

現地土砂の INSEM 母材適応性確認手法について

SB ウォール工法内部材の適応性判断体系について
現地土砂の INSEM 母材適応性確認手法

平成 23 年 3 月

SB ウォール工法研究会

目 次

1. SBウォール工法研究会のSBウォール内部材の適応性判断試験体系.....	3
2. SBウォール内部材（INSEM材）適性判断指標分類の概要.....	4
2.1. 適性判断指標分類の事例.....	5
3. INSEM材適性判断試験の概要.....	6
4. 単位体積重量の推定.....	10
4.1. 単位体積重量の推定事例.....	10
5. INSEM材適性判断試験の事例.....	11
5.1. 現地土砂のセメント固化効率推定式.....	11
5.2. 推定単位セメント量.....	11

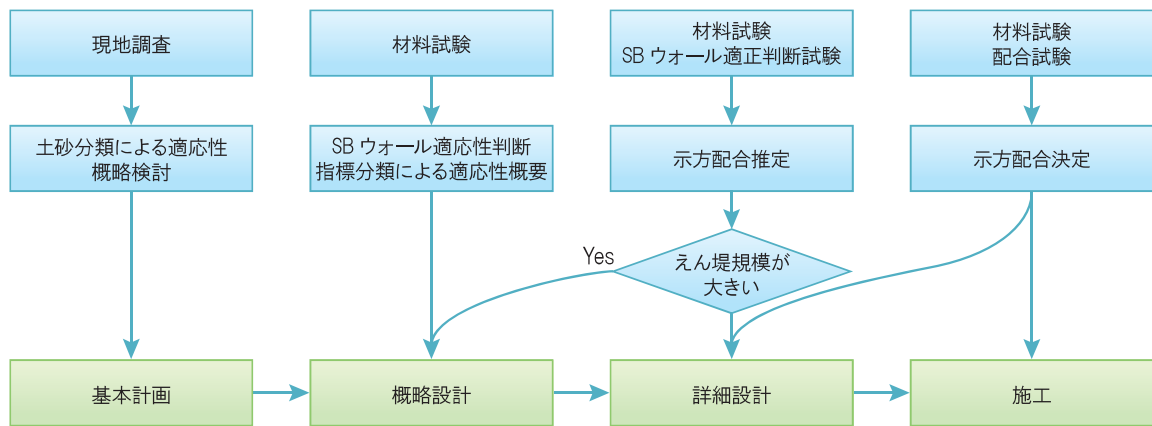
1. SBウォール工法研究会のSBウォール内部材の適応性判断試験体系

SBウォール工法は、内部材をL.U.C.工法やINSEM工法で構築することを特徴としています。

これらの工法は、現地土砂をそのまま活用することから土砂の種類によっては要求品質を満たすことができない場合や、設計時に確認した土砂と施工時に掘削した現地発生土砂が異なる場合などの問題が懸念されます。

SBウォール工法研究会では、このような現地土砂の活用に関する様々な不確定要素に対し、設計から施工までの各段階における効率的な試験方法等、土砂の適応性に関する確認手法を研究し、これを体系化しております。

■現地土砂のSBウォール適応性判断に関する資料および各種試験■



※現地土砂を使用せず、クラッシャーで施工(L.U.C.工法)する場合は配合試験は必要ありません。

確認方法	参考資料及び試験	概要	結果項目	必要なデータ	精度	調査時間
現地調査による適応性検討	土砂分類による適応性概略検討	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砂分類データを取りまとめた資料を参考に土質を想定して適応性の概要を検討します。	地形や地質データから、現地土砂の特性を推定 基本的なSBウォールへの適応性の概略検討	現地調査	低	短
土質試験による適応性検討	SBウォール適応性判断指標分類表(※)	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参照して、適応性を検討します。	現地土砂のSBウォールへの適応の可否や改良の要否、単位セメント量のおおまかな推定 単位体積重量の推定	土質試験		
SBウォール適正判断試験による示方配合推定	セメントの固化効率測定試験(※)による推定	現地土砂とセメントとの固化効率を測定し、SBウォール工法研究会が蓄積した配合試験データで統計処理することで、示方配合を推定します。	単位セメント量の推定 改良割合の推定(要否) 単位体積重量の推定	土質試験 適正判断試験		
配合試験による示方配合検討	配合試験による示方配合決定	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。	内部材の示方配合を決定 ・単位セメント量 ・改良割合(要否) ・設計含水比 ・単位体積重量	土質試験 配合試験	高	長

