29. 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実施要領（案）

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実施要領（案）

1．適用範囲

本試験要領は、セメント及びセメント系固化材を原位置もしくはプラントにおいて土と混合する改良土の六価クロムの溶出試験に適用するものとし、対象工法は表－１のとおりとする。ここで、セメント及びセメント系固化材とは、セメントを含有成分とする固化材で、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、セメント系固化材、石灰系固化材をいい、これに添加剤を加えたものを含める。

2．試験の種類及び方法

本試験要領における六価クロム溶出試験は、以下の方法で構成される。

2－1　セメント及びセメント系固化材の地盤改良に使用する場合の試験

本試験では原地盤内の土と混合して施工される地盤改良を対象とする。

（1）配合設計の段階で実施する環境庁告示46号溶出試験（以下、「試験方法１」という）

環境庁告示46号の溶出試験は、土塊・団粒を粗砕した２㎜以下の土壌を用いて６時間連続振とうした後に、六価クロム溶出量を測定する方法である[注1)]。この試験は、固化材が適切かどうかを確認することを目的に行う。

（2）施工後に実施する環境庁告示46号溶出試験（以下、「試験方法２」という）

改良された地盤からサンプリングした試料を用い、実際に施工された改良土からの六価クロムの溶出量を確認する目的で行う。

（3）施工後に実施するタンクリーチング試験（以下、「試験方法３」という）

タンクリーチング試験は、塊状にサンプリングした試料を溶媒水中に静置して六価クロム溶出量を測定する方法である（添付資料２を参照）。この試験は、改良土量が5,000㎥[注2)]程度以上または改良体本数が500本程度以上の改良工事のみを対象に、上記（２）で溶出量が最も高かった箇所について、塊状の試料からの六価クロムの溶出量を確認する目的で行う。

注１）環境庁告示46号溶出試験
（添付資料１）のとおり、平成３年８月23日付け環境庁告示46号に記載された規格で行う。
注２）施工単位が㎥となっている場合は㎥への換算を行う。

表－１　溶出試験対象工法

工　種	種　別	細　　別	工　法　概　要
地盤改良工	固結工	粉体噴射撹拌 高圧噴射撹拌 スラリー撹拌	＜深層混合処理工法＞地表からかなりの深さまでの区間をセメント及びセメント系固化材と原地盤土とを強制的に撹拌混合し、強固な改良地盤を形成する工法
		薬液注入	地盤中に薬液（セメント系）を注入して透水性の減少や原地盤強度を増大させる工法
	表層安定処理工	安定処理	＜表層混合処理工法＞セメント及びセメント系固化材を混入し、地盤強度を改良する工法
	路床安定処理工	路床安定処理	路床土にセメント及びセメント系固化材を混合して路床の支持力を改善する工法
舗装工	舗装工 各種	下層路盤 上層路盤	＜セメント安定処理工法＞現地発生材、地域産材料またはこれらに補足材を加えたものを骨材とし、これにセメント及びセメント系固化材を添加して処理する工法
仮設工	地中連続壁工（柱列式）	柱列杭	地中に連続した壁面等を構築し、止水壁及び土留擁壁とする工法のうち、ソイルセメント柱列壁等のように原地盤土と強制的に混合して施工されるものを対象とし、場所打ちコンクリート壁は対象外とする
＜備考＞ １．土砂にセメント及びセメント系固化材を混合した改良土を用いて施工する、盛土、埋戻、土地造成工法についても対象とする。 ２．本試験要領では、石灰パイル工法、薬液注入工法（水ガラス系・高分子系）、凍結工法、敷設材工法、表層排水工法、サンドマット工法、置換工法、石灰安定処理工法は対象外とする。			

（４）試験方法２及び３の実施を要しない場合

試験方法１で六価クロムの溶出量が土壌環境基準を超えなかったセメント及びセメント系固化材を地盤改良に使用する場合、試験方法２及び３を実施することを要しない。ただし、火山灰質粘性土を改良する場合は、試験方法１の結果にかかわらず、試験方法２及び３を実施するものとする。

