

INSEM-ダブルウォール工法における配合試験の事例紹介

東邦地水株式会社 小倉康史

1. はじめに

世界的な取り組みである持続可能な開発目標 (SDGs) では、2030年までに達成すべきターゲットとして「廃棄物の発生防止、削減、再生利用及び再利用により、廃棄物の発生を大幅に削減する」ことが挙げられている。

また、建設分野においても建設副産物のリサイクルや適性処理等を推進するための建設リサイクル推進計画 2020 が制定された。「建設リサイクル推進計画 2020」では、循環型社会形成へのさらなる貢献が主要課題としてあげられ、建設副産物の再資源化や建設発生土の有効利用が推進されている。

砂防関係事業においては近年、建設発生土を有効に利用できる砂防ソイルセメント工法が採用されることが多い。本工法は現地発生土砂とセメントまたはセメントミルク等を攪拌混合し、砂防堰堤などの施設に用いる工法であり、建設発生土を大幅に削減することが可能である。

今回の発表では、砂防堰堤の中詰材に現地発生土砂とセメントの混合材を用いた「INSEM-ダブルウォール工法」において、細粒分含有率(Fc)と固化材添加量の相関について検討を行った事例を紹介する。

2. INSEM-ダブルウォール工法

(1) INSEM-ダブルウォール工法^{※1}

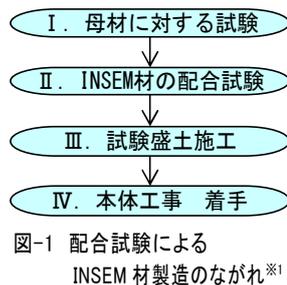
ダブルウォールは、中詰土を外側からの壁面材とタイ材で締め付けることで補強する外部拘束タイプの補強土工法である。INSEM-ダブルウォール工法は、ダブルウォールの中詰材に INSEM 材を使用する堰堤構造である。

(2) INSEM

INSEM(IN-situ Stabilized Excavated Material)工法は、砂防ソイルセメント工法の一つである。現地発生土砂とセメントを混合し、振動ローラーで締固めて構造物を構築する。施工現場から掘削土砂等の現地発生土砂を搬出しないという基本理念によって開発された工法^{※2}であり、環境負荷軽減への寄与など資源循環型社会への貢献度が高い工法である。

3. 紹介事例について

INSEM-ダブルウォール工法に用いる INSEM 材製造のながれを図-1 に示す。図に示すように、「I. 母材に対する試験」実施後、「II. INSEM 材の配合試験」を実施する。



INSEM 材に用いる母材の土質に適用範囲はないものの、表-1 より、細粒分含有率(Fc)に着目すると、Fc=20%が単位セメント量 200kg 以下で対応可能な土砂の目安となっている。したがって、Fc=20%を超える母材の場合、200kg/m³以上のセメント添加量となる可能性がある。

表-1 転圧タイプ(=INSEM)で実施されている一般的な材料試験項目のデータ^{※3}

試験項目	基準	単位セメント量200kg以下で対応可能な土砂の平均的なデータ [*]	目的
ふるい分け試験	JIS A 1204	細粒分：20%	材料の物理特性値の把握
密度・吸水率試験	JIS A 1110	細骨材吸水率：10% 粗骨材吸水率：5%	
含水率(比)試験	JIS A 1203	自然含水比：15%	
締固め試験	JIS A 1210	最大乾燥密度：1.75g/cm ³ 最適含水比：12%	単位体積重量 および最適含水比の把握

^{*}1. データは平均的なデータであるため、活用可能な土砂の閾値ではない。
^{*}2. 有機成分の混入が懸念される場合はこのかぎりではない。

(1) 試験試料

今回、Fc=10.5~25.7%の5試料を用いた配合試験事例について紹介する。

試験は「INSEM-ダブルウォール(DW)工法 設計施工マニュアル」に準じて実施した。試料の材料試験結果を表-2 に示す。なお、各試料は三波川結晶片岩類が原岩の河床土砂であり、採取年は異なるが同一地域で採取されている。