※SBウォール適正判断試験及び適応性判断指標分類表は、SBウォール工法で蓄積された配合試験データを元にした当工法独自の試験です。

2. SB ウォール内部材（INSEM 材）適性判断指標分類の概要

適性判断指標分類とは、SB ウォール工法研究会で保有する 1600 件（H23.3 現在）余りの配合試験データを元に、材料試験データと配合試験結果を統計分析し、材料試験データから土砂の INSEM 母材としての適応性の傾向を判断するものです。

INSEM 材の示方配合を推定する迄の精度はありませんが、材料試験結果から SB ウォール工法研究会の保有する配合試験結果の傾向を確認することが可能です。

設計時等において、材料試験結果から土砂の INSEM 材への適応性を判断する際に有効です。

現地土砂の INSEM 母材適応性確認手法について

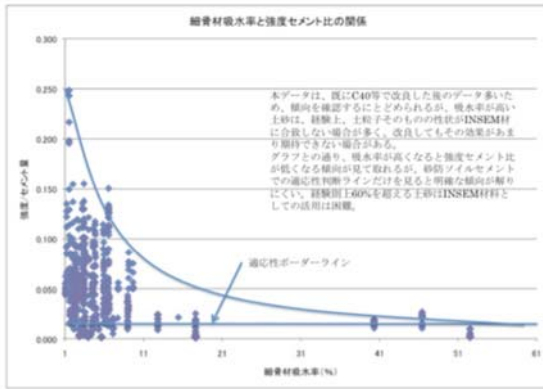


図 1 細骨材吸水率と強度セメント比の関係

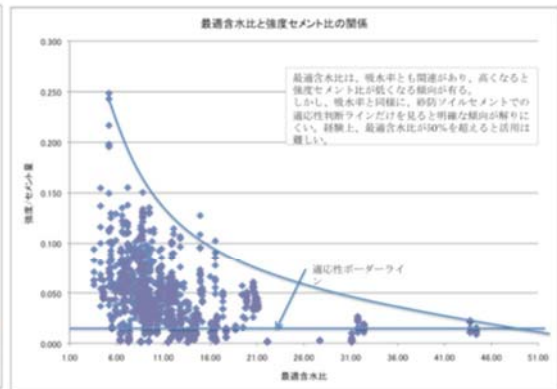


図 2 最適含水比と強度セメント比の関係

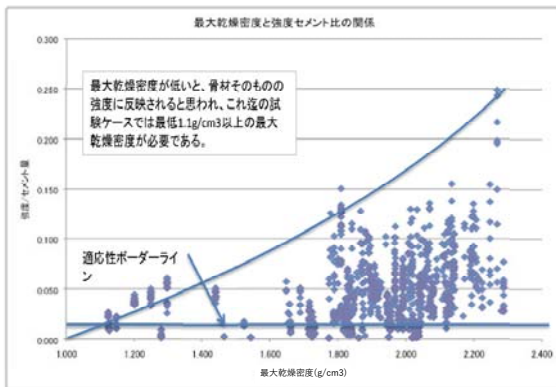


図 3 最大乾燥密度強度とセメント比の関係

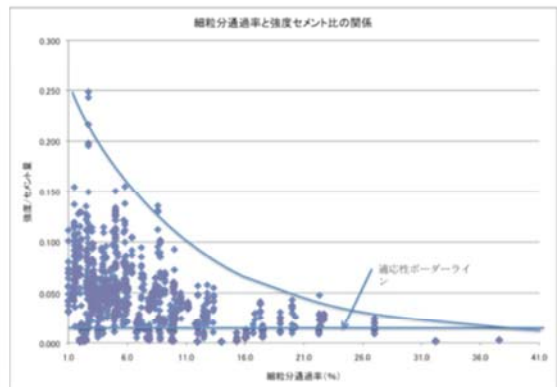


図 4 細粒分通過率と強度セメント比の関係