2－2　セメント及びセメント系固化材を使用した改良土を再利用する場合の試験

本試験は、以下に示すような再利用を目的とした改良土を対象とする。

1）建設発生土及び建設汚泥の再利用を目的として、セメント及びセメント系固化材によって改良する場合

2）過去もしくは事前にセメント及びセメント系固化材によって改良された改良土を掘削し、再利用する場合

（1）配合設計、プラントにおける品質管理、もしくは改良土の供給時における品質保証の段階で実施する環境庁告示46号溶出試験（以下、「試験方法４」という）

この試験は、固化材が適切かどうか、もしくは再利用を行う改良土からの溶出量が土壌環境基準値以下であるかを確認する目的で行う。本試験は改良土の発生者（以下、「供給する者」という）が実施し、利用者（以下、「施工する者」という）に試験結果を提示しなければならない。また、利用者は発生者から試験結果の提示を受けなければならない。環境庁告示46号溶出試験の方法は２－１（１）に同じ。

（2）施工後に実施する環境庁告示46号溶出試験（以下、「試験方法５」という）

２－１（２）に同じ。ただし、本試験は改良土を施工する者が実施する。

（3）施工後に実施するタンクリーチング試験（以下、「試験方法６」という）

２－１（３）に同じ。ただし、本試験は改良土を施工する者が実施する。

3．供試体作成方法及び試験の個数

工事の目的・規模・工法によって必要となる供試体作成方法及び試験の数は異なるが、以下にその例を示す。

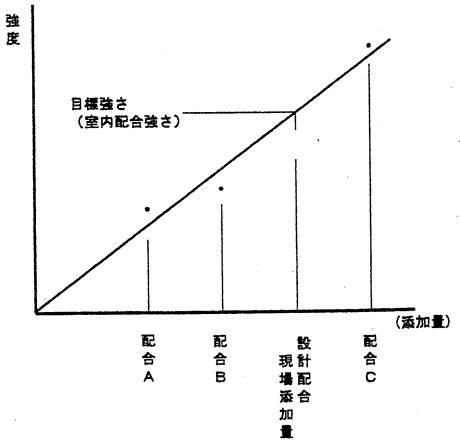
3－1　セメント及びセメント系固化材を地盤改良に使用する場合

（1）配合設計の段階で実施する環境庁告示46号溶出試験（「試験方法１」に対して）

室内配合試験時の強度試験等に使用した供試体から、400～500g 程度の試料を確保する。

配合設計における室内配合試験では、深度方向の各土層（あるいは改良される土の各土質）ごとに、添加量と強度との関係が得られるが、実際には次図のように、室内配合試験を行った添加量（配合 A, B, C）と、現場添加量（目標強さに対応した添加量）とが一致しない場合が多い。

そのため、室内配合試験のなかから、現場添加量に最も近い添加量の供試体（配合C）を選び、各土層（あるいは改良される土の各土質）ごとに供試体（材齢７日を基本とする）を１検体ずつ環境庁告示46号溶出試験に供する。



（２）施工後に実施する環境庁告示46号溶出試験（「試験方法２」に対して）

現場密度の確認あるいは一軸圧縮強さなどの品質管理に用いた、もしくは同時に採取した試料（材齢28日を基本とする）から、400～500g程度の試料を確保する。なお、試料の個数は、以下のように工法に応じたものを選択する。

＜試験個数１＞　表層安定処理工法、路床工、上層・下層路盤工、改良土盛土工など

１）改良土量が5,000㎥以上の工事の場合
　改良土1,000㎥に１回程度（１検体程度）とする。

２）改良土量が1,000㎥以上5,000㎥未満の工事の場合
　１工事当たり３回程度（合計３検体程度）

３）改良土量が1,000㎥に満たない工事の場合
　１工事当たり１回程度（合計１検体程度）

＜試験個数２＞　深層混合処理工法、薬液注入工法、地中連続壁土留工など

１）改良体が500本未満の工事の場合
　ボーリング本数（３本）×上中下３深度（計３検体）＝合計９検体程度とする。

２）改良体が500本以上の工事の場合
　ボーリング本数（３本＋改良体が500本以上につき250本増えるごとに１本）×上中下３深度（計３検体）＝合計検体数を目安とする。

（3）タンクリーチング試験（「試験方法３」に対して）

改良土量が5,000㎥程度以上または改良体本数が500本程度以上の規模の工事においては、施工後の現場密度の確認あるいは一軸圧縮強さなどの品質管理の際の各サンプリング地点において、できるだけ乱れの少ない十分な量の試料（500g 程度）を確保し、乾燥させないよう暗所で保管する。タンクリーチング試験は、保管した試料のうち「試験方法２」で溶出量が最大値を示した箇所の１試料で実施する。

