

ハードキープ[®]

技術資料

使用解説書

目次

技術資料 使用解説書

1. はじめに	1
2. ハードキープとは	2
3. ハードキープの種類	3
4. 固化の仕組み	4
5. ハードキープの使用用途と適用例	7
6. 試験について	9
6-1 試験の位置付け	9
6-2 室内配合試験	10
6-3 室内配合試験の方法	11
6-4 室内配合試験における現場添加量の決定方法	12
6-5 品質管理試験について	14
6-6 六価クロム溶出試験	15
7. 施工について	17
7-1 浅層改良	17
7-2 深層改良	17

1. はじめに

ハードキープご使用にあたっては、安全データシート（SDS）を必ずお読みください。

■ ハードキープご使用にあたっての注意事項

- ①ハードキープは、地盤改良を目的としたセメント系固化材です。モルタルやコンクリートなどに用いないでください。
- ②ハードキープは、事前に試験を行い適正な添加量でご使用ください。
- ③ハードキープを過剰添加した場合、結合水の不足による固化不良を起こす可能性があります。また、過剰添加による未水和のハードキープが残存した場合、施工後の降雨などによる水の供給により膨張を起こす可能性があります。
- ④ハードキープと土の混合が不十分な場合、固化不良や膨張を起こす可能性があります。
- ⑤ハードキープをご使用される前には、改良土からの六価クロム溶出量が土壤環境基準値以下であることを必ずご確認ください。
- ⑥ハードキープは、水と接触すると水酸化カルシウムを生じ、アルカリ性（pH12～13）を示します。人体への影響としては、目、鼻、皮膚に炎症を引き起こす可能性があります。また、飲み込むと喉を刺激します。
- ⑦ハードキープを多量に長時間吸入すると人体に害を及ぼすおそれがあります。
- ⑧ハードキープが目に入ったり皮膚に付着した場合、速やかにきれいな水で洗浄し、専門医の処置をお受けください。また、吸入した場合、速やかに新鮮な空気のある場所へ移動し、専門医の処置をお受けください。
- ⑨ハードキープを飲み込んだ場合は、水でよく口の中を洗浄してください。被災者の意識がもうろうとしている場合や意識がない場合は、無理に吐かせないで速やかに専門医の処置をお受けください。
- ⑩ハードキープには、極微量のクロム化合物が含まれているため、六価クロムに対して過敏な体質の場合、アレルギーが起こる可能性があります。
- ⑪ハードキープを使用する場合、井戸などの水源近くでの過剰使用は避けてください。
- ⑫ハードキープを取扱う際には、保護手袋、保護長靴、保護メガネ、防塵マスク等の適切な保護具を着用してください。
- ⑬子供に触れさせないようにご注意ください。
- ⑭フレキシブルコンテナの取扱いは、フレキシブルコンテナに取付けてある取扱い方法にしたがってください。
- ⑮ハードキープを施工現場に貯蔵する場合、接地面からの水濡れや降雨による水濡れがないようにパレット敷きや防水シートの覆いなどを十分行ってください。水分や湿気との接触は品質への影響がありますので、貯蔵はできるだけ行わず速やかにご使用ください。
- ⑯ご使用後のフレキシブルコンテナや紙袋およびハードキープの残材は、法律に基づき適切に処理してください。

2. ハードキープとは

ハードキープは、JIS適合品であるセメント(以下セメント)では固化しにくい含水比の高い土や有機物を多く含む土およびヘドロや火山灰質粘性土などを効果的に固化するために、セメントを母材に種々の有効成分を改良対象物や改良目的に応じて添加したものです。

ハードキープを対象土に適量添加し、混合および攪拌することで(粉体使用の場合は締固めも含む)、土の含水比低下、イオン交換、団粒化、水和反応などにより強さが増して改良効果が現れます。

■ 特長

- ①ハードキープは、施工方法や対象土の土質性状に応じて粉体またはスラリーで添加することができます。したがって、均質な混合が容易で作業効率が上がります。
- ②高含水比土や高有機質土などのような悪条件の土質においても、ハードキープの品種や添加量により短期間に所定の改良強さが得られ工期を短縮することが可能です。
- ③改良目的や対象土に応じてハードキープの品種や添加量を選択することでコストを抑えることができます。
- ④ハードキープによる改良土の強さは、セメントの水和生成物とポゾラン反応により得られるものであるため、長期材齢においても安定した強さが保たれます。

3. ハードキープの種類

ハードキープには、次の品種があります。ご使用に際しましては、対象土に適したハードキープを選択してください。

また、ご使用前には安全データシート（SDS）を必ずお読み下さい。

分類	品 種	特 長
一 般 軟 弱 土 用	ハードキープ P-430	砂質土、粘性土、ヘドロなどの固化に適しています。
特 殊 土 用	ハードキープ P-530, 540	砂質土、粘性土、ヘドロなどの固化に適しています。 一般軟弱土用に比べ、六価クロムの溶出量を低減します。
高 有 機 質 土 ・ 火 山 灰 質 粘 性 土 用	ハードキープ P-730	高有機質土や火山灰質粘性土（関東ローム）の固化に適しています。 一般軟弱土用に比べ、六価クロムの溶出量を低減します。
高 有 機 質 土 用	ハードキープ P-310	有機物を多量に含む土の固化に適しています。 一般軟弱土用に比べ、六価クロムの溶出量を低減します。
発 塵 抑 制 型	ハードキープ LD	施工時の発塵を抑制し、作業環境を改善する固化材です。 一般軟弱土用に比べ、六価クロムの溶出量を低減します。

※地区によっては取り扱っていない品種があります。

また、荷姿は『フレコン』および『バラ』がありますが、地区によっては扱っていない荷姿があります。

詳しくは、弊社担当までお問い合わせください。

[お問合せ先]

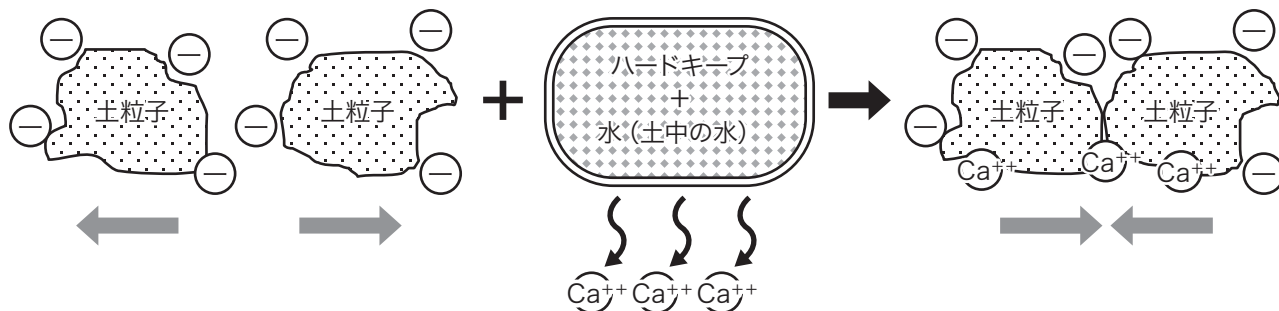
関東地区：セメント東京販売部 TEL 03-5207-2519
 関西地区：セメント大阪販売部 TEL 06-6201-7207
 中国地区：広島支店 TEL 082-223-7311
 九州地区：福岡支店 TEL 092-732-6677