2.1. 適性判断指標分類の事例

土質試験によるINSEM材適応性指標チャート

※外側にむけて、適応性が高いことを示します。
 ※要因重要(優先)度は、最適含水比・吸水率 > 最大乾燥密度 > 細粒分通過率です。
 ※本分類データは、SBウォール工法研究会がこれまで実施した配合試験結果を基に分類したものです。

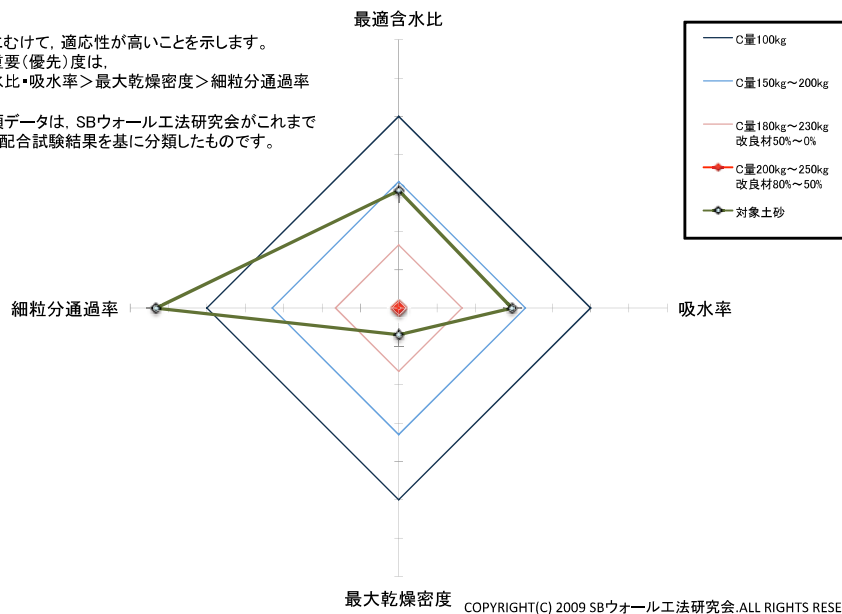


図- 1 適応性指標分類結果事例

3. INSEM 材適性判断試験の概要

砂防ソイルセメント工法は、その品質を強度で管理することを基本としており、INSEM 材の適応性が高い土砂とは、少ないセメント量で高い強度を発現する土砂であると言えます。

現状では現地土砂の INSEM 材への適応性を確認する手段として、配合試験によって単位セメント量と強度を確認することが一般的です。

INSEM 工法の配合試験は INSEM 材の強度とその強度を発現するための「単位セメント量」、「設計含水比」を確認するものですが、INSEM 材の強度は、次図の「配合試験結果例」のとおり、

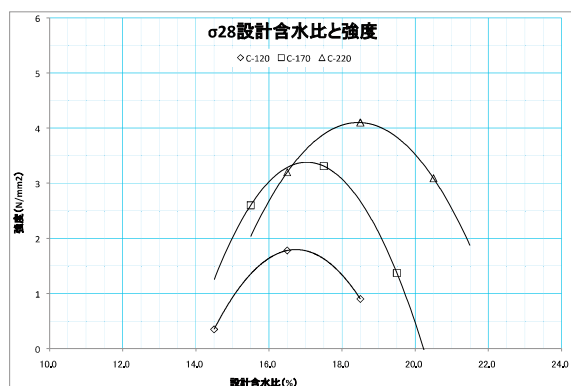


図 3-1 配合試験結果例

同じ単位セメント量であっても、含水比によって強度発現が大きく異なるため、試験のパラメータは単位セメント量と設計含水比の 2 種類となり、一般的に配合試験の配合数は 9 ケース以上が必要となります。