３－２　セメント及びセメント系固化材を使用した改良土等を再利用する場合

（1）配合設計、土質改良プラントの品質管理、改良土の供給時における品質保証の段階で実施する環境庁告示46号溶出試験（「試験方法４」に対して）

１）建設発生土及び建設汚泥の再利用を目的として、セメント及びセメント系固化材によって改良する場合

室内配合試験による配合設計を行う場合は３－１（１）に同じ。ただし、配合設計を行わない場合においては、製造時の品質管理もしくは供給時における品質保証のための土質試験の試料を用いて、1,000㎥程度に１検体の割合で環境庁告示46号溶出試験を行う。

２）過去もしくは事前にセメント及びセメント系固化材によって改良された改良土を掘削し、再利用する場合

利用者に提示する品質保証のための土質試験の試料を用いて、1,000㎥程度に１検体の割合で環境庁告示46号溶出試験を行う。

（2）施工後に実施する環境庁告示46号溶出試験（「試験方法５」に対して）

３－１（２）に同じ。ただし、「試験方法２」を「試験方法５」と読み替える。

（3）タンクリーチング試験（「試験方法６」に対して）

３－１（３）に同じ。ただし、「試験方法３」を「試験方法６」と読み替える。

（添付資料１）

土壌の汚染に係る環境基準について（抜粋）
（平成３年８月23日環境庁告示第46号）

改正　平成５環告19・平成６環告５・平成６環告25・平成７環告19・平成10環告21

公害対策基本法（昭和42年法律第132号）第９条の規定に基づく土壌の汚染に係る環境基準について次のとおり告示する。

環境基本法（平成５年法律第91号）第16条第１項による土壌の汚染に係る環境上の条件につき、人の健康を保護し、及び生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準（以下「環境基準」という。）並びにその達成期間等は、次のとおりとする。

第１　環境基準

１　環境基準は、別表の項目の欄に掲げる項目ごとに、同表の環境上の条件の欄に掲げるとおりとする。

２　１の環境基準は、別表の項目の欄に掲げる項目ごとに、当該項目に係る土壌の汚染の状況を的確に把握することができると認められる場所において、同表の測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合における測定値によるものとする。

３　１の環境基準は、汚染がもっぱら自然的原因によることが明らかであると認められる場所及び原材料の堆積場、廃棄物の埋立地その他の別表の項目の欄に掲げる項目に係る物質の利用又は処分を目的として現にこれらを集積している施設に係る土壌については、適用しない。

第２　環境基準の達成期間等

環境基準に適合しない土壌については、汚染の程度や広がり、影響の態様等に応じて可及的速やかにその達成維持に努めるものとする。

なお、環境基準を早期に達成することが見込まれない場合にあっては、土壌の汚染に起因する環境影響を防止するために必要な措置を講ずるものとする。

別表

項　　目	環境上の条件	測　定　方　法
六価クロム	検液１ℓにつき0.05mg以下であること。	規格65.2に定める方法

備　考

1　環境上の条件のうち検液中濃度に係るものにあっては付表に定める方法により検液を作成し、これを用いて測定を行うものとする。

付表

検液は、次の方法により作成するものとする。

1　カドミウム、全シアン、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、アルキル水銀、PCB及びセレンについては、次の方法による。

(1) 採取した土壌の取扱い

採取した土壌はガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。

(2) 試料の作成

採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の２㎜の目のふるいを通過させて得た土壌を十分混合する。

(3) 試料液の調製

試料（単位ｇ）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が5.8以上6.3以下となるようにしたもの）（単位㎖）とを重量体積比10％の割合で混合し、かつ、その混合液が500㎖以上となるようにする。

(4) 溶出

調製した試料液を常温（おおむね20℃）常圧（おおむね１気圧）で振とう機（あらかじめ振とう回数を毎分約200回に、振とう幅を４㎝以上５㎝以下に調整したもの）を用いて、６時間連続して振とうする。

(5) 検液の作成

(1)から(4)の操作を行って得られた試料液を10分から30分程度静置後、毎分約3,000回転で20分間遠心分離した後の上澄み液を孔径0.45μｍのメンブランフィルターでろ過してろ液を取り、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする。

分析方法と留意点

本指針で示した汚染土壌に係る分析方法の概要とその留意点は、次のとおりである。

(1) 土壌中重金属等の溶出量分析方法（土壌環境基準、平成３年８月23日付け環境庁告示第46号に掲げる方法）

① 検液の作成（溶出方法）

土壌の取扱い

1）採取した土壌はガラス製容器等に収める。試験を直ちに行えない場合には、暗所に保存する。

試料の作成

2）採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属性の２㎜の目のふるいを通過させて得た土壌を十分混合する。