4. 固化の仕組み

ハードキープによる地盤改良の主な固化原理

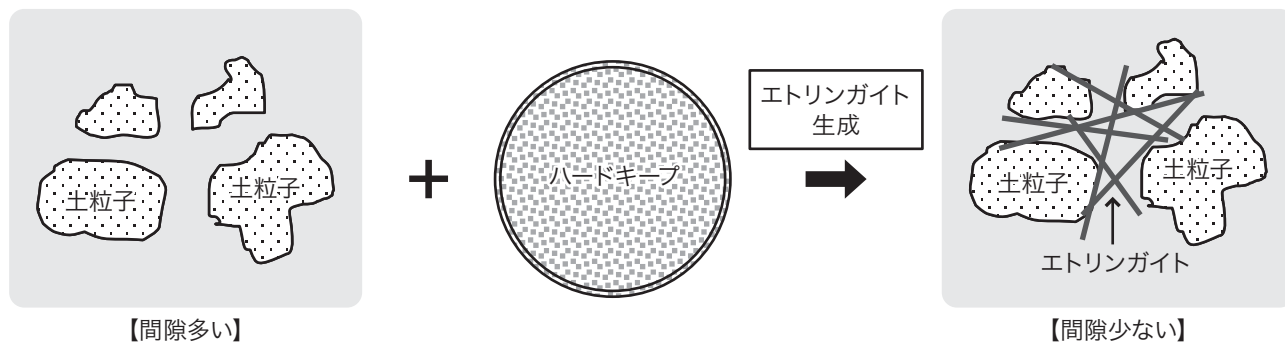
① セメント水和生成物である水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)から溶出するカルシウムイオン(Ca^{2+})による土粒子の凝集および団粒化

土粒子は概ねマイナスに帯電していて互いに反発しあう状態にありますが、カルシウムイオン(Ca^{2+})のプラス電荷によってこれが中和され、土粒子は凝集し団粒化します。



② 針状結晶水和物であるエトリンガイト($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$)の生成による土中ネット構造の生成

土中の水分などと反応し生成したエトリンガイト(針状水和物)が、水分のあった間隙をネット状に埋めて土を密実にします



③ 土粒子とのポゾラン反応

セメントの水和反応で生成する水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)が土粒子(特に粘土分)と水和反応を起こし(これをポゾラン反応という)セメント水和物と同様のカルシウムシリケート水和物やカルシウムアルミネート水和物が生成し土粒子同士の接着が起こります。

④ 水和反応による土の含水比低下に起因する土の密実化

4. 固化の仕組み

実際の地盤改良では前述の固化原理が単独ではなく複合して起こります。セメントは固化の過程において、積極的に水和反応を起こし、土中の水分を多量に水和物結晶水として取り込まなければなりません。しかしながら、実際の土はセメントの水和反応を阻害する有機物が含まれていたり、また、含水比の高い場合が多く見られます。

土に含まれる有機物としては、フミン酸やフルボ酸などがあり、これら有機物がセメント表面に吸着しセメントの水和反応を阻害します。

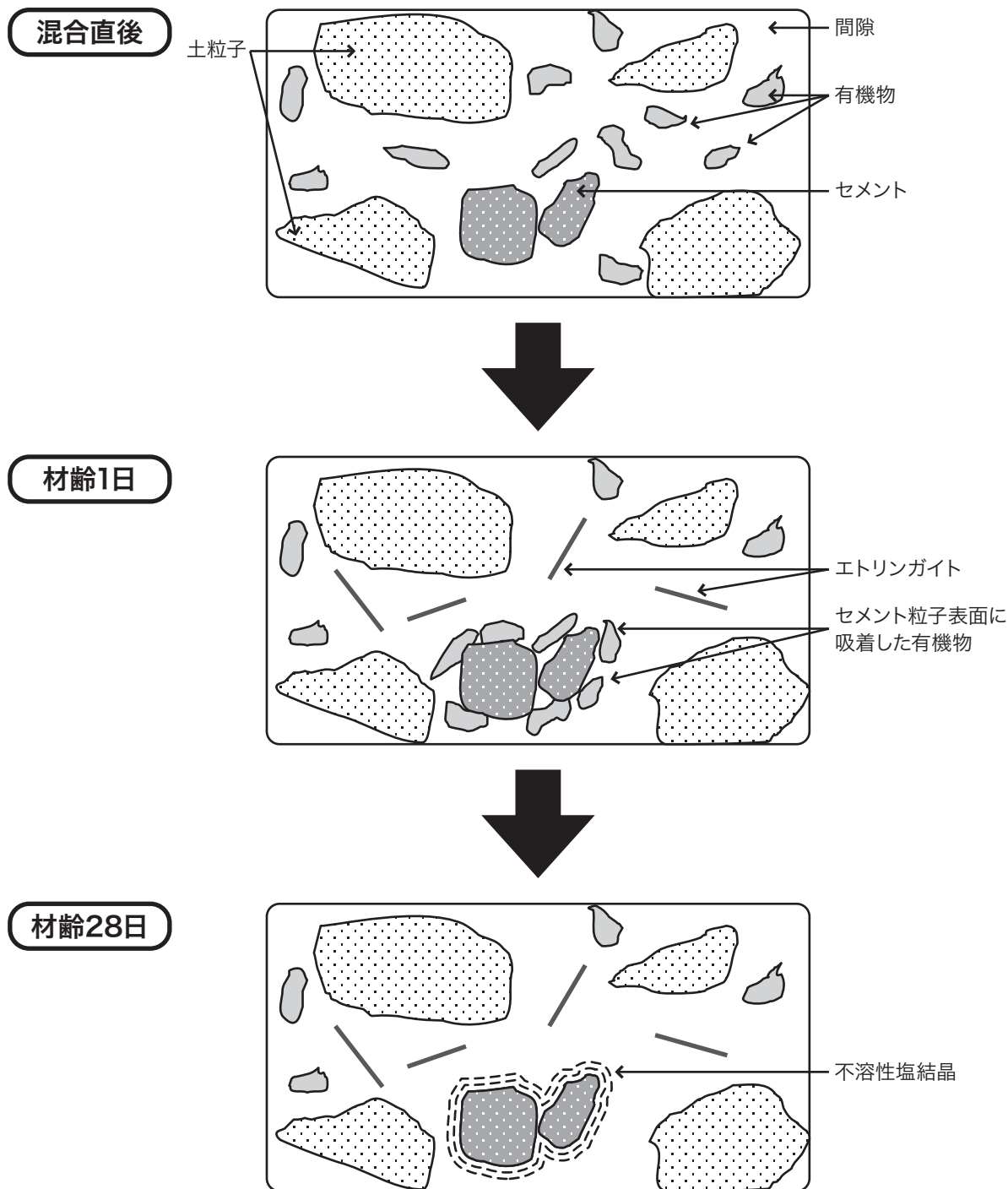


図4-1 有機物のセメント水和反応阻害の概念図

4. 固化の仕組み

ハードキープは、土中に有機物が含有していても水和反応が阻害されにくいように、また、土中の水分を水和物結晶水として多量に取り込むように石膏やスラグなどの無機化合物を配合しています。