さらに配合試験の結果、強度発現が目標値を満たさなかった場合、固化材や改良材の検討を追加して行うことも想定され、養生に要する時間と費用は増加の一途をたどる事となります。

一方、計画時や設計時での INSEM 工法の検討に必要な情報は

- ・ INSEM 工法の採用が可能かどうか。(目標強度品質を満足土砂か)
- ・ 目標強度品質を満足するために必要な単位セメント量。
- ・ 構造の安定計算に採用する単位体積重量。

と考えられ、設計含水比情報は必要なく、さらに設計時に採取する土砂は、工事で発生する土砂を想定したサンプリング土砂である事から、本施工時に発生した土砂とのバラツキが予想され、単位セメント量や単位体積重量の設定に際しては安全側に設定する必要があります。

これらの状況をふまえれば、設計時に必要な現地土砂の INSEM 材への適応性に関する情報としては

- ・ INSEM 工法に現地土砂の適用が可能か。(現場での強度コントロールができ、安定した品質確保が可能な土砂か)
- ・ 現地土砂 100% で適用が困難な場合、改良等によって活用が可能か
- ・ 目標品質を充足する単位セメント量の概量はどのくらいか、また改良の割合はどの程度か
- ・ 構造安定計算に採用する単位体積重量はどの程度が妥当か

となります。

INSEM 材適性判断試験は設計時に要求される、INSEM 工法への適応性判断と単位セメント量、単位体積重量を推定する事を目的として、SB ウォール工法研究会がこれまで実施してきた配合試験データを様々なパラメータで分析し、INSEM 材の適応性が高い土砂の定義を、「セメント量の

現地土砂の INSEM 母材適応性確認手法について

増加に伴う強度増加率が高い土砂（セメント固化効率）」と定義して、このセメントによる固化効率を簡便な試験とこれまでの配合試験データによる統計解析により推定するものです¹。

