水位より 下部で使用する場合は浮力防 止の対策を行う必要がある。	土砂に超軽量の発泡ビーズ(EPS) を混合して軽量化を図った土で ある。土質に左右されるがセメン ト量が少ない場合に、通常の土 に近い変形追随性がある場合 もある。	発生土に水と固化材を混合して 流動化させたものに、気泡を混 合して軽量化を図った土である。 流動性があるのでポンプ圧 送による施工を行うことができ、 転圧が不要なため施工が容易 である。	
	軽量性(密度) ρ_t (kN/m ³)	11	0.12～0.30	7～14	7～14	
	強 度	一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	—	100～200（C材）	50～200（C材）	300～1000（C材）
		内部摩擦角 ϕ （度）	42	—	0～30（又は ϕ 材）	—
	透水性	大きい(41cm/sec)	な し	ややあり	小	
	吸水性	微 量	微 量	少しあり	あ り	
	形 状	粒状、砂状	固 形	土砂状	液体状	
	変形追随性	あ り	な し	あり～なし	な し	
	耐震性	良	良	一部良	良	
	耐薬品性	○	×	×	△	
材料	構成材料	太平洋カルストーン	発泡スチロール	発生土、発泡ビーズ セメント、水	発生土、起泡剤 セメント、水	
施工 性	現地施工方法	機械敷均し	人力積	プラントor現場混合	プラント混合	
	養 生	不 要	不 要	(場合により)要	要	
費 用	費用比率※ 対象:500m ³	1.00	1.57	1.41	1.33	
	費用比率※ 対象:1,500m ³	1.00	1.57	1.16	1.08	
適 用 条 件		① 自然条件 ・軟弱地盤 ・水廻り箇所、又は地下 水位の高い地区 〔○〕 ② 現場条件 ・変形に追随する。 〔○〕 ・設置直後の載荷が可能。 〔○〕 ③ 技術提供可能地域 ・制限無し	① 自然条件 ・軟弱地盤 ② 現場条件 ・現場搬入後も加工 スペースが必要。 〔△〕 ③ 技術提供可能地域 ・制限無し	① 自然条件 ・軟弱地盤 ② 現場条件 ・ミキサプラントを設置するスペースが有る こと。(10×30m程度) 〔△〕 ③ 技術提供可能地域 ・良質な砂質土が供給可能な地域。		
適 用 範 囲		① 適用可能範囲 ・水廻り箇所 〔○〕 ② 効果が高い範囲 ・適度な有効重量(軽さ) が活かせる。 〔○〕 ③ 適用できない範囲 ・表面成形に覆土が必要。 〔△〕	① 適用可能範囲 ・水廻りには押さえ (上載荷重)が必要。 〔△〕 ② 効果が高い範囲 ・絶対的な軽量性 〔○〕 ③ 適用できない範囲 ・施工中に水廻りが 有る場合。 〔△〕	① 適用可能範囲 ・施工中、水廻り(水の浸入)は厳禁。 〔△〕 ② 効果が高い範囲 ・現地発生土を盛土材料に利用。 ③ 適用できない範囲 ・良質な砂質土が入手できない。 〔△〕		
日当たり施工可能量（m ³ /日）		150～250	50～100	40～90		
総合評価		○	△	△	△	
関連組織		人工軽量骨材協会	発泡スチロール 土木工法開発機構	ハイグ レード研究 コンソーシアム	SGM工法研究会 FCB研究会	

※太平洋カルストーンを1.0とし、比率で表記。

※太平洋カルストーンは、地域・数量により価格が変わります。

[○] : 優位 / [△] : 難点

販売元 **太平洋セメント株式会社**

本社：資源事業部 骨材営業グループ

〒135-8578 東京都港区台場2-3-5 台場ガーデンシティビル3F ☎03-5531-7396 FAX.03-5531-7594

北海道支店：資源営業部

〒060-0004 北海道札幌市中央区北4条西5-1-3 日本生命北門館ビル7F ☎011-242-7181 FAX.011-242-7182

東北支店：資源営業部

〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町1-23 アーバンネット勾当台ビル8F ☎022-221-3251 FAX.022-225-7006

中部北陸支店：資源営業部

〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄2-8-12 伏見KSビル7F ☎052-218-3323 FAX.052-218-3326

関西四国支店：資源営業部

〒541-0051 大阪府大阪市中央区備後町4-1-3 御堂筋三井ビル11F ☎06-6205-8615 FAX.06-6205-8618

〒760-0050 香川県高松市亀井町7-15 セントラルビル8F

☎087-863-6663 FAX.087-863-6664

中国支店：資源営業部

〒730-0811 広島県広島市中区中島町3-25 ニッセイ平和公園ビル10F ☎082-504-8616 FAX.082-504-8624

九州支店：資源営業部

〒812-0018 福岡県福岡市博多区住吉1-2-25 キャナルシティビジネスセンタービル6F ☎092-263-8463 FAX.092-263-8461

製造元

関西太平洋鉱産株式会社

〒557-0063 大阪府大阪市西成区南津守2-3-18 ☎06-6659-4141 FAX.06-6657-2126