完全に水和反応を起こした場合の結晶水として取り込む水量は、セメントの場合は25%程度であるのに対し、ハードキープの場合は35%程度と高くなるように設定しています。

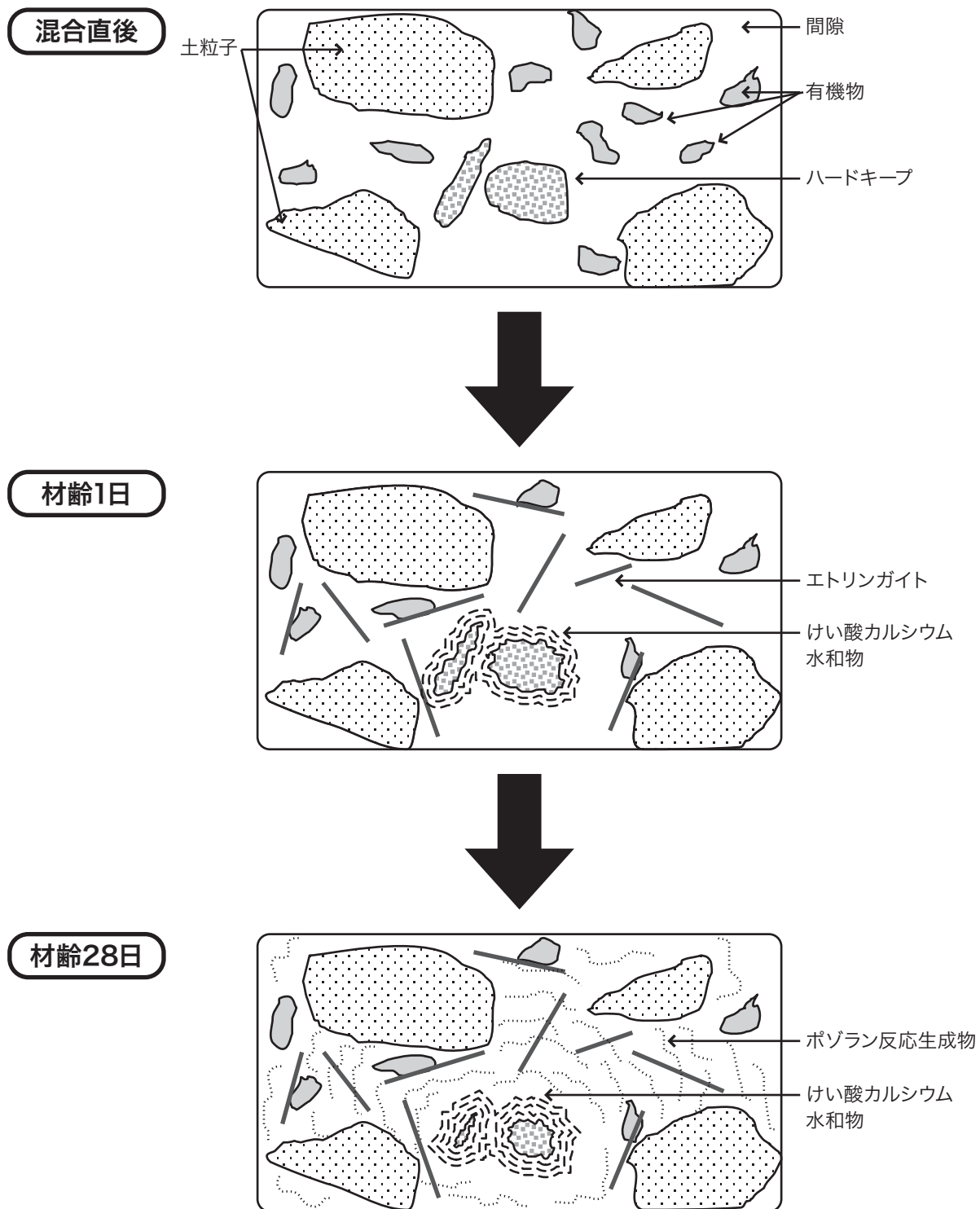


図4-2 ハードキープの水和反応の進行

5. ハードキープの使用用途と適用例

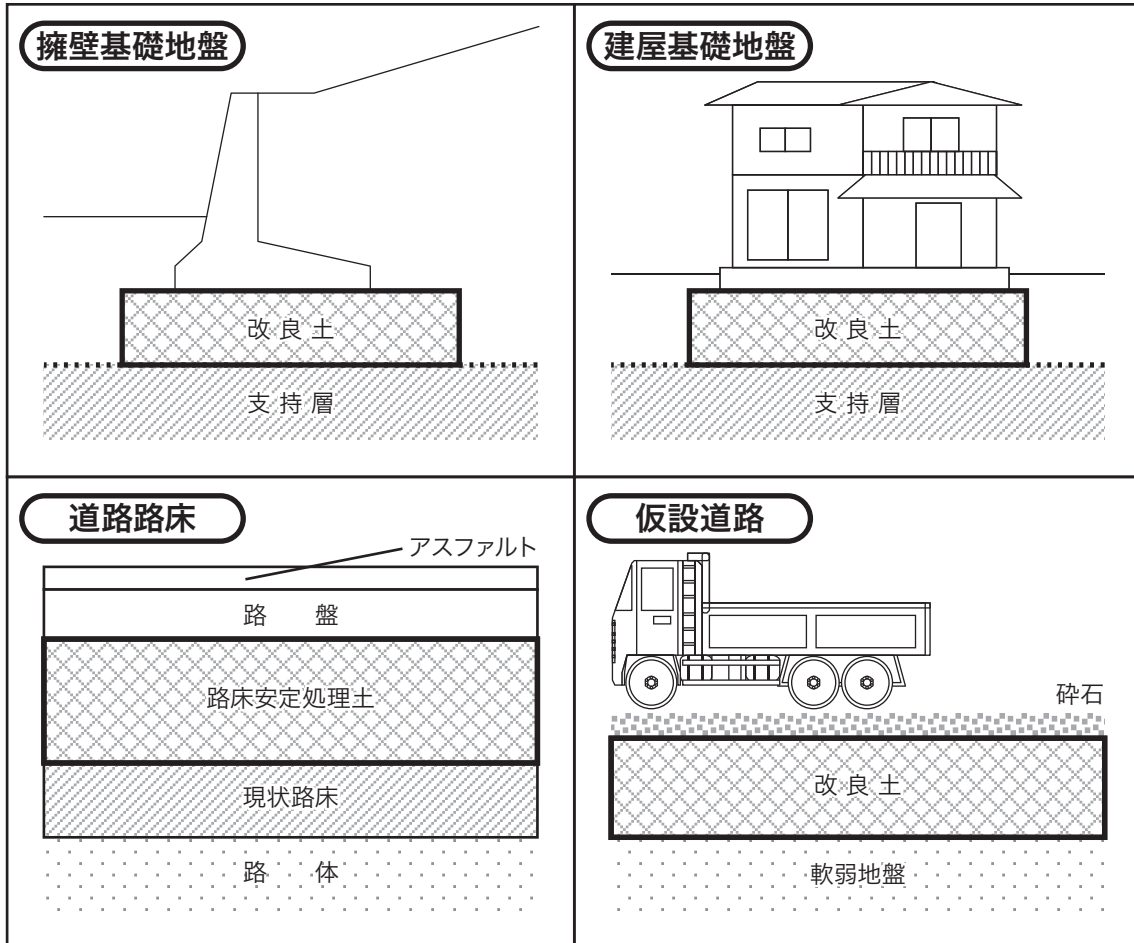
ハードキープの主な使用用途と適用例を表5-1および図5-1に示します。

表5-1 ハードキープの使用用途と適用例

使用用途	概 要	適 用 例
浅層改良	軟弱地盤の表層部にハードキープを添加・混合・転圧して改良層を造成します。 改良深さは2～3m程度までです。	仮設道路、重機作業地盤 構造物基礎、法面改良 盛土改良 など
深層改良	専用機械を用いて比較的深い深度まで削孔して土とハードキープを混合して改良体を造成します。 改良深さは2～3m程度以深です。	構造物基礎 盛土・切土すべり破壊防止 側方変位防止 液状化防止 など
建築基礎地盤改良	戸建住宅等小規模建築物の基礎地盤の改良・補強を目的に、ハードキープを用いて地盤改良を行います。 地盤の状況や建築物の種類等によって、浅層改良と深層改良のいずれかを選定します。	小規模建築物
路床・路盤安定処理	道路の基礎部分にあたる路床や路盤にハードキープを添加・混合・転圧して支持力を増強します。	道路路床・路盤 鉄道路床 など