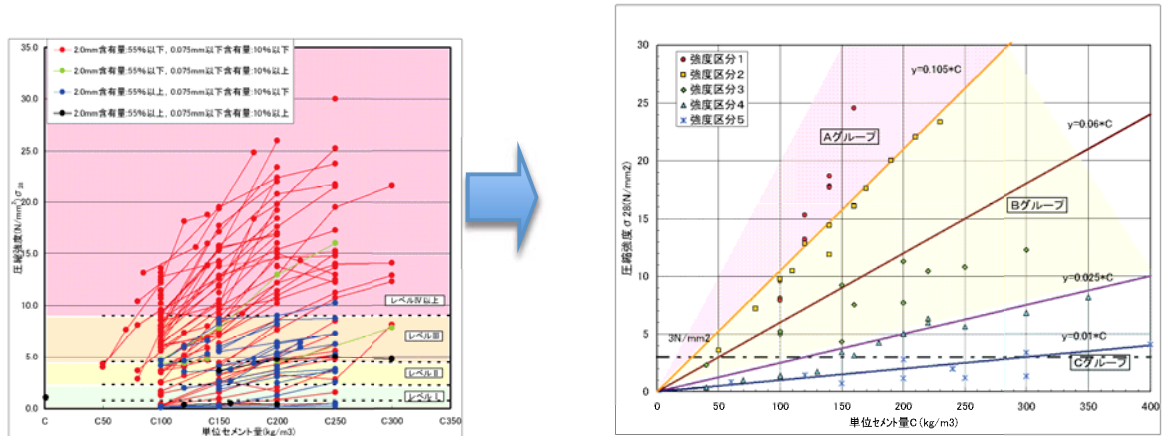


図 3-2 左) 配合試験結果、 右) セメント固化効率での分類模式図

(1) INSEM 材適性判断検討のフロー

INSEM 材の適性判断試験フローは以下のとおりです。試験期間は材料試験結果を取得してから約 10 日です。

なお、材料試験内容は配合試験で実施する項目に準拠しています。

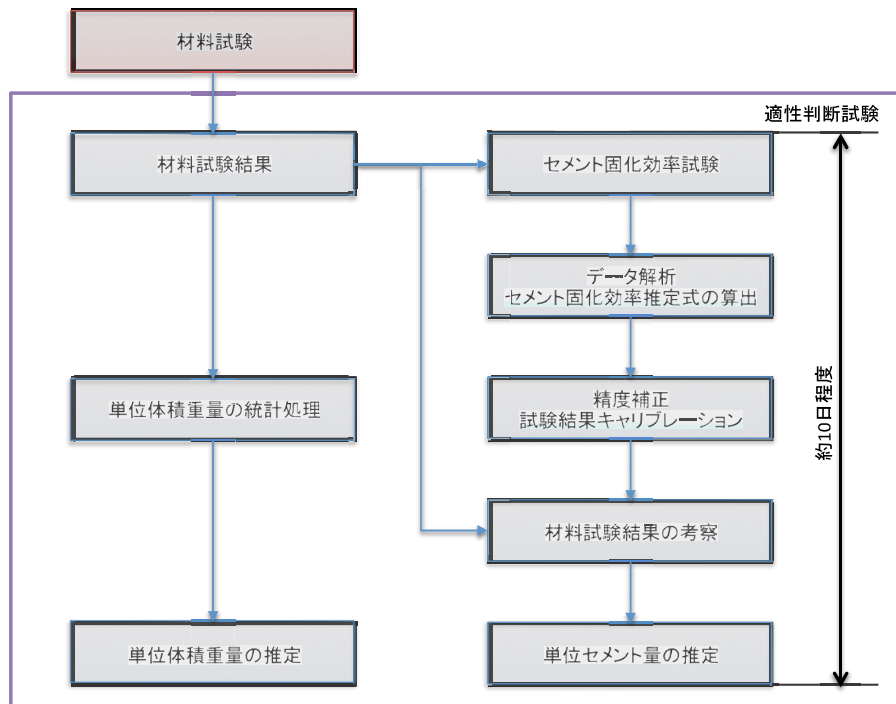


図 3-3 INSEM 材適性判断試験フロー

¹ INSEM 材適性判断試験は、設計含水比の推定は行っておりません。このため、本施工前には、配合試験を実施し、示方配合を確認する必要があります。

表 3-1 材料試験項目

試験項目		試験方法 JIS規格
1. 土の粒度試験(%)	礫分	A 1204
	砂分	
	シルト・粘土分	
2. 土粒子の密度試験(g/cm ³)		A 1203
3. 細骨材の密度及び吸水率試験	表乾比重(g/cm ³)	A 1109
	絶乾比重(g/cm ³)	
	吸水率(%)	
4. 粗骨材の密度及び吸水率試験	表乾比重(g/cm ³)	A 1110
	絶乾比重(g/cm ³)	
	吸水率(%)	
5. 突固めによる土の締固め試験(E法)	最大乾燥密度(g/cm ³)	A 1210
	最適含水比(%)	
6. 土の自然含水比試験(%) (参考)		A 1203

(2) セメント固化効率試験の概要

セメント固化効率試験²は、土砂とセメントの水和反応率を測定する事を目的としています。このため、各試験体の単体強度そのものは余り重要ではなく、配合試験の強度との関係はありません。

1. 土砂の含水を一定条件となる様、試料を調整する。
2. 一定の量の基準材料を混合する。
3. セメント量 150kg、250kg の二種類の異なるセメント量と一定量の水を加えて混合した供試体を各 3 本、計 6 本作成し、7 日強度を測定する。

(3) セメント固化効率推定式

これまでの配合試験結果から、INSEM 材の単位セメント量と強度の関係は、ほぼ S 字曲線になることがわかっており、「収束強度」や強度発現が著しくなる単位セメント量を示す「A:固化開始セメント量」は、土砂によって大きく変動します。セメント固化効率の推定式はセメントと強度の関係が安定している領域想定しており、INSEM 材の目標強度がこの範囲内であれば、安定したセメント水和反応が期待できると判断します。