試料液の調製

3）試料（g）と溶媒（純水に塩酸を加えてpH＝5.8～6.3としたもの（mℓ））とを1：10（W：V）の割合で混合する。
4）混合液が500mℓ以上となるようにする。

溶　　出

5）常温（おおむね20℃）常圧（おおむね１気圧）で振とう機（振とう回数毎分200回、振とう幅4～5㎝）を用いて６時間連続振とうする。

静　　置

6）溶出した試料液を10～30分程度静置する。

ろ　　過

7）試料液を毎分3,000回転で20分遠心分離した後の上澄み液をメンブランフィルター（孔径0.45μm）を用いてろ過してろ液を取り、検液とする。

検　　液

② 定量方法

ア カドミウム、鉛、六価クロム

㋐ フレーム原子吸光法（JIS K0102の55.2、54.2、65.2.2）

六価クロム

①試料の適量を採り、0.1～1 mol/ℓ の硝酸溶液とする
（注）懸濁物を含む場合はろ過する

クロム（Ⅲ）が含まれる場合

②500mℓ以下の試料を採り、硫酸アンモニウム鉄（Ⅲ）溶液１mℓ、アンモニア溶液を加え、微アルカリ性で煮沸する。ろ過し、温硝酸アンモニウム溶液で洗浄する。ろ液と洗液を合わせ、硝酸を用いて0.1～0.5 mol/ℓ の硝酸溶液とする

（鉛、カドミウムの記述につき省略）

試料の一定量をフレーム中に噴霧する

測定物質の波長（カドミウム(228.8nm)、鉛(283.3nm)、六価クロム(357.9nm）の指示価を測定する

試料と同量の水を用いて空試験を行い、試料の指示値を補正する

検量線から分析対象物質の量を求める

㈢　ICP 発光分析法（JIS K0102 の 55.4、54.4、65.2.4）

六価クロム

①試料の適量を採り、0.1～1 mol/ℓ の硝酸溶液とする
（注）懸濁物を含む場合はろ過する

クロム（Ⅲ）が含まれる場合

②500㎖以下の試料を採り、硫酸アンモニウム鉄（Ⅲ）溶液 1 ㎖、アンモニア溶液を加え、微アルカリ性で煮沸する。ろ過し、温硝酸アンモニウム溶液で洗浄する。ろ液と洗液を合わせ、硝酸を用いて0.1～0.5 mol/ℓ の硝酸溶液とする

（鉛、カドミウムの記述につき省略）

試料をプラズマトーチ中に噴霧する

分析対象物質の波長（カドミウム 214.438nm)、鉛(220.351nm)、六価クロム(206.149nm)）の発光強度を測定する

試料と同量の水を用いて空試験を行い、試料の指示値を補正する

検量線から分析対象物質の量を求める

※ジフェニルカルバジド吸光光度法は、三価クロムを含有する場合の全クロム量の測定には適用できない。

ウ　六価クロム

ジフェニルカルバジド吸光光度法（JIS K0102の65.2.1）

鉄等の除去

1）検液40mℓまでを分液ロート（100mℓ）にとり、採取した検液20mℓにつき硫酸（1＋1）5mℓを加え、これに過マンガン酸カリウム溶液を滴加し、わずかに着色させる。
2）クペロン（5％）5mℓ、クロロホルム10mℓを加えて30秒間振り混ぜ、静置後、水層をビーカーに移す。

検液採取

3）水層の適量（Cr（Ⅵ）として0.002～0.05mgを含む）をA、B2個のビーカーにとり、水酸化ナトリウム溶液（4％）で中和する。

ビーカーA

4）メスフラスコA（50mℓ）に移し、硫酸（1＋9）3mℓを加える。

ビーカーB

4）メスフラスコA（50mℓ）に移し、硫酸（1＋9）3mℓ及びエタノール（95％）を少量加え、煮沸し、Cr（Ⅵ）をCr（Ⅲ）に還元する。放冷後、メスフラスコB（50mℓ）に移す。

反　　応

5）メスフラスコA及びBを約15℃に保ち、それぞれにジフェニルカルバジド溶液（1％）1mℓずつを加え、直ちに振り混ぜ、水を加えて50mℓの定量とし、5分間放置する。