ヘドロ・汚泥固化	水域に堆積するヘドロの流出防止や処分場所までの運搬時の散逸防止のために固化します。	港湾・河川・湖沼の堆積 ヘドロの固化 など
発生土の改良	建設現場で発生する土を建設資材として再利用するために、ハードキープを添加・混合し目的に応じた改良を行います。	盛土材、埋戻し材 裏込材 など
流動化処理	土に泥水(水)とハードキープを混合したもので、流動性に優れているため、打設時に締固めが不要です。	埋設管の埋戻し 空洞充填 など
事前混合処理	土に事前にハードキープを混合し改良土を製造した後、所定の場所に運搬・埋立てし地盤造成します。	地盤造成 液状化防止 など
軽量化処理	土にハードキープを添加し、気泡、発泡ビーズなどの軽量化材を混合した軽量化された改良土です。	空洞充填 軽量盛土 など

5. ハードキープの使用用途と適用例

■ 浅層改良の適用例



■ 深層改良の適用例

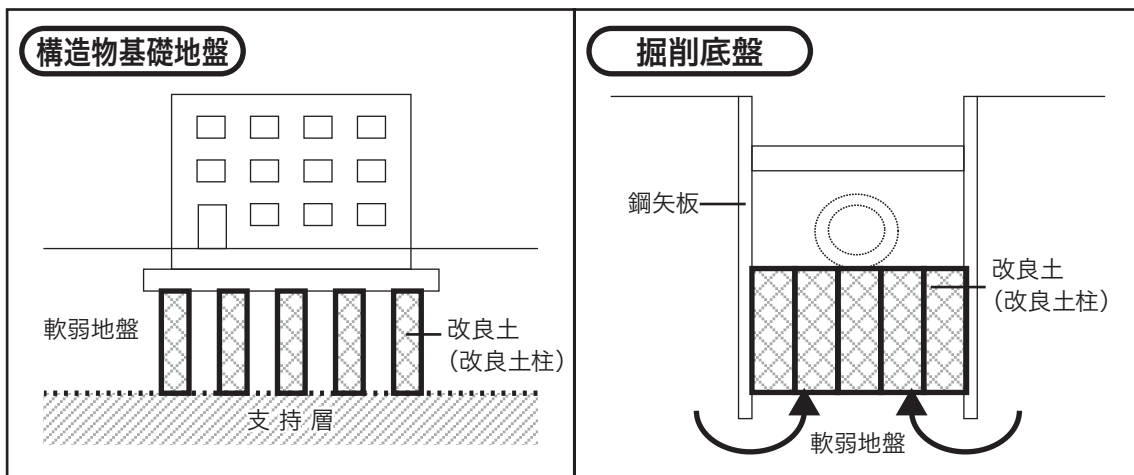


図5-1 地盤改良の適用例

6. 試験について

ハードキープによる改良土の特性は、土の物理的性質、ハードキープ添加量、施工条件などで変化します。このため、施工前に室内配合試験を実施して、適切なハードキープの種類および添加量を決定します。また、施工後には改良土の改良効果を判定するための品質管理試験を実施します。