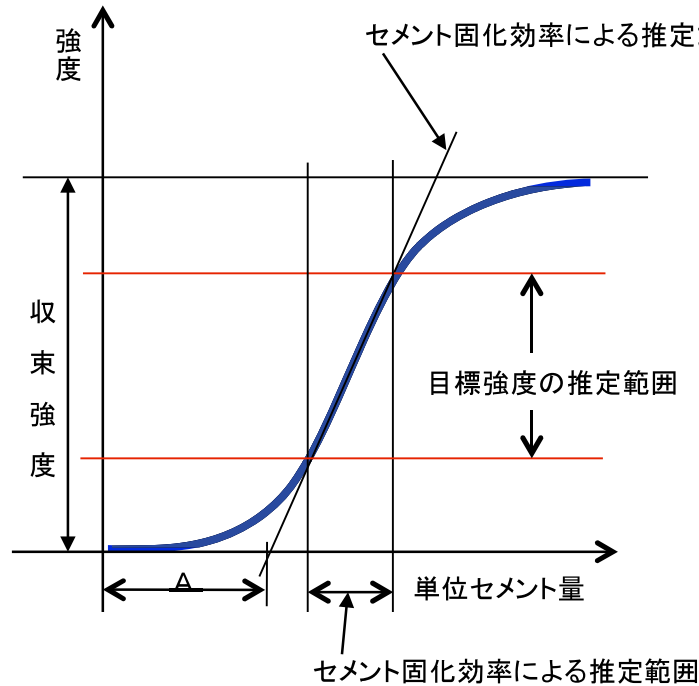
INSEM 材の適性判断試験では、これを簡便に評価するため、次のような一次関数で表します。

セメント固化効率推定式： $Y=aX+b$ ここで Y；推定強度 X；単位セメント量

セメント固化効率推定式の算定は、セメント効率試験結果、材料試験結果及び SB ウォール工

² 「セメント固化効率試験」及び「セメント固化効率推定式」算定プログラムはオリジナル試験方法であるため、仕様を公開していません。

法研究会のストックしている配合試験データを統計解析処理することで、算出しています。



(4) 単位セメント量の推定の概要

単位セメント量の推定は、セメント固化効率推定式に現時点での試験結果の誤差標準偏差を加算し、材料試験結果からの土砂特性を勘案して設定しております。

(5) 現時点での単位セメント量推定の精度

本試験時での、試験精度に関する統計データは以下の通りです。

平成 23 年 2 月現在

INSEM 材適性判断試験数 ; 43 件

配合試験結果とセメント固化効率の相関係数 ; 0.94 (適性判断試験と配合試験結果のセメント固化効率との相関)

