

# SBウォール工法 配合試験マニュアル

令和6年8月版

SBウォール工法研究会

# 目次

1 総説 .....	1
1.1 SBウォール工法の定義.....	1
1.2 SBウォール工法内部材の要求品質および目標強度 .....	1
1.3 内部材の単位体積重量 .....	2
1.4 六価クロム溶出 .....	3
1.5 室内配合試験マニュアルの適用範囲.....	3
2 SB ウォール工法内部材の配合 .....	4
2.1 示方配合の概念 .....	4
2.2 配合材料 .....	7
3 室内配合試験に関連する試験項目 .....	9
4 配合試験計画 .....	10
4.1 室内配合試験手順 .....	10
4.2 配合試験計画の検討 .....	11
4.2.1 配合試験計画の詳細.....	18
4.3 配合試験計画書の作成 .....	22
5 配合試験の詳細 .....	23
5.1 使用機材 .....	23
5.2 室内配合試験材料の計量.....	26
5.3 室内配合試験の測定方法および作業.....	30
5.4 配合試験の手順 .....	32

# 1 総説

## 1.1 SBウォール工法の定義

SBウォール工法は、INSEM工法（IN-situ Stabilized Excavation Materials）およびL.U.C.工法（Low paste concrete by Using Crusher-run）で内部材を構築し、鋼板およびコンクリートブロックを外部保護材とする複合構造形式の砂防堰堤である。

### 【解説】

SBウォール（Steel wall or Concrete Block wall）工法は、INSEM工法およびL.U.C.工法<sup>1</sup>により構築した堤体内部材を上下流の外部保護材（上流壁面材は軽量鋼矢板などの鋼板、下流壁面材はコンクリートブロック）で保護することにより、土石流対策堰堤、砂防堰堤などに要求される耐摩耗性、耐衝撃性、耐久性および景観性を向上させ、現地発生土砂の有効活用による建設環境の向上および設計施工の合理化を図ろうとするものである。

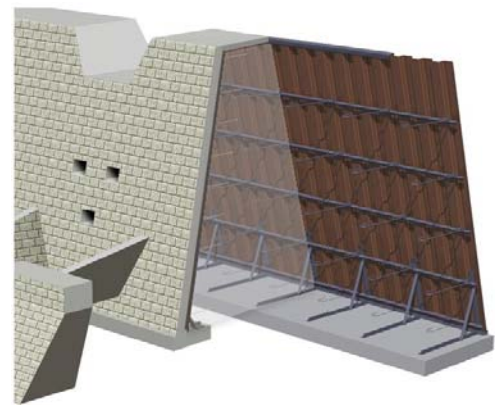


図- 1.1 SBウォール工法 概念図

## 1.2 SBウォール工法内部材の要求品質および目標強度

SBウォール工法の内部材は、工法の構造において重要な構造部位である。

内部材に要求される品質は、明瞭な剛体の性状を有するとともに、堤体内に発生する最大圧縮応力に抵抗できる強度とする。

### 【解説】

SBウォール工法の内部材の目標強度は、堤体内に発生する最大圧縮応力に抵抗できる強度を充足するだけでなく、剛体としての性状、つまり水和反応を要する強度領域であることが求められる。ここで言う明瞭な水和反応を要する強度領域とは、コンクリートと同様に、長期的な強度増加が見込まれる強度領域のことを言う。

これまでの事例から、 $\sigma_{28}$ の目標強度が $3.0 \text{ N/mm}^2$ 以上であれば、長期的な強度増加

<sup>1</sup> L.U.C.工法とは、JISで規格されたクラッシュラン（C-40）を主材料として、INSEM材同様にSBウォール工法の内部材とする工法で、INSEM工法と異なり、配合試験を省略する事が可能である。なお、使用材料に再生クラッシュランを使用する場合は、配合試験が必要である。

が得られることが確認されている。

これは平成28年に発刊された砂防ソイルセメント施工便覧に記されるコンクリートの強度特性に該当する。

なお、堤体内に発生する最大圧縮応力に抵抗できる強度は、次式で求める。

**堤体内に発生する最大圧縮応力に抵抗できる強度**

$$= \text{最大圧縮応力} (\sigma_{\max}) \times \text{安全率} (n)$$

$$n=4.0 \text{ (砂防ソイルセメント施工便覧 平成28年版)}$$

堤体内に発生する最大圧縮応力から求めた目標強度が  $3.0\text{N/mm}^2$  を上回る場合は、計算値を目標強度とする。(R.6 SBウォール工法設計施工マニュアル3.3.3(4)参照)

なお、圧縮試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準ずる。

### 1.3 内部材の単位体積重量

内部材の単位体積重量は室内配合試験によって確かめられた値の 95%あるいは100%の安全側となる数値を設定する。

#### 【解説】

内部材の単位体積重量は、堤体の安定性を評価する上で重要である。

これまでの実績から、SB ウォール工法の内部材の設計単位体積重量は、室内配合試験で確認した単位体積重量の 95%の値を適用することで、ほぼバラツキの下限值が設計単位体積重量を上回ることが確認されている。

一方、基礎の置き換え工などにより、堤体の重量に上制限がある場合は、95%の設計単位体積重量を適用すると、その評価は危険側となる。

このため、SB ウォール工法内部材の単位体積重量の設定は、95%～100%の幅をもたせ、それぞれ評価する上で安全側となる設定値を用いることとする。

なお、内部材の材料としてクラッシュランを用いる L.U.C.材は、堤体の上限重量に制限がない場合、堤体の安定性評価に用いる設計単位体積重量を  $\gamma = 19.6 \text{ kN/m}^3$  としてもよい。

## 1.4 六価クロム溶出

SB ウォール工法の内部材は、材齢 7 日の内部材試料が六価クロムの溶出試験において基準値以下に抑えなければならない。

### 【解説】

六価クロム溶出試験の配合は、示方配合で実施することが望ましいが、配合試験時に実施する場合は、示方配合に近いと考えられる配合ケースを用いても良い。

また、六価クロムの溶出試験は、環境庁告示 46 号溶出試験にて確認する。

## 1.5 室内配合試験マニュアルの適用範囲

本配合試験マニュアルは、SB ウォール工法の内部材の示方配合を設定するための室内配合試験およびその計画に適用する。

## 2 SBウォール工法内部材の配合

### 2.1 示方配合の概念

SBウォール工法の内部材の示方配合は、混合前の土砂の目標含水比と、締固めた土砂1.0m<sup>3</sup>に混合するセメント重量を示したものを言う。

#### 【解説】

本来、示方配合とは、内部材（INSEM材、L.U.C.材）1.0m<sup>3</sup>を構成する土砂量、セメント量、水量である。

一方、SBウォール工法の内部材は、コンクリートのような水密性はなく、コンクリートと比べて、空隙が多いため、セメント

や水を添加してもその容積はほとんど変化しない。さらに、現地土砂のバラツキを勘案すれば、これらの容積変化は誤差の範疇といえる。

また、SBウォール工法の内部材材料となる土砂は砂礫質の骨材だけでなく、土成分も含まれることから、コンクリート配合のような表乾状態の設定が困難であり、単位水量という概念は適さない。このため、その示方配合表記は混合前の土砂含水比とする方が理解しやすい。

これらのことをふまえ、SBウォール工法の内部材の示方配合は、以下のとおりとする。

#### <SBウォール工法の内部材 1.0m<sup>3</sup>の示方配合概念>

- ◆ 土砂量
  - 締固めた土砂 1.0m<sup>3</sup>
- ◆ 設計含水比
  - 混合前の土砂の目標含水比
- ◆ 単位セメント量
  - 締固めた土砂 1.0m<sup>3</sup>に添加するセメント重量
- ◆ 土砂容積変化率（現場で容積換算するための測定）
  - 締固め前の土砂容積と締固め後の容積の変化率