6-1 試験の位置付け

地盤改良工事に伴う試験の位置付けを図6-1に示します。

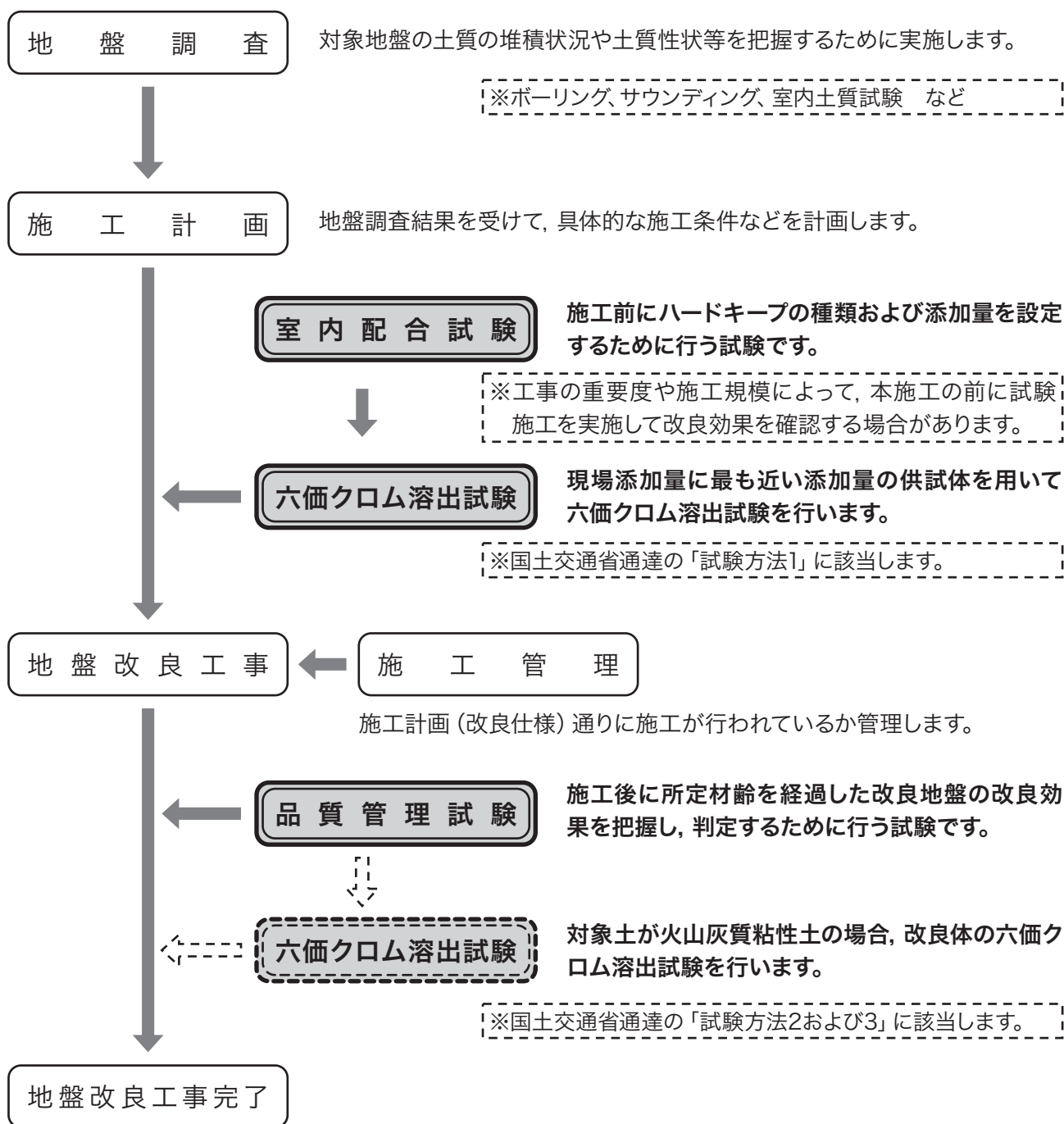


図6-1 試験の位置付け

6. 試験について

6-2 室内配合試験

試験用試料（施工対象土）を採取してから、試験結果が得られるまでの室内配合試験の流れを図6-2に示します。

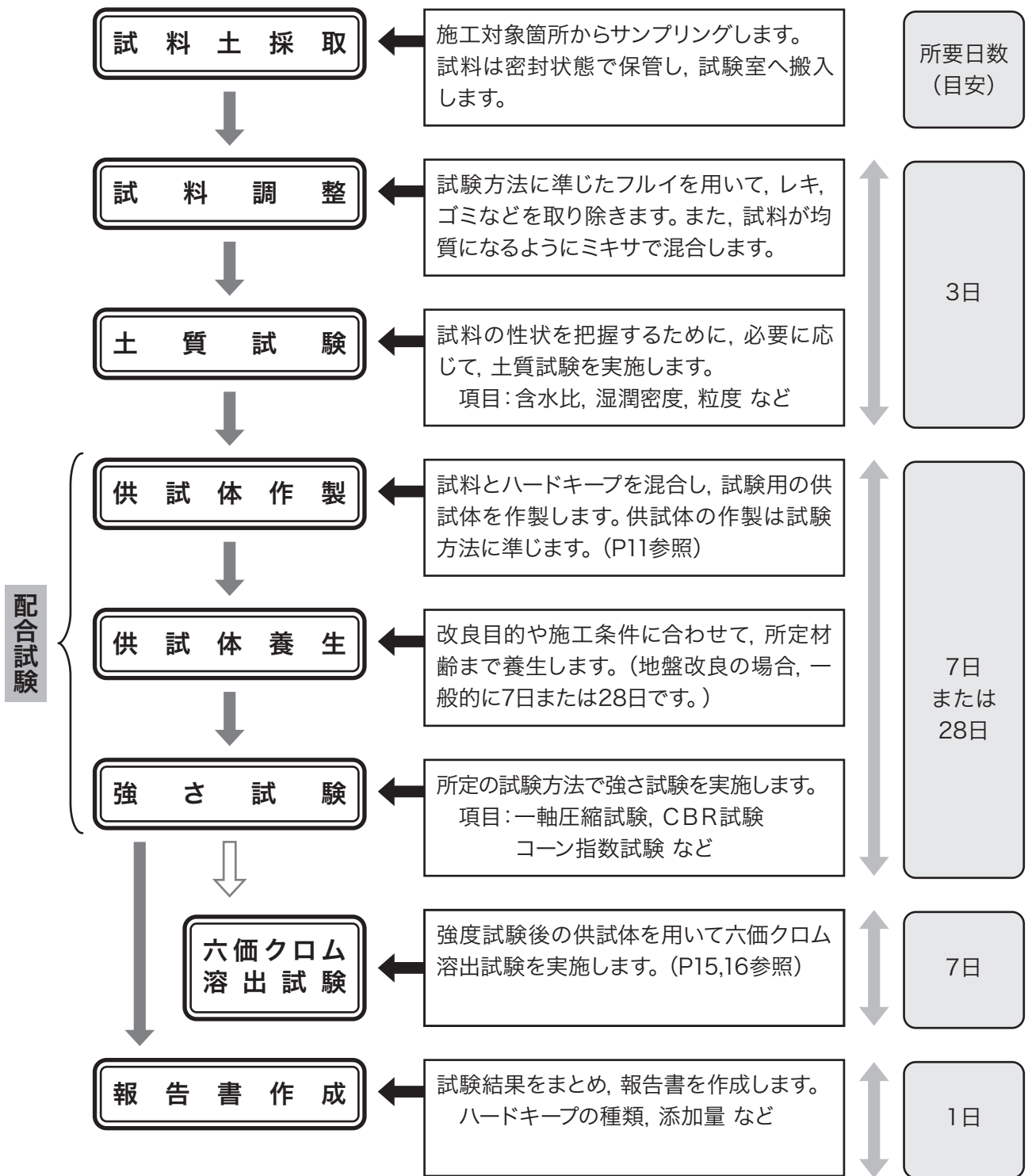


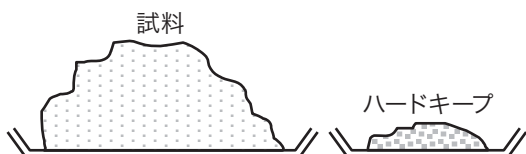
図6-2 室内配合試験の流れ

6. 試験について

6-3 室内配合試験の方法

所定の改良強さが得られる添加量を想定し、その前後の添加量（3～5水準程度）を設定して試験を実施します。

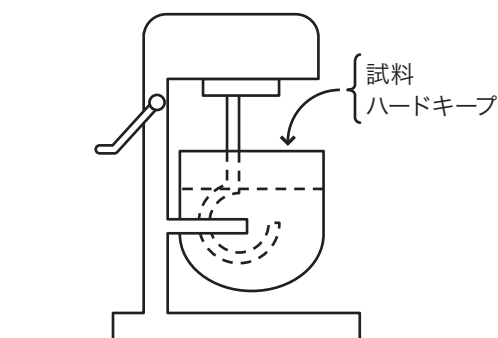
① 試料および固化材の計量



必要試料の目安

一軸圧縮試験：2～5kg/水準
 CBR試験：5～10kg/水準

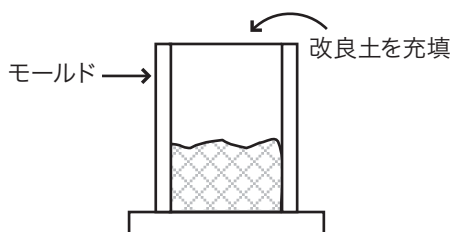
② 混合および供試体の作製



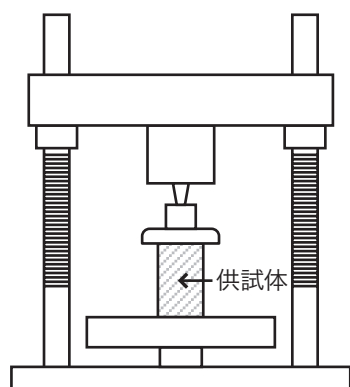
供試体作製方法の一例

[一軸]
 セメント系固化材による改良体の強さ試験方法 (JCAS-L-01)
 安定処理土の締固めをしない供試体作製方法 (JGS 0821)