示方配合の単位セメント量の標準偏差 ; 15.44kg

(6) 単位体積重量の推定の概要

単位体積重量は最大乾燥密度と相関性があり、現時点の「SB ウォール工法研究会」で蓄積されたレベルⅢを満足した配合試験データをもとに推定しています。³

³ 単位体積重量は同じ土砂でも強度が低い場合、単位体積重量が低下する傾向があるため、単位体積重量推定式の適用範囲はレベル 3 以上の INSEM 材となります。

4. 単位体積重量の推定

単位体積重量は、最大乾燥密度と高い相関を持っており、SB ウォール工法研究会のデータから推定式により単位体積重量を推定します。

設計において、構造安定計算のデータとして活用することが可能です。

4.1. 単位体積重量の推定事例

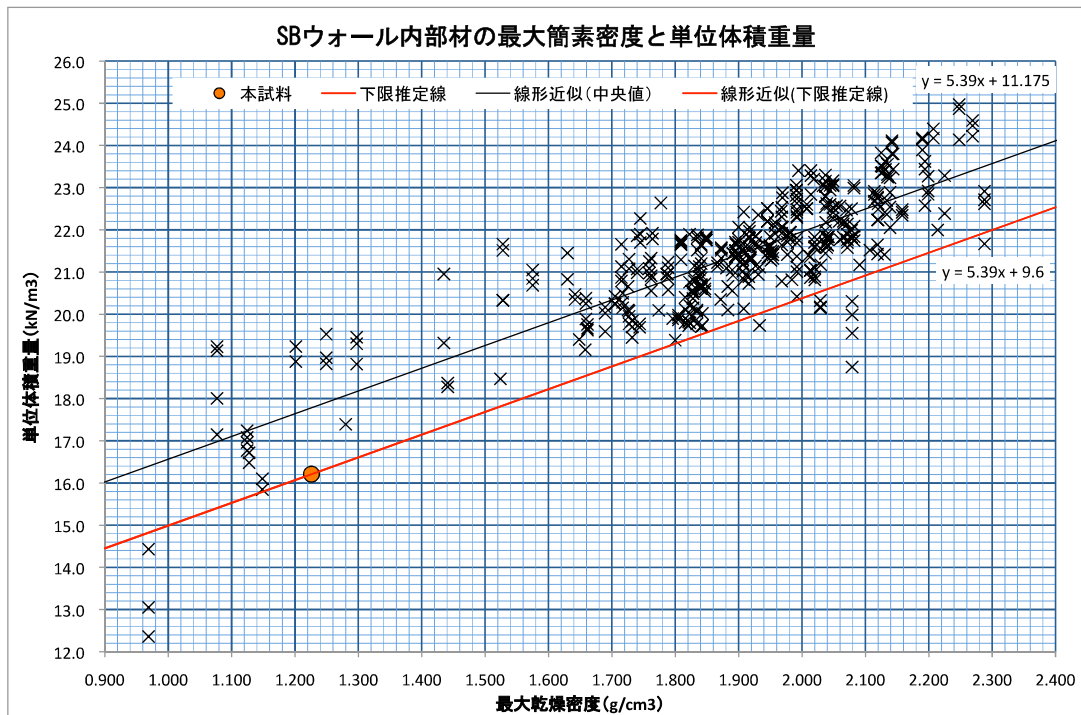


図 4-1 最大乾燥密度と単位体積重量の推定グラフ (H22.9 更新版)

INSEM 材単位体積重量の下限推定式は以下のとおりである。

$$\text{下限推定式: } y = 5.39x + 9.6$$

ここで y : 単位体積重量 (kN/m^3) x : 最大乾燥密度 (g/cm^3)

本土砂の推定最大乾燥密度: 1.226 g/cm^3

よって、推定式に代入すると

$$5.39 \times 1.226 + 9.6 = 16.21 \approx 16.2 \text{ kN/m}^3$$

INSEM 材の単位体積重量は 16.2 kN/m^3 が妥当であると判断される。

5. INSEM 材適性判断試験の事例

INSEM 材適性判断試験結果の事例を以下に示す。

5.1. 現地土砂のセメント固化効率推定式

本試料の各試験結果は以下のとおりである。

セメント固化確認試験結果	C150 : 1.87 N/mm ²	C250 : 2.98N/mm ²
最大乾燥密度 : 1.226g/cm ³	最適含水比 : 14.7%	
細粒分通過率 : 12.0%	砂分通過率 : 73.5 %	礫分通過率 : 100.0%

これらの結果から解析されたセメント固化効率推定式は以下の通り。

セメント固化効率推定式 : $Y=0.04X - 0.7$
ここで Y ; 推定強度 X ; 単位セメント量

セメント固化効率推定式から目標強度レベルⅢの配合強度 4.5N/mm²を充足する単位セメント量は、130kg/ m³、単位セメント量の標準偏差 15.44kg を安全側に勘案すれば、ほぼ 150kg/m³の単位セメント量が妥当である。