表-2 各試料の材料試験結果

試料名	A	B	C	D	E	
土粒子の密度	ρ_s (g/cm ³)	2.770	2.744	2.767	2.765	2.791
自然含水比	w_n (%)	4.5	12.1	3.4	10.3	20.9
礫分	(%)	78.4	63.4	63.1	56.9	57.1
砂分	(%)	11.1	22.5	19.0	22.8	17.2
シルト分	(%)	5.9	8.9	13.6	13.4	13.0
粘土分	(%)	4.6	5.2	4.3	6.9	12.7
最大粒径	(mm)	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
均等係数	U_c	263	295.5	586.1	949.8	1880
細粒分含有率	F_c (%)	10.5	14.1	17.9	20.3	25.7
地盤材料の分類名		細粒分 砂まじり礫	細粒分 まじり 砂質礫	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫	細粒分質 砂質礫
分類記号		(G-FS)	(CS-F)	(GFS)	(CFS)	(GFS)
試験方法		B-c	B-b	B-b	B-b	B-c
最大乾燥密度	ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.949	1.893	2.030	1.966	1.780
最適含水比	w_{opt} (%)	12.7	12.8	9.7	12.1	16.7
pH		7.2	6.1	6.5	6.2	5.5
強熱減量	Li (%)	4.8	5.9	4.3	5.4	6.6

(2) 配合試験の仕様

今回の事例における目標強度、配合強度、養生日数は以下のとおりである。

- ・目標強度：0.50N/mm²
- ・配合強度：0.75N/mm²(目標強度×1.5(割増係数))
- ・養生日数：7日

4. 配合試験結果

(1) 添加量の決定

配合試験の添加量は、試料 A~D が「50, 100, 150kg/m³」の3水準、試料 E が「50, 100, 150, 200, 250kg/m³」の5水準で実施した。各添加量における一軸圧縮試験結果は図-2 に示すとおりである。これより各試料の添加量は、試料 A~D で 68~99kg/m³、試料 E で 181kg/m³と決定した。各試料の添加量を表-3 に示す。

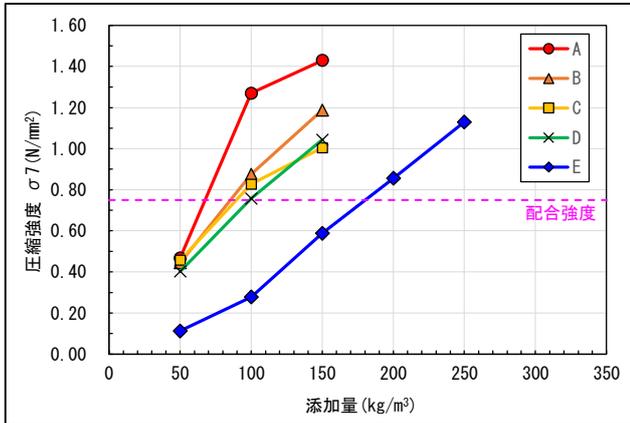


図-2 各試料の一軸圧縮試験結果

表-3 各試料の添加量

試料名	A	B	C	D	E
添加量 (kg/m ³)	68	86	90	99	181

(2) 締固め試験と一軸圧縮試験

各試料において、表-3 に示す添加量による締固め試験を実施し、最大乾燥密度の 90%以上(ρ dmax90)が得られる含水比の範囲を求めた。試験結果より、全含水比で最大乾燥密度の 90%以上となった。

次に、表-3 に示す添加量で含水比を変化させた一軸圧縮試験を実施し、目標強度以上となる母材の含水比範囲を求めた。各試料の母材含水比と一軸圧縮試験結果を図-3 に示す。これより、試料 C,E は全ての含水比で目標強度以上となった。一方、試料 A,B,D は目標強度以下となる含水比が見られたため、目標強度以上となる含水比の範囲をグラフから求めた。締固め試験と一軸圧縮試験により得られた含水比範囲の一覧を表-4 に示す。