吸光度測定

6）メスフラスコAの溶液の一部を吸収セルに移し、メスフラスコBの溶液を対照液として波長540nm付近の吸光度を測定する。

（添付資料2）

タンクリーチング試験について

タンクリーチング試験は下図のように、施工後の品質管理等の際に確保した試料を、塊状のまま溶媒水中に水浸し、水中に溶出する六価クロムの濃度を測定するものである。試験方法及び手順は以下のとおりである。

1．施工後のサンプリング等で確保していた試料から400g程度の供試体を用意する。供試体は環境庁告示46号の溶出試験のように、土塊や団粒を2㎜以下に粗砕せず、できるだけ塊状のものを用いる。その際、

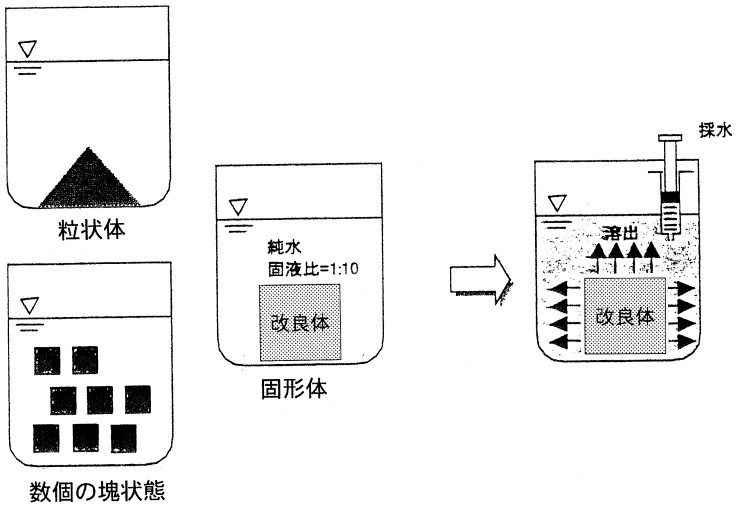
1）一塊の固形物として確保できる場合は、固形物のまま

2）数個の塊に分割した状態の場合は、分割した塊の状態のまま

3）形状の保持が困難な粒状の状態で確保されるものについては、粒状のまま

を供試体とする。形状寸法は定めない。

2．溶媒水として純水を使用する。純水の初期のpHは5.8～6.3とする。



所定期間養生した改良体を
固液比 1:10の純水中に浸漬

所定期間浸透漬後、
採水し46号溶出試験を実施

3．非金属製の容器を準備し、採取試料400g 程度を容器内に置く。その後、所定量の溶媒水（固液比 1：10、試料の乾燥重量の10倍体積の溶媒水＝ 4L 程度）を充填し、供試体のすべてが水中に没するよう水浸させる。水浸の際にはできるだけ供試体の形状が変化しないよう注意し、水浸直後の供試体の状況をスケッチにより記録する。

4．容器を密封後、20℃の恒温室内に静置する。この間、溶媒水の pH 調整は行わない。

5．水浸28日後に溶媒水を採水し、六価クロムの濃度測定を行う。濃度測定は（添付資料 1）に示した JIS K0102の65.2に定める方法とする。採水の際には溶媒水を軽く撹拌した後、濃度測定に必要な分量を採取し、孔径0.45 μm のメンブランフィルターにてろ過する。

6．試験終了後には、水中での供試体の状態をスケッチし記録する。

（参　考）

1．六価クロムの土壌環境基準

六価クロムの土壌環境基準は、土壌からの浸透水が地下水を汚染しないという観点で設定されている。すなわち六価クロムが人体に摂取される経路として飲み水に着目し、その直接の水源若しくは河川水等の涵養水源となる地下水の水質を保全するという考えである。この地下水の水質基準を、公共用水域の水質環境基準と同じ様に0.05mg/ℓと定め、土壌環境基準は土壌からの六価クロム溶出濃度が0.05mg/ℓを満たすように設定されたものである。

この公共用水域の水質環境基準（0.05mg/ℓ）は、我が国の水道水質基準等に基づき、慢性毒性の観点から設定されているものである。

なお、土壌環境基準（0.05mg/ℓ）に関しては、当該土壌が地下水面から離れており、原状において当該地下水中の六価クロムの濃度が地下水１リットルにつき0.05mgを超えていない場合には、検液１リットルにつき0.15mgとされている。

2．六価クロムの溶出が少ない固化材

普通のセメントに比べて六価クロムの溶出が少ない固化材としては、高炉セメントがある。また、六価クロムの溶出量が少ない新たなセメント系固化材が開発されている。