5.2. 推定単位セメント量

前述の結果から、示方配合の単位セメント量は以下が妥当であると判断される。

表 5-1 推定単位セメント量

改良材	改良割合	単位セメント量
不要	現地材 100%	150kg/m ³

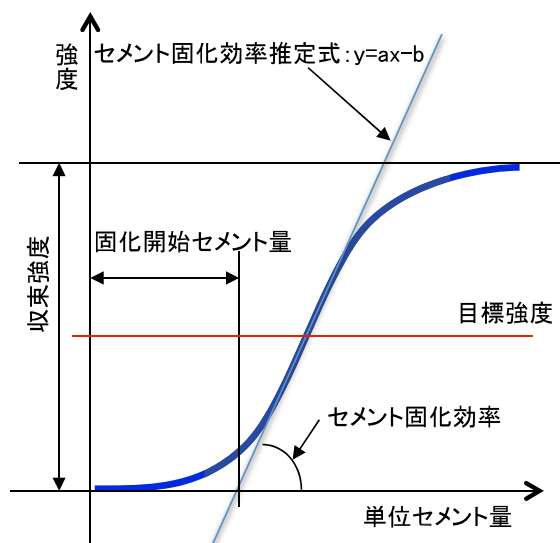


図 5-1 単位セメント量と強度の関係模式グラフ

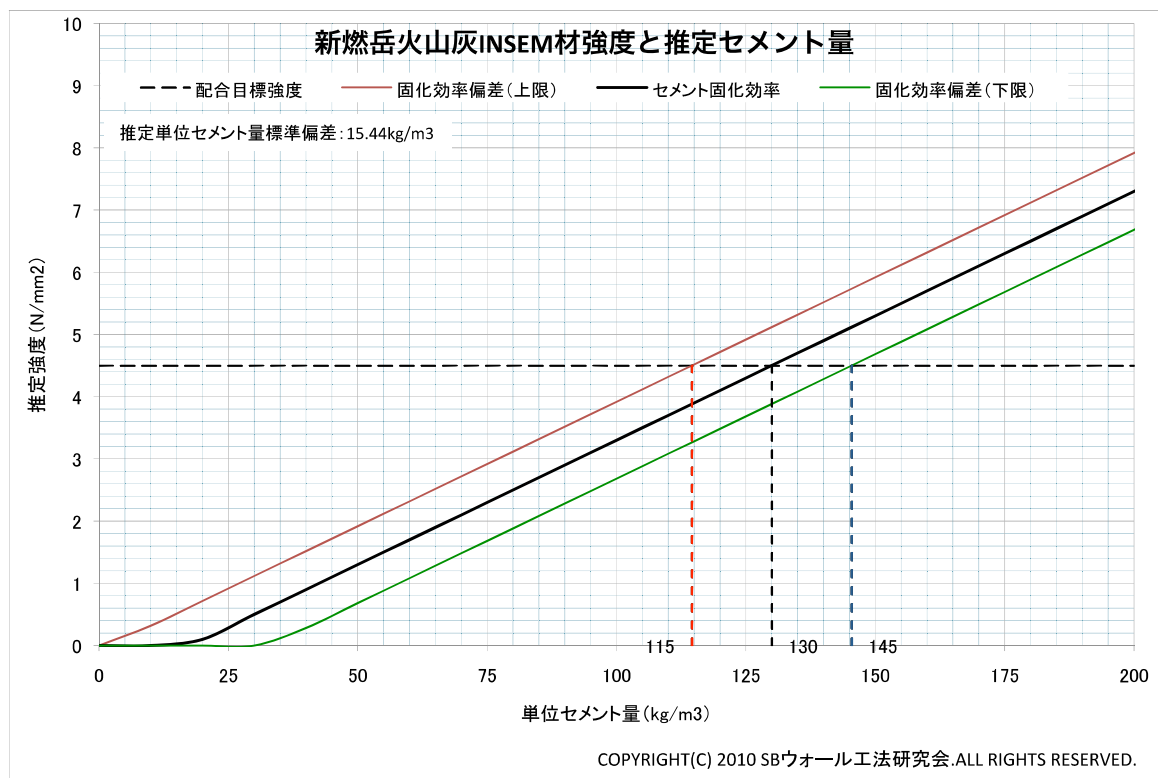


図 5-2 INSEM 材推定強度とセメント量関係図