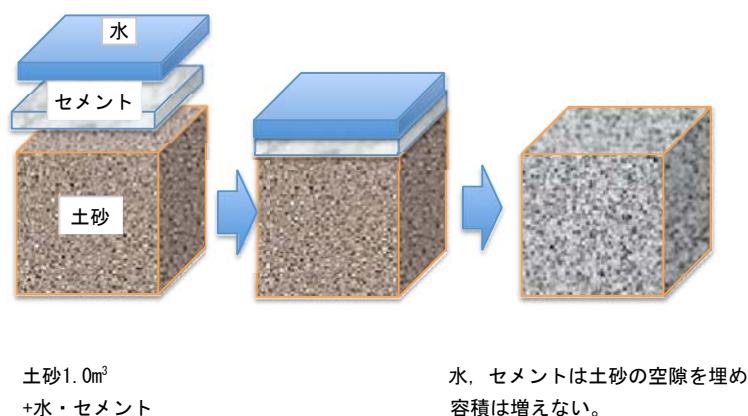


図- 2.1 SBウォール工法の示方配合概念図

## (1) 配合強度

室内配合試験で目標とする配合強度は、現場での内部材強度のバラツキを勘案した強度設定を行う。

### 【解説】

配合強度はコンクリート標準仕様書に準拠して、現地施工における強度のバラツキが、所定の目標強度を 95%の確率で確保することを目的として設定する（図- 2.2 参照）。

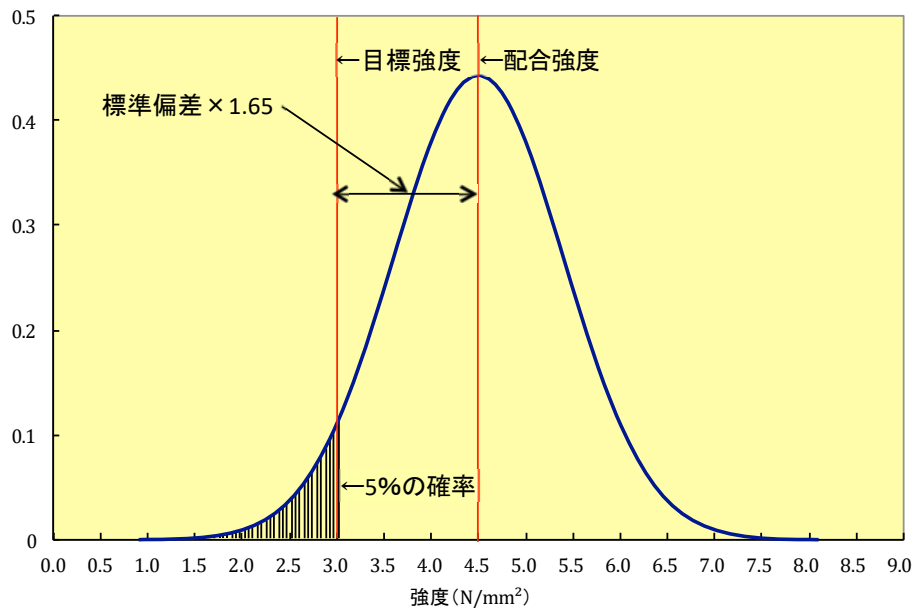


図- 2.2 配合強度の概念図

なお、砂防ソイルセメント施工便覧平成28年版では、配合強度は現場強度に安全余裕度を考慮し設定している。

$$\text{配合強度} \geq \text{現場強度} + \text{安全余裕度}$$

安全余裕度：現場強度 $3.0\text{N/mm}^2$ に対し、 $1.5\text{N/mm}^2$

出典：「砂防ソイルセメント施工便覧 平成28年版」P. 44

## (2) 示方配合の設定

SBウォール工法の示方配合は、ピーク強度含水比を中心に±2.0%程度の上下限含水比での強度が、目標強度を満足する単位セメント量，設計含水比（混合前の土砂の目標含水比），改良材の混合割合（容積比率），土砂容積変化率（締固め前土砂容積／締固め後土砂容積）で構成する。

### 【解説】

SBウォール工法の示方配合は、図- 4.3 SBウォール工法，現地土砂の適応性判断に関する資料および各種試験などをふまえ，適切な配合試験計画を検討し，SBウォール工法配合試験マニュアルにもとづいて室内配合試験を実施して設定する。

示方配合は，図- 2.3 に示す通り，ピーク強度含水比±2.0%程度の余裕を設け，その上下限含水比での強度が配合強度を充足する単位セメント量を設定するものとする。

なお，標準的なSBウォール工法の示方配合の設定項目を表- 2.1 に示す。

表- 2.1 示方配合の表し方

単位セメント量 C (kg/m <sup>3</sup> )	設計含水比 W (%)	現地発生土砂 S (%)	改良材 G (%)	INSEM材 1.0m <sup>3</sup> あたり	
				土砂容積変化率 (%) ※	
				S	G

※土砂容積変化率：ほぐし状態の土砂容積/締固め後の土砂容積<sup>2</sup>

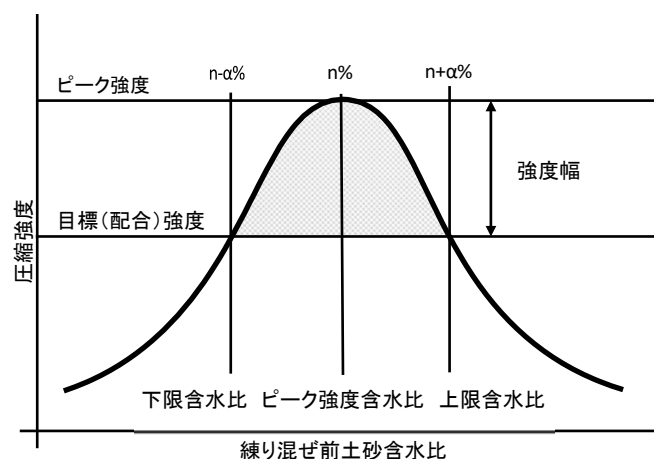


図- 2.3 SBウォール工法の示方配合概念図

<sup>2</sup> 室内配合試験では，土砂は重量計量によって行うが，施工現場では，締固め前の土砂容積計量で行うため，室内配合試験時に，締固め前土砂と締固め後土砂の容積変化率を測定する。



## 2.2 配合材料

### (1) 内部材材料

SBウォール工法の内部材に用いる材料は、現地土砂、現地礫のクラッシュ材、クラッシュランなど、内部材としての要求品質を満足する材料とする。

なお、JIS A 5001 の規格を満足するクラッシュランなどを内部材の材料として使用する場合は、適応性評価や配合試験を省略し、SBウォール工法研究会の「LUC-SBウォール工法示方配合」を適用することができる。

#### 【解説】

近年、SBウォール工法の内部材に使用する土砂は、現地土砂 100%にこだわることなく、現地土砂のSBウォール工法への活用計画量に対して不足する場合や、粘性土など使用材料の性状などによって要求品質（強度、締固め性状）が得られない場合など、現地礫の破砕材や、クラッシュランなどの礫質材料を補完材として混合するなど、柔軟に対応する事が一般的となっている。

また、これまで表土など、セメント水和反応を阻害する有機成分が含まれている土砂は、セメントによる固化が難しいとして、除外していたが、近年、製鋼スラグなどの改良材や、有機土砂対応のセメント系固化材がこれらの土砂に有効である事が確認され、有機土砂を砂防ソイルセメント材料として活用した事例も増えている。

このように、SBウォール工法の内部材に使用できる土砂の範囲は広がってきており、現地土砂の活用検討においては、従来の「現地の土砂がSBウォール工法の内部材材料として活用できるか、できないか」から、現地土砂の活用を前提とした「現地土砂の活用度を優先するか、コストを重視するか」に変わるなど、現場の施設計画条件を反映した計画が可能になっている。配合計画の検討に際しては、現場の条件を勘案し、適切な配合試験計画を立案する。

一方、JIS A 5001 の規格を満足したクラッシュランをSBウォール工法の内部材材料として使用する場合は、SBウォール工法研究会に、材料のミルシート、LUC工法許諾依頼書を提出することで、適応性評価や室内配合試験を省略して、研究会が発行する「LUC-SBウォール工法示方配合」を使用することが出来る。その際の単位セメント量は、 $100\text{kg}/\text{m}^3$ を標準とする。ただし、設計含水比や購入土の変化率を事前に設定する場合は、室内配合試験（単位セメント1ケース、3含水比）を実施することが望ましく、その性状を試験施工時に確認する。また、再生クラッシュランを使用する場合は同様の室内配合試験を必ず実施して示方配合を決定しなければならない。なお、骨材の最大寸法については、敷均し層厚の1/2程度以下とし、使用する機械、施工方法を考慮して適切に設定する。

## (2) セメント

SBウォール工法に使用するセメントは高炉セメント B 種（JIS R 5211）を標準とするが、他種類のセメントやセメント系固化材の使用を制限するものではない。

### 【解説】

使用するセメントは長期強度に優れ、六価クロムの溶出が少ない高炉セメントを標準としているが、土砂の性状や、施工条件などに応じて、それぞれの条件に適した種類のセメントやセメント系固化材を使用しても良い。