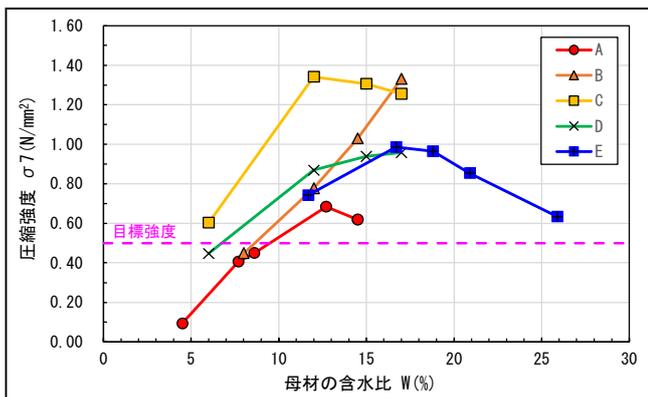


図-3 母材含水比と一軸圧縮試験結果

表-4 目標強度以上となる含水比の範囲

試料名	Fc (%)	添加量 (kg/m ³)	含水比範囲	
			締固め試験	一軸圧縮試験
A	10.5	68	4.5 ~ 14.5	9.5 ~ 14.5
B	14.1	86	5.8 ~ 17.2	8.5 ~ 17.2
C	17.9	90	6.0 ~ 17.0	6.0 ~ 17.0
D	20.3	99	6.0 ~ 17.0	6.8 ~ 17.0
E	25.7	181	11.7 ~ 25.9	11.7 ~ 25.9

赤字：グラフ読取

(3) 施工含水比の決定

締固め試験および一軸圧縮試験結果より、ρ dmax90 以上、かつ目標強度以上となる施工含水比は、一軸圧縮試験の含水比範囲と決定した。(表-4 内 青枠部)

(4) 試験結果について

以上の試験結果より、Fc が 20.3%以下の場合の添加量は 68~99kg/m³、Fc が 25.7%の場合の添加量は 181kg/m³であり、全試料で単位セメント量は 200kg 以下となった。また、Fc が大きくなれば含水比範囲が広がる傾向が認められた。

さらに、表-4 によれば Fc が 20.3%を超え、25%に近づくほど、目標強度 0.5N/mm²を満足する添加量が大きく増加する傾向も認められた。また、試料 E では試料 A~D と比較すると 1.8~2.6 倍の固化材が必要となる結果が得られた。

5. まとめ

今回、同一地域の河床土砂を対象とした INSEM 材の配合試験事例を紹介した。

母材の Fc が 25%の場合でも単位セメント量が 200kg 以下で対応可能であることが判明した。さらに、Fc が 20%より高いケースでは、Fc が高いほど添加量も増加する結果が得られた。今回の検討では、5,000m³程度の砂防堰堤を構築する場合、添加量が 2 倍になると、材料費は 1,000 万円程度増大することとなる。また、材料運搬車両から発生する CO2 など、環境への負荷も増大する懸念がある。

よって、Fc が 20%を超える土砂においては、粒度調整等により添加量を低減させるなど環境へ配慮した施工方法の検討が望まれる。

今後さらに、Fc が 20%を超える試料を用いた配合試験を実施してデータを蓄積し、知見を深めることで、「同工法の発展」や「建設リサイクルの推進」に寄与していきたいと考える。

《引用・参考文献》

- 1) 共生機構株式会社：INSEM-ダブルウォール(DW)工法設計・施工マニュアル, p1, 2015.2.
- 2) (一社)砂防・地すべり技術センター：建設技術審査証明事業(砂防技術)概要書 INSEM-ダブルウォール(DW) 工法, 2020.2
- 3) 共生機構株式会社：INSEM-ダブルウォール(DW)工法設計・施工マニュアル, p23, 2015.2.