[CBR]
 舗装試験法 (日本道路協会)



③ 強さ試験



所定材齢（通常は7日または28日）経過した後、強さ試験を実施します。

試験方法の一例

[一軸]
 土の一軸圧縮試験方法 (JIS A 1216)
 [CBR]
 舗装試験法 (日本道路協会)

図6-3 室内配合試験の方法

6. 試験について

6-4 室内配合試験における現場添加量の決定方法

① 一軸圧縮試験で評価する場合

ハードキープ添加量と一軸圧縮強さの関係をグラフ化し、室内配合試験における目標改良強さ (qu1) を満足する点が現場添加量となります。

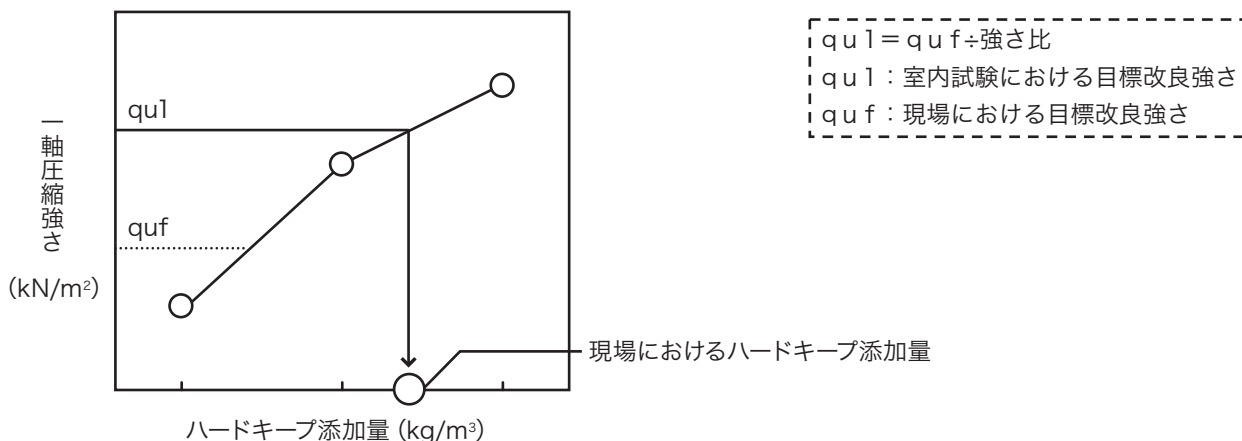


図6-4 現場添加量の決定方法（一軸圧縮試験の場合）

■ 強さ比（現場／室内）の設定について

強さ比（現場／室内）は、施工機械と室内試験用混合機の攪拌性能の相違、養生条件の相違、改良区域での土質の変動等を含めて経験的にカバーするものです。

強さ比（現場／室内）の設定は、浅層改良と深層改良によって異なります。浅層改良の場合の施工形態別の強さ比（現場／室内）の目安を表6-1に示します。

なお、現場においては均一な混合が確保できるための最低添加量は、50kg/m³程度であるとされています。

表6-1 強さ比（現場／室内）の一例（浅層改良の場合）

固化材の添加方式	改良の対象	施工機械	強さ比（現場／室内）
粉 体	軟弱土※)	スタビライザ バックホウ	0.5 ~ 0.8 0.3 ~ 0.7
	ヘドロ 高含水有機質土	クラムシェル バックホウ	0.2 ~ 0.5
スラリー	軟弱土※)	スタビライザ バックホウ	0.5 ~ 0.8 0.4 ~ 0.7
	ヘドロ 高含水有機質土	処理船 泥上作業車 クラムシェル・バックホウ	0.5 ~ 0.8 0.3 ~ 0.7 0.3 ~ 0.6

注) ※) 締固めを行う場合も含む

参考文献：(一社)セメント協会「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」

6. 試験について

② CBR試験で評価する場合

ハードキープ添加量とCBRの関係をグラフ化して目標CBRを満足する室内試験添加量を決定し、割増しを考慮したものが現場添加量となります。

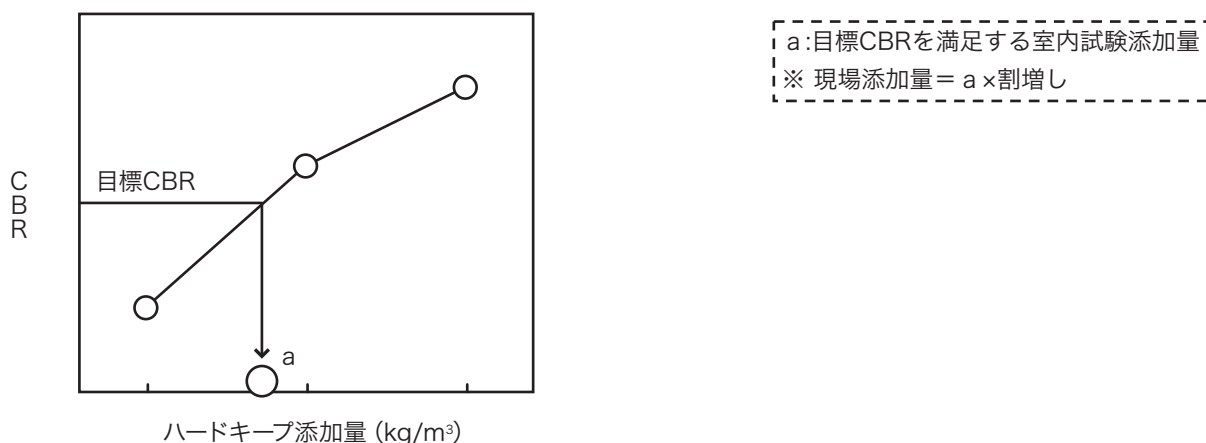


図6-5 現場添加量の決定方法 (CBR試験の場合)

■ 割増しについて

現場添加量は、施工機械と室内試験用混合機の攪拌性能の相違、養生条件の相違、改良区域での土質の変動などを考慮した割増しを行って決定します。

割増しの目安を表6-2に示します。

表6-2 割増しの目安

処理厚さ	50cm未満	50cm以上	
土の種類	全対象土	砂質土	粘性土
割増率	15 ~ 20 %	20 ~ 40 %	30 ~ 50 %

参考文献：(一社)セメント協会「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」

6. 試験について

6-5 品質管理試験について

品質管理試験は、施工後に所定材齢経過した改良地盤の改良効果を把握するために行う試験で、検査項目と試験方法の一例を表6-3に示します。

表6-3 検査項目と試験方法の一例

検査項目	試験方法
支持力	平板載荷試験
一軸圧縮強さ	コア供試体による一軸圧縮強さ ※コア採取方法：二重管式または三重管式サンプラー コアマシン など
貫入抵抗	スウェーデン式サウンディング試験 ポータブルコーン貫入試験 中型動的貫入試験 など