## (3) 水

水は通常の河川水を使用してよい。ただし、酸、塩類、有機不純物質など、内部材の凝結や強度発現に悪影響を及ぼし、鋼材を腐食させるような物質を多量（有害量）に含んでいる河川水については使用しない。

### 【解説】

内部材に使用する水は内部材の固化・硬化を妨げるものであってはならない。河川水などを使用する場合は、事前に水質試験（JIS A 5308 附属書 9 又は、JSCE-B101）を行い、セメント水和反応を妨げることを確認する。

### 3 室内配合試験に関連する試験項目

#### (1) 材料試験

材料試験は、配合試験に先だって材料の適応性の把握と、配合計算上必要な物性値を得る目的で実施する。

#### 【解説】

標準的な試験項目を表- 3.1 に示す。

表- 3.1 材料試験項目

試験項目	基準	目的
ふるい分け試験	JIS A 1102 or JIS A 1204	材料の物理特性値の把握
密度・吸水率試験※	JIS A 1109, JIS A 1110	
含水率（比）試験	JIS A 1125 or JIS A 1203	
締固め試験	JIS A 1210	単位体積重量および最適含水比の把握
有機不純物試験	JIS A 1105	有機不純物混入状況の把握のため。

※必要に応じて実施する試験項目

#### (2) 圧縮強度試験方法

圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行なうものとする。

#### 【解説】

室内配合試験で実施する圧縮強度試験は、供試体の作成方法は異なるものの、基本的に JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて実施する。

なお、SBウォール工法の内部材の目標強度が低いため、通常のコンクリート圧縮試験機で、JIS A 1108, 4のa)を充足しない場合は、土の三軸試験機を用いても良い。

#### (3) 六価クロムの溶出試験方法

六価クロム溶出試験は、環境庁告示 46号溶出試験に準じて行う。

#### (4) 水質試験方法

SB ウォール内部材の水質試験は JIS A 5308 附属書 9 又は、JSCE-B101 で実施する。

## 4 配合試験計画

### 4.1 室内配合試験手順

SBウォール工法の室内配合試験は、施設現場条件を反映し、目標とする品質（配合強度・締固め性状）を満足する示方配合を設定するため、適切な手順で実施する。

#### 【解説】

室内配合試験は、設計時に実施する場合と、本施工時に実施する場合があります、目的に応じて適切な手順で実施する。

室内配合試験の概略手順を示す。

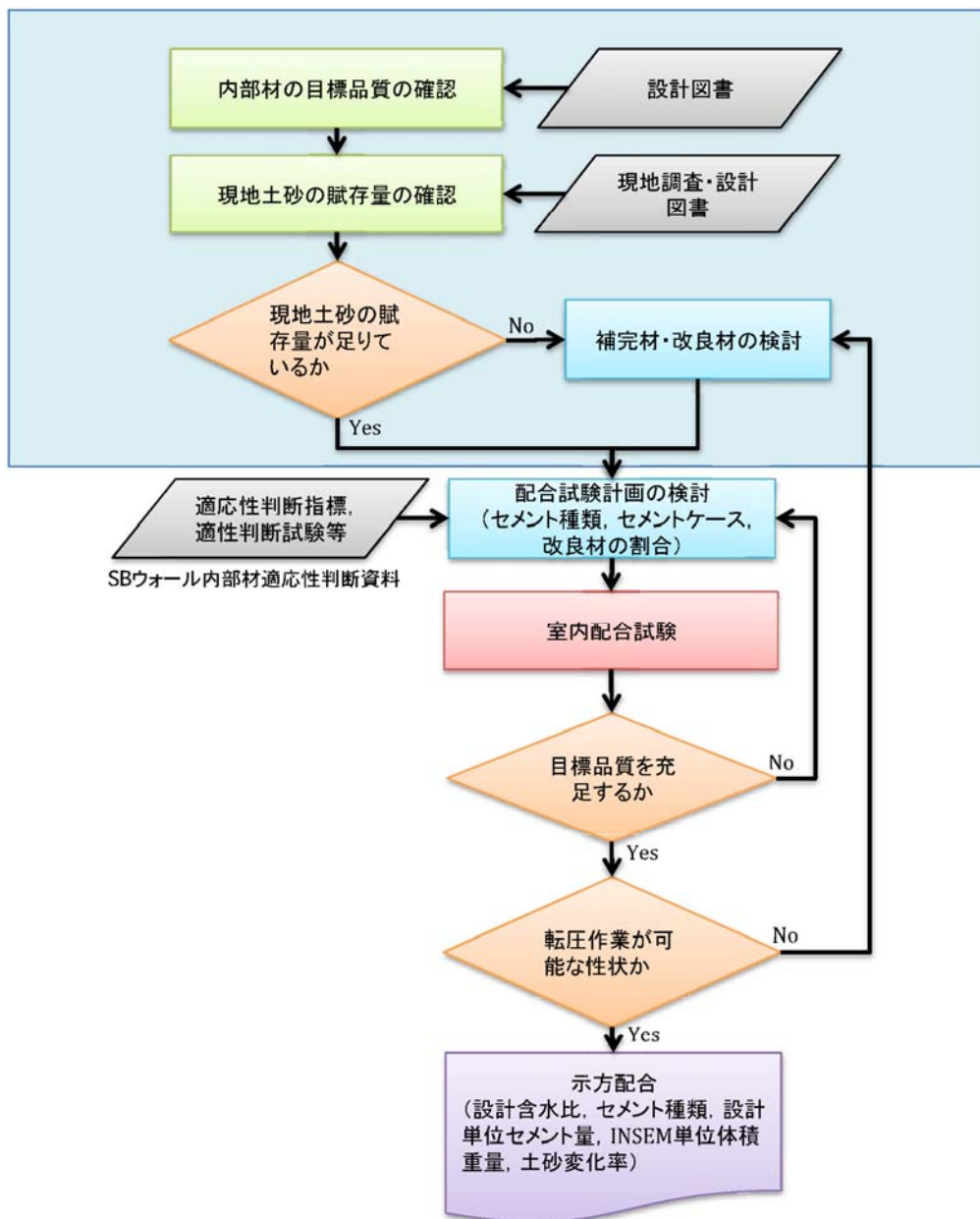


図- 4.1 示方配合検討概略手順フロー

## 4.2 配合試験計画の検討

配合試験計画の検討に際しては、SB ウォール工法研究会が提供する「土砂の適応性判断に関する資料および各種試験」などを用いて、事前に土砂の適応性概要を把握し、適切な配合試験計画を立案する。

### 【解説】

SB ウォール工法内部材の示方配合は、室内配合試験の $\sigma_{28}$ の圧縮試験結果で検討するため、適切な試験結果が得られなかった場合は、再試験にかかる費用、時間が増大することとなる。

このため、SB ウォール工法では、配合試験の手戻りが無い様、事前に適切で効率的な配合試験計画を検討する。

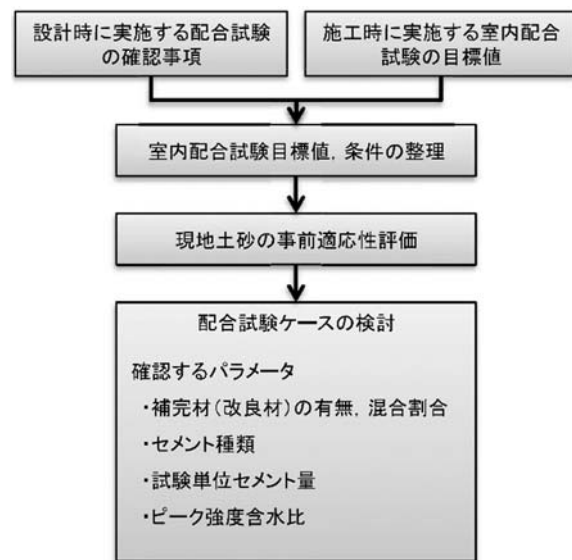


図- 4.2 具体的な配合試験計画の流れ

### (1) 室内配合試験目標値および条件の整理

配合試験計画の検討に際し、配合試験の目標値および条件を整理し、適切な配合試験計画を検討する。

### 【解説】

配合試験計画を検討する前に、室内配合試験の目標値および現地の条件を確認し、整理する。なお、設計時に実施する場合と、本施工時に実施する場合とでその条件は異なる。

#### 1) 設計時に実施する室内配合試験

設計時に実施する場合は、施設計画の現場条件を確認し、その条件に沿った試験計画によって配合試験を実施し、設計に必要な単位体積重量や単位セメント量などを得る事が主な目的となる。

以下に主な確認事項を表- 4.1 に示す。

表- 4.1 設計時に実施する配合試験の確認事項

確認事項	対応
目標強度の確認	概略の堰堤計画から、内部材の目標強度を確認し、配合試験計画を立案する
現場での土砂賦存量の確認	現場発生土砂が計画施設構築材料として、不足する場合は、補完材混合を前提とした配合試験計画を立案する。
土砂の処分施設などの有無 現場発生土砂活用の優先度の確認	土砂の活用度を優先する場合は、改良材の混合量低減に重点をおいた配合試験計画を立案する。 内部材コストを優先させる場合は、「LUC-SB ウォール工法 <sup>3</sup> 示方配合」を最大コストとした配合試験計画を立案する

## 2) 施工時に実施する室内配合試験

施工時に実施する場合は、すでに、設計段階で、内部材の目標強度、単位体積重量や補完材などの混合割合が決められているが、実施工時の土砂が、設計時の想定土砂と異なっている場合がある。

このため、施工時に実施する室内配合試験では、設計で設定した単位体積重量や目標強度の設定値を満足する配合試験計画を立案する必要がある。

なお、賦存量などの問題により、補完材の割合を設定している場合は、事前に変更可能な割合を確認する必要がある。

以下に、施工時の室内配合試験の目標品質の優先度を示す。なお、優先度 2～4 は、各項目が連動する場合が多い。

<sup>3</sup> LUC-SB ウォール工法とは、JIS で規格されたクラッシュラン (C-40) を、SB ウォールの内部材材料とする工法で、SB ウォール工法研究会が提供する LUC-SB ウォール工法示方配合 (単位セメント量 100kg) を用いることで、配合試験を省略する事が可能である。

表- 4.2 施工時に実施する室内配合試験の目標値

内部材の目標品質	解説	対処
設計単位体積重量	<p>内部材の単位体積重量は、堰堤の設計断面に影響するため、配合試験においては、設計単位体積重量を満足する配合を設定する必要がある。</p>	<p>補完材などの混合割合をパラメータとして設計単位体積重量を満足する配合試験計画を立案する。</p> <p>なお、補完材の混合割合は強度発現性にも影響するため、配合試験計画においては単位セメント量ケースの検討に反映する。</p>
設計目標強度	<p>設計目標強度は、堤体の内部応力に抵抗する強度を満足すること、さらにその性状は明瞭な剛体の性状を有する強度としている。</p>	<p>実現場の現地発生土砂の賦存量が異なった場合や、配合試験において目標強度を満足しない場合、あるいは混合後の性状が現場での転圧作業に適さない場合は、補完材などの混合割合をパラメータとした配合試験計画を立案する。</p> <p>また、現地発生土砂が有機性土砂であった場合や、現場条件から他種類のセメントが適していると判断された場合、セメント種類をパラメータとした配合試験計画を立案する。</p>

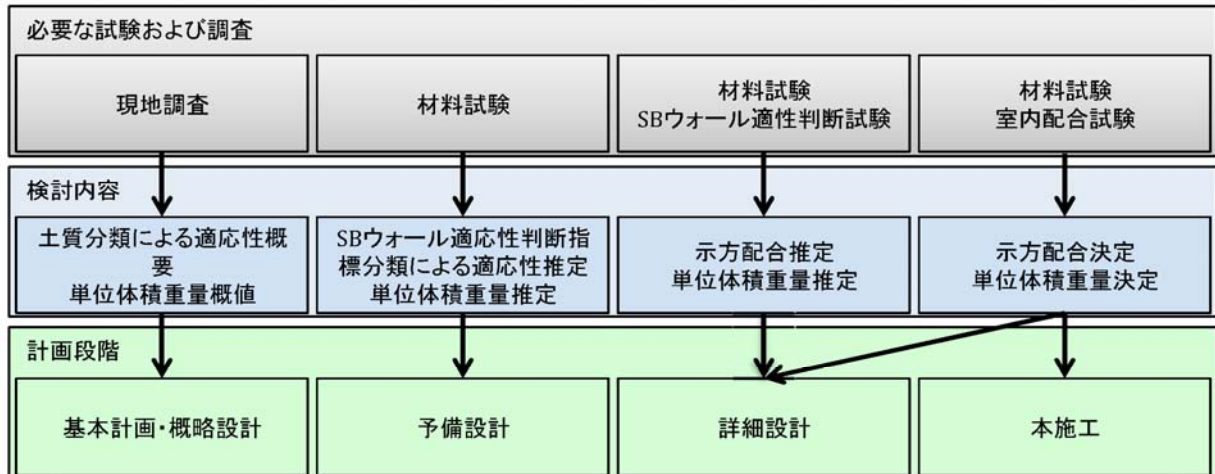
## (2) 現地土砂の事前適応性評価

配合試験計画の検討に際しては、SB ウォール工法研究会が提供する「土砂の適応性判断に関する資料および各種試験」などを用いて、事前に土砂の適応性概要を把握し、適切な配合試験計画を立案する。

### 【解説】

効率的な配合試験計画を立案するためには、予め内部材材料として、対象とする土砂の適応性を把握することが重要である。

SB ウォール工法において、事前に現地土砂の評価を行う場合は、図- 4.3 に示す SB ウォール工法適応性判断に関する資料などを活用し、適切に行うことが望ましい。



試験・検討項目	必要な調査・試験	概要	成果内容	活用目的	精度	調査時間
土質分類による適応性概略評価・単位体積重量評価	現地調査	SBウォール工法研究会がこれまで蓄積した配合試験データによる内部材への適応性と土質分類データを取りまとめた資料を参考に、現地土砂の内部材への適応性概要を取りまとめます。また、土質から内部材の単位体積重量の概値を算出します。	SBウォール内部材としての適応性の概要 内部材単位体積重量の概値	基本計画、概略設計で参照する資料	低	短
SBウォール適性判断指標分類	材料試験	SBウォール工法研究会がこれまで蓄積した配合試験データと土質試験データを統計分類した資料を用いて、改良材の要否、単セメント量の概値、単位体積重量の推定を行います。	SBウォール内部材としての適応性推定 単位体積重量推定	予備設計		
SBウォール適性判断試験	土質試験 適性判断試験	土砂のセメントによる固化効率を独自の試験方法で測定し、材料試験データとあわせて、統計処理することで、示方配合、単位体積重量を推定します。	示方配合推定 単位体積重量推定	詳細設計		
室内配合試験	土質試験 配合試験	SBウォール工法の配合試験マニュアルに基づいて配合試験を実施し、内部材の示方配合を決定します。	示方配合決定 単位体積重量決定	詳細設計 本施工	高	長

図- 4.3 SB ウォール工法，現地土砂の適応性判断に関する資料および各種試験



### (3) 現地土砂の適応性判断時の土砂採取方法

SB ウォール工法における適性判断試験では、材料試験にて得られた土砂の物性値及び有機不純物の有無による土質性状による確認や、固化効率試験での $\sigma_7$  日強度から、SB ウォール工法研究会の有する過去の実績データを用いて回帰分析し、単位セメント量と単位体積重量の推定を実施する。これは示方配合を決定する配合試験とは異なり、簡易的に INSEM 材としての適応性を確認する主に設計段階で実施する試験である。

試験に使用する土砂は、砂防ソイルセメントの材料として実施工段階に使用する土砂を想定し、現地にて土砂性状などについて確認した上で適切な採取場所を選定し実施する。

#### 【解説】

INSEM材として適応性が高い現地発生土砂は、一般的に砂礫系の土砂で粘土・シルト分や有機成分が少ない土砂である。有機成分が多く含まれる場合、セメントの水和反応が阻害され強度発現に支障をきたす可能性が高い。

有機成分は腐植土や土石流堆積物の細粒分に混入されることが多く、一般的には細粒分含有率が高いほど、有機成分が混入しやすい傾向にある。

常時流水が少ない箇所や土砂が滞留しているような箇所では、粘土・シルトの細粒分が多くなる傾向がある。また、植生が繁茂している箇所では細粒分からなる表土層が存在する。