参考文献：(一社)セメント協会「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」

品質管理試験の試験頻度は特に規定はありませんが、施工条件、施工規模、試験方法などを考慮して適切に設定する必要があります。試験頻度の一例を表6-4に示します。

表6-4 試験頻度の一例

改良土量	試験頻度
5,000m ³ 以上	1,000m ³ に1回程度
1,000 m ³ 以上 5,000m ³ 未満	1工事当り3回程度
1,000m ³ 未満	1工事当り1回程度

参考文献：(一社)セメント協会「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」

■ 簡易モールドなどで供試体を作製する場合

現場の条件（工法、施工工程など）によっては、現位置の品質管理試験やコア採取が困難な場合があります。簡易モールドなどでの供試体作製を余儀なくされることがあります。

この場合、改良土の充填が不十分であると供試体に隙間ができ、改良効果を適切に評価できないことがありますので、十分留意する必要があります。

また、簡易モールドなどで作製した供試体の改良強さと実際に造成された改良地盤の改良強さが異なる場合があることを認識しておく必要があります。

品質管理試験は、設計上の要求事項、改良規模（工事規模）、施工期間などに基づいて適切な試験方法および試験頻度を設定する必要があります。これら品質管理試験の諸条件は、事前に施主、設計者、施工者などと協議して設定します。

6. 試験について

6-6 六価クロム溶出試験

①ハードキープに六価クロムが含まれる理由

ハードキープはセメントを主原料としています。セメントの原料の大半は地殻に存在する天然資源であることから、主構成成分（Ca,Si,Al,Fe）の他に、地球上に存在する各種の微量元素も含まれています。各種微量成分の含有量の一例を表6-5に示します。

表6-5 各種微量成分の含有量の一例

元素	Cr クロム	Cu 銅	Zn 亜鉛	As ヒ素	Se セレン	Cd カドミウム	Hg 水銀	Pb 鉛
地殻	100	153	70	2	0	0	0.08	13
普通セメント	97	140	511	16.7	< 1	2.0	0.023	111

参考文献：(一社)セメント協会「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」一部抜粋

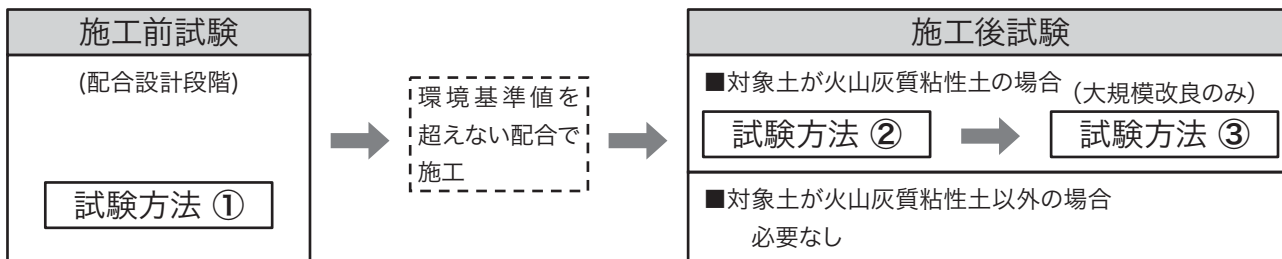
これら微量成分の内、クロムは自然界では一般に三価クロムとして存在していますが、セメントの製造過程（焼成）において一部が酸化され六価クロムとなり、セメント鉱物中に存在することになります。したがって、ハードキープにもごく微量の六価クロムが含まれることとなります。

②六価クロム溶出試験の概要

六価クロム溶出試験は、改良土（ハードキープやセメントにより改良された土）からの六価クロム溶出量が土壌環境基準値（0.05mg/l以下）を満足しているか確認する試験です。

官公庁所管の工事については、平成12年3月に建設省・運輸省等から通達『セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について』が、平成13年4月には国土交通省から通達の一部変更『セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験要領(案)』が出ています。

六価クロム溶出量が土壌環境基準値以下であれば、施工後の六価クロム溶出試験は実施する必要はありません。ただし、火山灰質粘性土を改良する場合は、施工後も六価クロム溶出試験を実施する必要があります。図6-6に六価クロム溶出試験関連の通達について概要を示します。



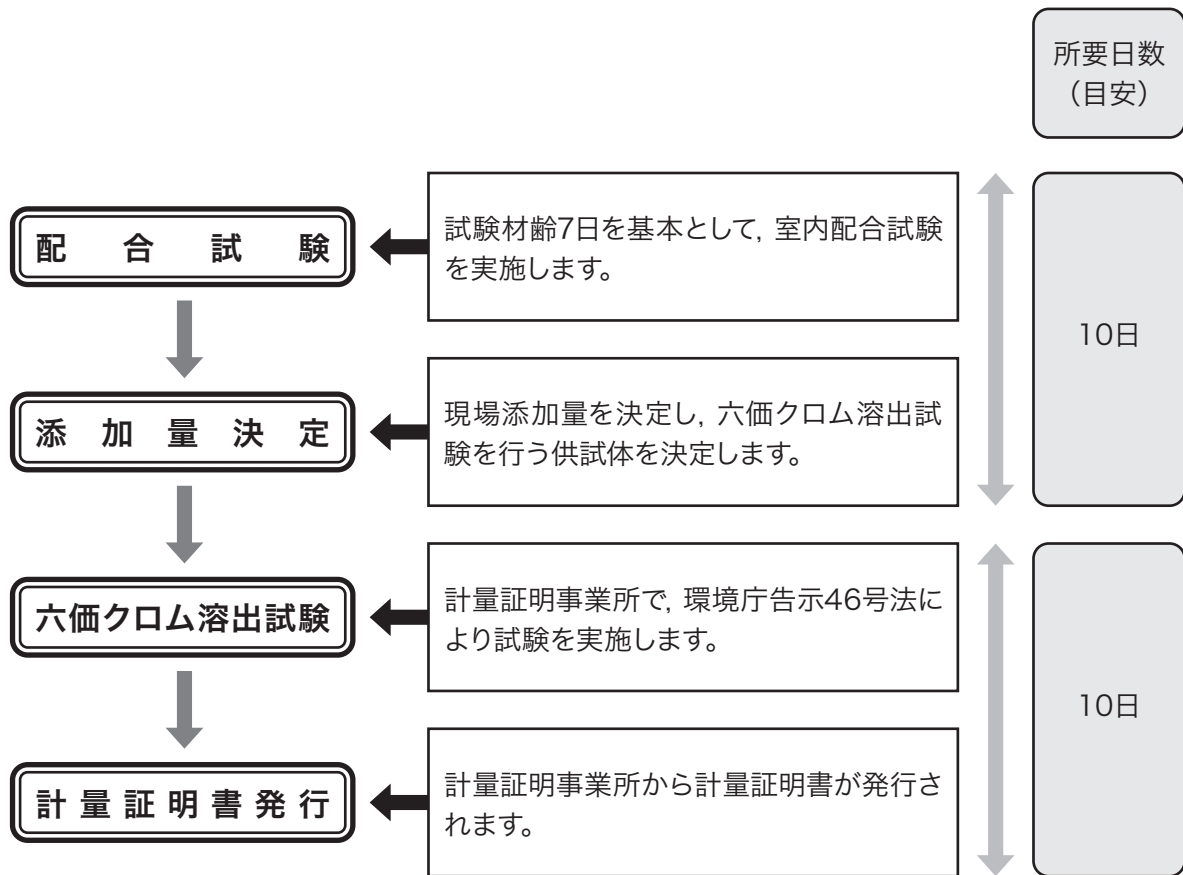
試験の種類	試験時期	試験方法
試験方法1	配合設計段階（供試体：材齢7日基本）	環境庁告示46号溶出試験
試験方法2	施工後（現場採取試料：材齢28日基本）	環境庁告示46号溶出試験
試験方法3	施工後（現場採取試料：材齢28日基本）	タンクリーチング試験