その一方で常時流水が豊富な河道部においては、流水により細粒分が流出し良質の現地発生土砂を得ることが可能となる傾向がある。

したがって、土砂の採取にあたっては、「砂防ソイルセメント施工便覧平成28年版P. 30」を参考に、表土層を取り除くなど砂防ソイルセメントの材料として用いる土砂を想定した上で採取することが必要である。

計画地点における地質調査結果が得られている場合、柱状図や地質想定図から土砂採取位置を検討した上で土砂採取を行うことが有効である。また、試掘が可能であれば、目視により分類が異なると判断される土層区分において、それぞれの土質区分の土砂における活用の可能性の一つの判断指標とすることも可能である。

なお、適性判断試験を実施する対象土砂は、設計成果に基づいて工事で発生すると想定される土砂をサンプリングした土砂であるが、本施工時に使用する土砂と相違する可能性が考えられるため、土砂採取の実施地点を明確にし、施工段階の参考資料として図-4.4、図-4.5の様に採取状況を整理することが望ましい。

土砂採取箇所全景



土砂採取地点①



掘削地点：①河道部。現地盤より表層を取り除いた地点より下層。

目視評価：細粒分が多く，粘性土に近いと判断される。

触手評価：土を握った間隔では湿り気がやや高く，土がこびりつく感覚である。

図- 4.4 【参考1】現地土砂の採取状況



土砂採取地点②



掘削地点：②右岸側。現地盤より表層を取り除いた地点より下層。  
目視評価：細粒分は多いが、河道部に比べて粘性が低い。大きな礫は確認できない。  
触手評価：土を握った間隔ではざらつきがある感触である。

土砂採取地点③



掘削地点：③左岸側。現地盤より表層を取り除いた地点下層  
目視評価：草の根が多く高有機質土が予想される。黒っぽい土である。  
触手評価：土を握った間隔では湿り気がやや高く、サラサラと軽い感触である。

図- 4.5 【参考2】現地土砂の採取状況

#### 4.2.1 配合試験計画の詳細

配合試験計画は、室内配合試験により確認するパラメータを絞り、効率的な配合試験ケースを決定する。

##### 【解説】

配合試験計画は、最終的に、必要最小限の配合試験ケースを決定することに絞られる。配合試験ケースの検討については、次項を参照する。

##### (1) 補完材（改良材）の検討

現地土砂の賦存量が不足する場合や、単位体積重量を満足しない、強度発現性が低い、内部材練混ぜ後の性状が現地での締固め作業に適さないなどの場合に、礫質材料などを補完材（改良材）として混合する。

##### 【解説】

SB ウォール工法内部材では、以下の場合に、補完材や改良材の混合割合を推定する。

- ・ 現地土砂の賦存量が不足する  
不足する数量から、混合割合を決定する
- ・ 単位体積重量を調整する  
土砂、補完材の最大乾燥密度から、混合割合を推定する
- ・ 強度発現性の改善  
混合割合を 2 ケース程度変化させ、混合割合による強度発現性の改善効果を確認する
- ・ 締固め性状の改善  
粒度分布から、混合割合を推定する。

なお、改良材として使用する場合は、クラッシュラン、現地礫のクラッシュ材などの礫質材料を使用する。

## (2) セメント種類の検討

SBウォール工法の内部材の配合に使用するセメントは、高炉セメントを標準としているが、内部材の品質は、セメント水和反応による硬化を目的としているため、土砂の性状により、高炉セメントに限らず土砂の特性に適したセメントを使用する。

### 【解説】

SBウォール工法の内部材の品質は、セメント水和反応による硬化を目的としており、有機性土砂のように、高炉セメントでは、セメント水和反応が阻害されて硬化が期待できない場合などは、有機土砂対応のセメント系固化材などを使用する。

また、施工条件によって、早強セメントや、普通ポルトランドセメントなどの使用も可能である。

## (3) 試験単位セメント量の検討

SBウォール工法の室内配合試験で実施する試験単位セメント量のケースは、セメント量と強度の関係を確認するために実施する。

### 【解説】

配合試験計画で検討するセメント量のケースは、標準を3セメントケースとし、明瞭な水和反応による強度領域の単位セメント量を確認するために設定する。

なお、単位セメント量のレンジは、次の項目を参考とする。

- ・ 単位セメント量の間隔（レンジ）は50kg程度を標準とする
- ・ 単位セメント量ケースは図-4.6SBウォール工法内部材の単位セメント量とピーク強度の関係模式図に示す水和反応による強度領域を推定することを目的に3セメントを標準とする。
- ・ 事前適応性評価から、想定設計単位セメント量が100kg～200kgの場合は、100kg, 150kg, 200kgを標準とする。
- ・ 適応性の低い現地土砂の活用度を引き上げる場合など、想定単位セメント量が高い場合は、上限を300kg程度までとして、そのレンジは50kgを標準とする。

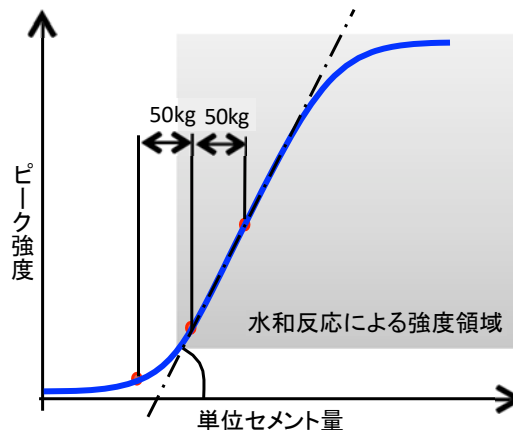


図-4.6 SBウォール工法の内部材の単位セメント量とピーク強度の関係模式図

#### (4) 試験含水比の検討

SB ウォール工法の内部材強度は、土砂含水比に大きく影響をうけるため、室内配合試験では、各セメントケースにおけるピーク強度含水比を確認する。

##### 【解説】

SB ウォール工法の内部材の強度は、同じセメント量でも含水比に大きく影響を受ける。特に、セメント水和反応による硬化を目的としているため、単位セメント量に応じて水和反応に必要な水量が異なるため、セメント量毎に、ピーク強度含水比は異なっている。

このため、SB ウォール工法の室内配合試験では、セメントケース毎に 3 ケースの試験含水比を標準とし、各試験含水比のレンジを 1.5%~2.5%程度として<sup>4</sup>必ずピーク強度含水比を確認することとしている。

試験含水比の設定においては、図- 4.7 土砂の試験含水比による強度発現性への影響に示すように、INSEM材への適応性が高い（少量のセメント量で高い強度発現性が得られる）土砂の場合、土砂の試験含水比が強度に大きく影響するため、試験含水比のレンジを広くすると、ピーク強度含水比の推定ができないため、試験含水比のレンジ設定は広くし過ぎないように留意する。

もし、ピーク強度含水比が 3 ケースで確認できなかった場合は、試験含水比を追加する必要がある<sup>5</sup>ので、事前にピーク強度含水比を推定する事が望ましい。

---

<sup>4</sup> 最大乾燥密度が 13.0kN/m<sup>3</sup>以下となるような特殊土砂の場合は、試験含水比レンジを 3%程度に広げる場合もあるが、礫質材料などは、ピーク強度含水比の幅が狭いため、試験含水比レンジを広く取ると明瞭なピーク強度含水比が確認できない。

<sup>5</sup> SB ウォール工法の配合試験積算は、ピーク強度含水比を確認するために試験含水比ケースを追加する場合を想定しているため、ピーク強度含水比を確認するために試験含水比ケースを追加しても追加費用は発生しない。



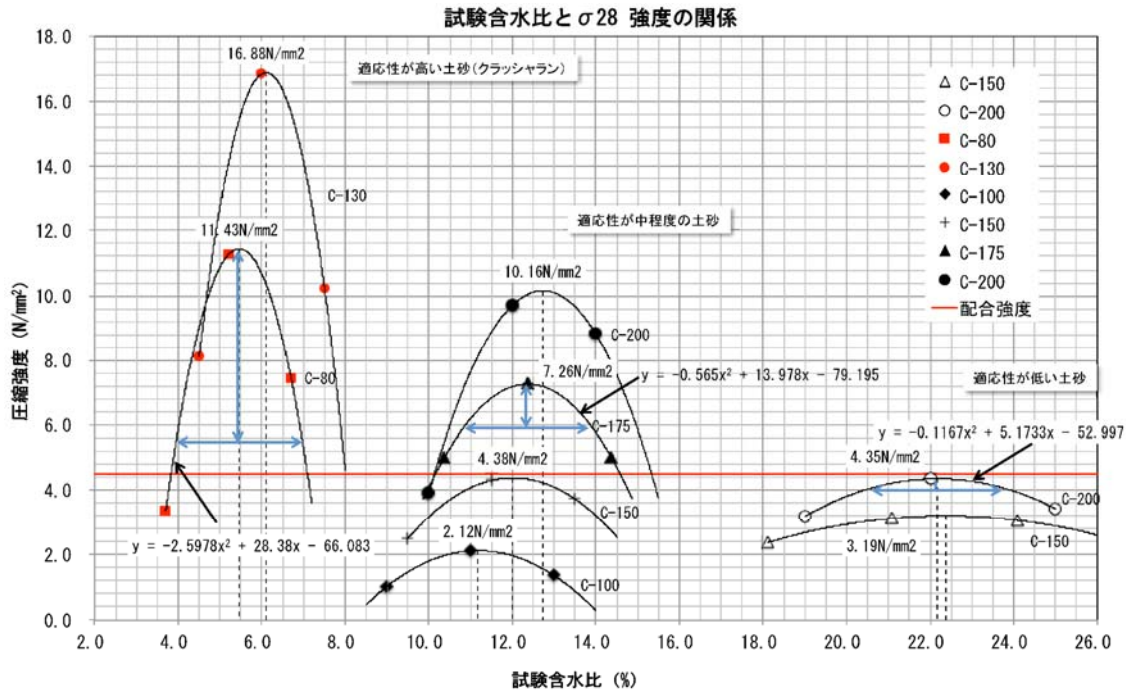


図- 4.7 土砂の試験含水比による強度発現性への影響

なお、ピーク強度含水比は、配合試験計画時に推定することが難しいため、計画においてはケース数だけ計画し、実際の試験含水比は配合試験時に混合状況を確認しながら設定する場合が多い。

一般的な SB ウォール工法の内部材の試験含水比と強度の関係図を図- 4.8 に示す。

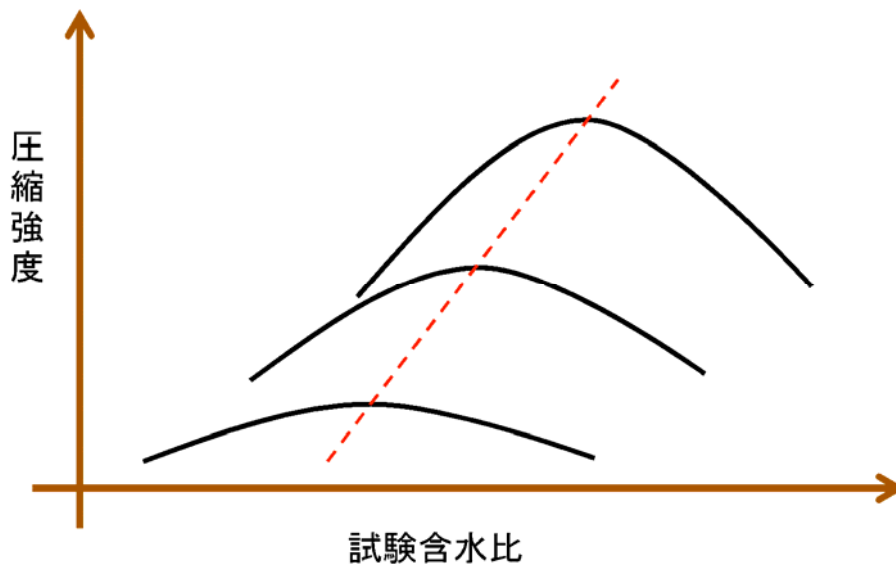


図- 4.8 SB ウォール工法内部材の試験含水比と強度の関係模式図

### 4.3 配合試験計画書の作成

室内配合試験の目的条件や目標品質や、配合試験によって確認するパラメータ，それに必要な配合試験ケース案を，配合試験計画書として取りまとめる。

**【解説】**

配合試験計画の妥当性を，事前に発注者および関連機関に確認する。

以下に，配合試験ケース案の事例を示す

表- 4.3 標準的な配合試験ケース案事例

配合 ケース	混合割合 (%)		セメント 種類	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	試験含水比 (%)			配合数
	試料-1	現地礫 破砕材			$\omega_{n-2.5}$	$\omega_n$	$\omega_{n+2.5}$	
Case-1	70	30	高炉 B.B	100	○	○	○	3
Case-2	70	30	高炉 B.B	150	○	○	○	3
Case-3	70	30	高炉 B.B	200	○	○	○	3



## 5 配合試験の詳細

### 5.1 使用機材

一般的な室内配合試験で使用する機材は、次のとおりである。

#### (1) 内部材混合ミキサー

混合用ミキサーは、コンクリート用の機材を使う。なお、試料が粘性土の場合、可傾式ミキサーは、混合性能が著しく低下する場合があるため、パン型、強制二軸などの機材を用いることが望ましい。



写真- 5.1 室内配合試験で使用する混合機械

#### (2) 供試体作成用締固め器具

供試体作成時に、締固めを行う機材として、電動ハンマーを用いる。

なお、専用アタッチメントは、SB ウォール工法研究会で提供しているほか、一般流通しているものを使用して良い。



写真- 5.2 締固め器具  
配合試験マニュアル-23

### (3) 計量秤

混合材料の計量に用いる。土砂の計量は、ひょう量 30kg、最小表示 5g 程度のものを、セメント量、水量、供試体重量測定には、ひょう量 20kg、最小表示 1g 程度のものが一般的である。



写真- 5.3 計量秤

### (4) 供試体用形成型枠

供試体用の形成型枠は、鋳物製や、ブリキ製、プラスチック製、紙製などいろいろな種類のものがあるが、供試体作成作業に支障がないものを用いる。



写真- 5.4 モールド

## (5) フェノールフタレイン溶液

内部材の混合状況を確認するために使用する。一般的には、1%溶液を使用する。

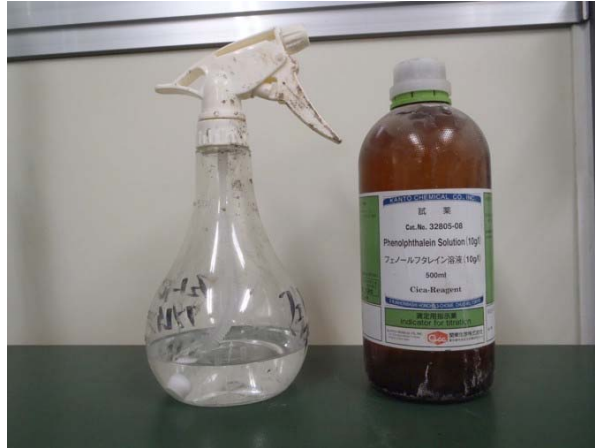


写真- 5.5 フェノールフタレイン 1%溶液

## (6) スランプ測定器具

SB ウォール工法の内部材は、ゼロスランプを標準としており、配合試験時にスランプ測定をするために使用する。



写真- 5.6 コンクリート用スランプ測定機器

## 5.2 室内配合試験材料の計量

SB ウォール工法の室内配合試験は、実現場での施工を想定したものであり、配合試験の結果が、施工現場で再現できる様、計量方法を決定しなければならない。

### 【解説】

配合は、内部材品質に大きく影響するため、その計量については、適切な方法で実施する必要がある。

特に、SB ウォール工法の室内配合試験は、施工現場での再現性を重要視しており、計量作業は、適切に行う必要がある。

なお、室内配合試験での計量は、内部材  $1.0\text{m}^3$ =締固めた試験試料（土砂） $1.0\text{m}^3$ 当たりの単位量を元に、室内配合試験で製造する混合数量にあわせて計算する（参照；2.1章参照）。

### (1) 試験土砂（試料）の計量

試験試料の  $1.0\text{m}^3$  の重量は、最大乾燥密度の 95%以上とする。

また、現場での土砂を計量するための、土砂容積変化率（締固め前土砂容積/締固め後土砂容積）を測定する。

### 【解説】

SB ウォール工法では、内部材  $1.0\text{m}^3$  は、締固めた内部材土砂  $1.0\text{m}^3$  としている。

室内配合試験では、試験試料を重量計量するため、締固めた土砂  $1.0\text{m}^3$  の重量を突固め試験結果から以下のとおり推定する。

1. 突固め試験の最適含水比に調整した試料（土砂）を作成する。
2. 供試体を作成する方法で、土砂だけの供試体を作成する。
3. 供試体の正味重量から、乾燥密度を算出する。