図6-6 六価クロム溶出試験関連の通達の概要

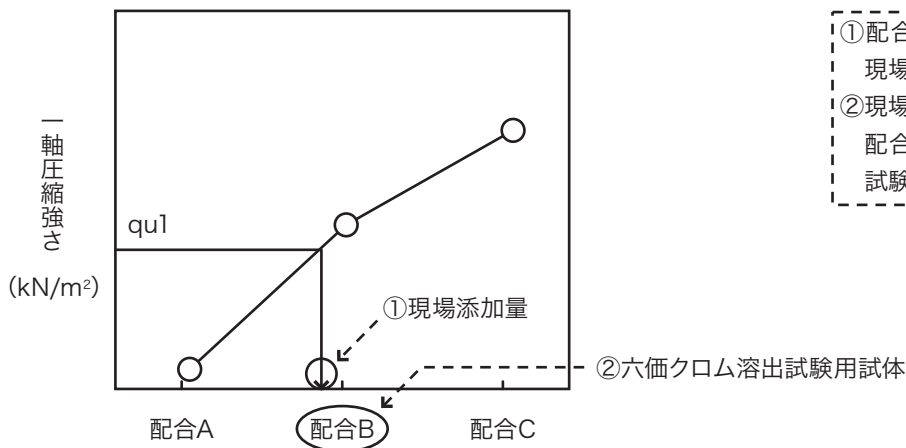
6. 試験について

③ 六価クロム溶出試験（配合設計段階）

配合設計段階に実施する六価クロム溶出試験の流れを図6-7に示します。



※六価クロム溶出試験を行う供試体の決定方法
六価クロム溶出試験を行う供試体の決定方法は以下の通りです。



- ①配合A, B, Cで配合試験を実施し, 現場添加量を決定します。
②現場添加量に最も近い添加量である配合Bの供試体で六価クロム溶出試験を実施します。

図6-7 六価クロム溶出試験の流れ

7. 施工について

ハードキープによる地盤改良は、大きく分けると「浅層改良」と「深層改良」があります。また、ハードキープの添加方式は「粉体」と「スラリー」があります。

強度発現の面からは、粉体混合が経済的で有利です。施工条件によってはスラリー混合の方が容易で混合効果が良くなる場合もあります。

7-1 浅層改良

浅層改良の施工手順の一例を以下に示します。

① 整地

整地作業は、改良の前に切株・転石等を取り除き、地盤を仕上げ形状に近い状態になるように不陸整正を行うことです。また、施工面に水溜りがある場合や地下水が高い場合は、素掘り排水溝などの排水処理をしておく必要があります。

② 散布

散布は、所定の面積に所定量のハードキープを均一に散布することです。フレコンの場合は1ヶ所にたまらないようにレーキなどで敷き広げる必要があります。

③ 混合

混合は、所定の改良深さまでスタビライザやバックホウなどの混合機械を用い、入念に混合します。混合中は改良深さの確認を行いながら混合状態の良否を観察し、色むらのなくなるまで混合する必要があります。

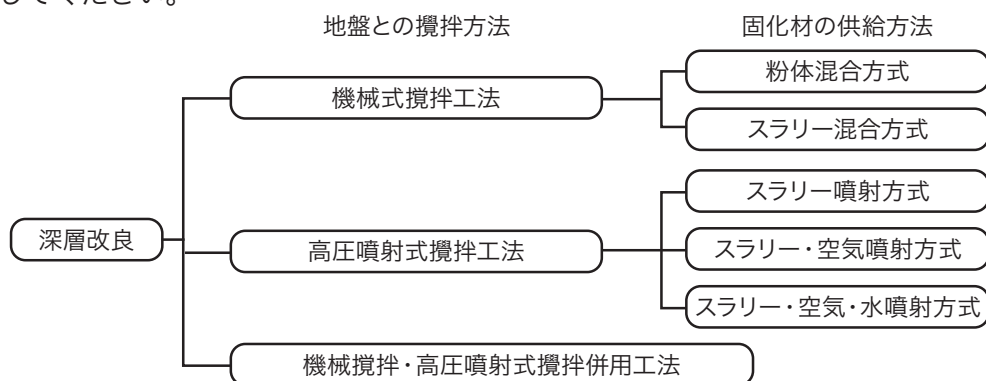
④ 転圧

転圧は混合終了後、敷均しおよび整地を行い、十分締固めを行うことです。通常は混合終了後に締固めを行います。改良土の状態によっては混合終了後には仮転圧を行うにとどめ、締固め可能な強度が得られてから本転圧を行うこともあります。

7-2 深層改良

改良深さが2～3m以深におよぶ場合、一般的に深層改良と呼ばれています。深層改良の分類例を図7-1に示します。

深層改良は、施工機械や使用材料などにより様々な工法がありますので、詳細は、各種工法の書籍などで確認してください。



参考文献：(一社)セメント協会 「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」

図7-1 深層改良工法の分類例

※本技術資料に記載されている数値は、測定値の代表例です。
※本技術資料に記載されている内容は、本製品の適用結果を保証するものではありません。
※本技術資料の内容は、予告なく変更することがあります。

作成：2016年11月
(5000)
改訂後訂正シール作成：2018年4月
(1000)

■お問合せ先

株式会社 トクヤマ

セメント東京販売部	101-8618	東京都千代田区外神田1-7-5 フロントプレイス秋葉原	TEL (03)5207-2519	FAX (03)5207-2575
セメント大阪販売部	530-0005	大阪市北区中之島2-2-7中之島セントラルタワー19F	TEL (06)6201-7207	FAX (06)6201-7227
広島支店	730-0017	広島市中区鉄砲町8-18広島日生みどりビル11F	TEL (082)223-7311	FAX (082)223-2347
高松支店	760-0023	高松市寿町2-1-1高松第一生命ビル新館7F	TEL (087)822-0061	FAX (087)822-3627
福岡支店	810-0001	福岡市中央区天神2-8-38 協和ビル7F	TEL (092)732-6677	FAX (092)732-4400