写真- 5.7 試験試料の土砂容積変化率測定状況  
（締固め前の  $0.1\text{m}^3$  重量を測定し、最大乾燥密度との比率を計算する）

4. 算出した乾燥密度が、材料試験でえられた最大乾燥密度の 95%以下の場合は、土砂 1.0m<sup>3</sup>の重量は最大乾燥密度の 95%とし、95%以上の場合は、最大乾燥密度 100%重量を土砂 1.0m<sup>3</sup>とする※。
5. 二種類以上の試料を混合する場合は、試料単体の最大乾燥密度を単純に合成した値と混合後の乾燥密度の値が大きく異なる場合があるため、混合後の試料だけの供試体を作成し、各試料の混合時の最大乾燥密度を補正する。

※ 室内配合試験で実施した乾燥密度が材料試験で得られた最大乾燥密度の 85%以下となる場合や、100%を超える場合は、材料試験の試料と配合試験試料が相違している可能性があるため、確認を要す。

また、SB ウォール工法内部材の実施工では、土砂の計量は容積計量で行うため、写真-5.7のように、締固め前と締固め後の容積変化率（土砂容積変化率）を測定する。

なお、試料が 2 種類以上ある場合は、それぞれの土砂容積変化率を測定する必要がある。

## (2) 加水量

加水量は試験含水比から試験試料の混合前含水量を差し引いた量とし、次式で求める。

$$W' = \rho_d (W/100) - \rho_d (Z/100)$$

$W'$  : 加水量 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $W$  : 試験含水比 (%)  
 $\rho_d$  : 材料の乾燥密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $Z$  : 材料の混合前含水比 (%)

## (3) セメント量

セメント量は、重量計量とする。

### 【解説】

セメント量は、室内配合試験、実施工現場とも、重量計量で行う。

#### (4) 補完材などの混合比率

補完材などの混合比率は、容積率で行う。

##### 【解説】

改良材の混合比率は、容積比で示しており、留意する。

なお、単位容積重量の設定は、前項の「試験土砂（試料）の計量」のとおりとする。



室内配合試験計量計算シート

配合試験ケース Case2-2 配合

A 試料1	現地土砂	70%
B 試料2	現地礫破砕材	30%
C 単位セメント量		150kg
D 試験含水比		13.0%

供試体サイズ	125mm×250mm
製造供試体数量	6本
E 1バッチ混合量	30.0リットル

計量計算

試料1投入量計算

項目	単位	計算結果	備考
① 最大乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.899	材料試験より（簡易締固め試験による補正）
② 内部材締固め乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.804	① × (0.95~1.00)
③ 混合前含水比	%	11.81%	室内含水比測定から
④ 内部材1m <sup>3</sup> 当たり投入量	kg	1411.937	② × (1 + ③) × A × 1000
⑤ 1バッチ当たり投入量	kg	42.36	④ × (E/1000)

試料2投入量計算

項目	単位	計算結果	備考
①' 最大乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.928	材料試験より（簡易締固め試験による補正）
②' 内部材締固め乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.832	①' × (0.95~1.00)
③' 混合前含水比	%	0.49%	室内含水比測定から
④' 内部材1m <sup>3</sup> 当たり投入量	kg	552.293	②' × (1 + ③') × B × 1000
⑤' 1バッチ当たり投入量	kg	16.57	④' × (E/1000)

加水量計算

項目	単位	計算結果	備考
⑥ 試料1内部材締固め乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.804	②
⑦ 試料2内部材締固め乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.832	②'
⑧ 混合試料内部材締固め乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.812	② × A + ②' × B
⑨ 試料1混合前含水比	%	11.81%	③
⑩ 試料2混合前含水比	%	0.49%	③'
⑪ 試験含水比	%	13.0%	D
⑫ 1m <sup>3</sup> 当たり加水量	kg	83.73	⑧ × 1000 × ⑪ - (⑥ × A × ⑨ + ⑦ × B × ⑩)
⑬ 1バッチ当たり加水量	kg	2.512	⑫ × (E/1000)

セメント量計算

項目	単位	計算結果	備考
⑮ 1m <sup>3</sup> 当たり添加量	kg	150	C
⑯ 1バッチ当たり添加量	kg	4.500	C × (E/1000)

## 5.3 室内配合試験の測定方法および作業

### (1) 含水比測定方法

含水比測定において、室内配合試験時と施工現場との測定方法が異なる場合、双方の測定方法による含水比の補正率を測定する。

#### 【解説】

含水比測定方法としては、フライパンや、電子レンジによる加熱により測定する方法と、乾燥機で行う方法がある。

加熱による測定方法では、試料が高温となるため、水分だけでなく、有機分も炭化するため、測定方法によって、測定値が大幅に異なる場合がある。

現場では、基本的に加熱による含水比測定が多いため、室内配合試験時に補正率を計測しておく事が望ましい。



写真- 5.8 含水比測定（左：フライパン法・右：電子レンジ法）

表- 5.2 フライパン法による含水比測定の補正事例

試験前試料含水比試験				
試験試料数	2	フライパン法	乾燥機	補正率
土砂名:入力してください		(%)	(%)	(%)
No. 1	120.19%	120.19%	98.94%	82.07%
No. 2	3.84%	3.84%	3.77%	97.92%



## (2) 供試体作成方法

供試体サイズは、125mm×250mm を標準とし、試料は、40mm でスクリーニングする。

供試体作成方法は、混合した内部材を 3 層に分けて投入し、混合材料が十分に充填されるよう作成する。

### 【解説】

SB ウォール工法の室内配合試験では、試験ケースの配合の強度発現性を確認することに重点をおいている。このため、供試体作成においては、テーブルバイブレータや、突き棒などによって、混合材料が十分、充填されるよう作成する。

## (3) 養生方法

供試体の養生は、標準養生あるいは、湿潤養生とする。

### 【解説】

供試体の強度は、養生条件に影響をうけるため、試験結果の再現性を高めるためにも、室内配合試験の供試体は、一定の温度、湿度の中で養生する必要がある。

また、室内配合試験の環境条件を一定にすることで、施工現場では、室内配合試験の環境条件を勘案した施工計画が立案することができる。

## 5.4 配合試験の手順

室内配合試験は、実現場での施工を想定して、適切な手順で実施する。  
また、その結果は、現場において再現できることに重点をおかなければならない。

### 【解説】

室内配合試験は、施工現場での内部材施工を想定し、試験結果が施工現場で再現できることを前提としなければならない。

よって、施工時と異なる計量や、測定がある場合は、その整合をとるための処置を行う。

なお、室内配合試験の目的は、配合による強度発現性を確認する事に重点をおいており、締固め効率は、試験施工にて実施する。

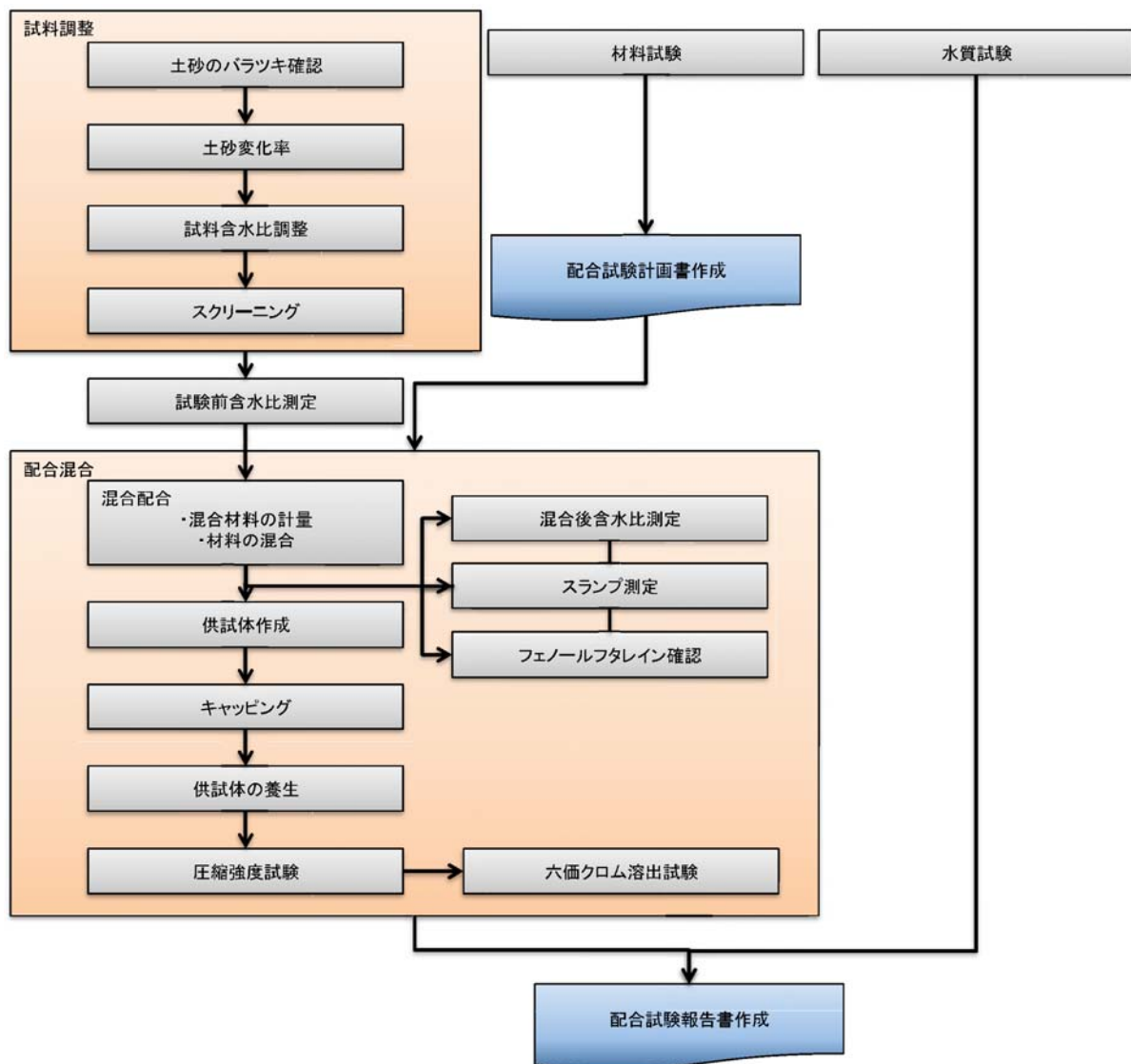


図- 5.1 配合試験フロー

## 標準的な配合試験手順

### 1. 土砂容積変化率の測定

自然含水比状態で、土砂の容積変化率を測定。

右の写真は、締固め前の土砂  $0.1\text{m}^3$  を測定し、締固め後の土砂重量との比率から、変化率を測定している。



### 2. 試料調整

試験前に、試料のバラツキ確認と、含水比を調整。

室内配合試験は、土砂の含水比と強度の関係から、ピーク強度含水比を確認する事が重要であるため、含水比調整は重要である。



### 3. スクリーニング

試料を 40mm アンダーで篩分けする。



### 4. 試験前含水比測定

試料調整後、試料の試験前含水比を測定する。試料採取に際しては、全体の粒度と採取試料の粒度が同じなるよう留意する。



### 5. フライパン法による含水比測定

室内配合試験時の含水比測定方法と、施工現場での測定方法が異なる場合、双方の方法で含水比測定を行い、補正値を事前に確認する。



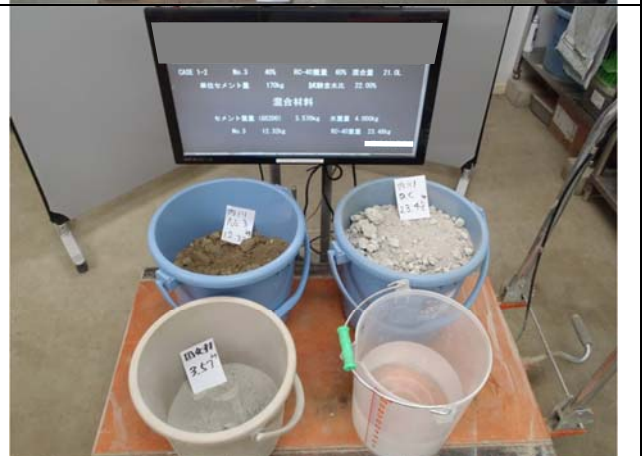
### 6. 混合材料計量

配合計算例をもとに、配合材料の計量を行う。



### 7. 混合材料の確認

混合前に、配合材料の状態を確認する。



### 8. 材料投入

混合材料を、試料→セメント→試料の順で投入する。





### 9. 空練り

水を加える前に、試料とセメントをミキサーで1分ほど混合し、混合状態を確認する。



### 10. 加水

空練り後、加水する。

なお、土砂によっては、水を吸水により、練混ぜ後の性状が異なる場合があるため、適度なスピードで加水する。



### 11. 本練

約3分程度を目処に、全体がむら無く練り混ぜられるまで混合する。



### 12. 混合状況確認

練混ぜ後性状を確認する。

なお、SBウォール工法の施工現場では、練混ぜ後の性状から、加水量を調整するため、混合後の性状が判るよう、記録する。



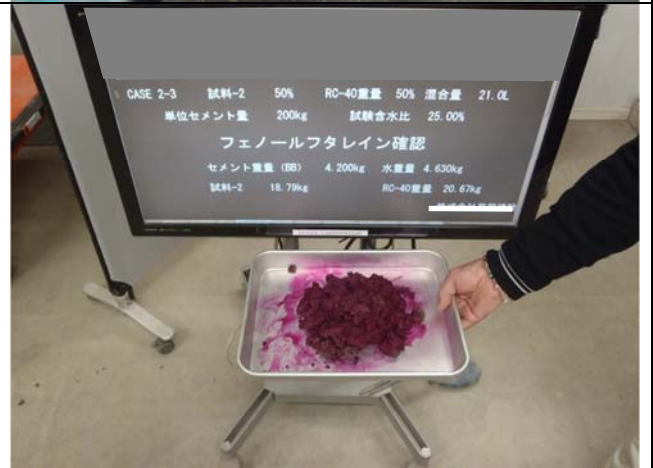
### 13. スランプ測定

前項と同様に、性状を確認するため、上限試験含水比のケースにおいては、スランプ測定を行う。



### 14. フェノールフタレイン確認

練混ぜ状態を、フェノールフタレイン溶液により、確認する。



### 15. 混合後含水比測定

混合後の含水比を測定する。



### 16. 供試体作成

SB ウォール工法は、密度による強度領域ではなく、水和反応による強度領域であるため、配合による強度発現性を確認するため、内部材が十分充填されるよう、供試体を作成する。





### 17. 供試体のキャッピング

キャッピング作業を行う。



### 18. モールド脱型

室内配合試験では，標準養生，湿潤養生を標準としているため，コンクリート供試体と同様に脱型を行う。



### 19. 養生

室内配合試験の養生は，準養生，湿潤養生を標準とする。



### 20. 圧縮強度試験

$\sigma_7$ ， $\sigma_{28}$ を測定する。

なお，試験は，JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行なう。



配合試験記録用紙事例

記 録 者 _____		配合材料		主材料:G	副材料:S
		配合比			
		材料混合率		%	%
試験日:平成 年 月 日 AM/PM		気温	°C	LUC温度	°C
配合名:CASE C - W -		1バッチ当りの配合量	リットル	モールド寸法	
実施配合 (1m <sup>3</sup> 当り)	セメント C(kg)	加水量 W'(kg)	主材料 G (kg)	副材料 S (kg)	単位水量 W(kg)
1バッチ当りの 配合計量値	セメント C(kg)	加水量 W'(kg)	主材料 G (kg)	副材料 S (kg)	
練り混ぜ時間	空練り	分 秒	本練り	分 秒	
締固め時間	1層目	秒	2層目	秒	3層目 秒
練り混ぜ後含水率	容器No				
	m <sub>a</sub> g				
	m <sub>b</sub> g				
	m <sub>c</sub> g				
	ω %				
供試体(1)	モールドNo	モールド	モールド+供試体	供試体	締固め
	1	g	g	g	回 層
	2	g	g	g	回 層
	3	g	g	g	回 層
供試体(2)	モールドNo	モールド	モールド+供試体	供試体	締固め
	4	g	g	g	回 層
	5	g	g	g	回 層
	6	g	g	g	回 層
六価クロム供試体	7	g	g	g	回 層

※ m<sub>a</sub> : (試料+容器)質量  
 m<sub>b</sub> : (乾燥試料+容器)質量  
 m<sub>c</sub> : 容器質量

$$W = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$