

ベントナイトを使用したソイルセメントの流動性とコスト削減の検討 その2

東洋大学 学生会員 ○市川 準, 朱 群興
 ジェコス(株) 正会員 後藤 健治, 有富 敏也, 岩崎 伸一
 東洋大学 フェロー会員 石田 哲朗

1. はじめに

前報までに、本研究の目的であるソイルセメントの流動性の試験方法と、フロー試験および一軸圧縮試験の試験結果を示した¹⁾。表1に本研究の配合設計を示す。対象土は含水比18%の豊浦砂であり、ベントナイト5種類（ベントナイトA、ベントナイトB、ベントナイトC、ベントナイトD、ベントナイトE）を対象に調査した。

一例として図1にベントナイトAのソイルセメントのフロー試験結果を示す。他のベントナイトにおいてもベントナイトAと同様に目標値の200mm～250mmには収まらなかった。

本報では、フロー試験で得られた結果を分析し、フロー値を目標値に収めるための方法を示す。

2. 分析の方針

フロー値を目標値に収めるために、ベントナイトの添加量を変化させる方法と、セメント系懸濁液の量を変化させる方法の二つの方針で考えた。

3. 添加量によるフロー値の変化

セメント系懸濁液のフロー値を目的変数 Y 、ベントナイトの添加量を目的変数 X 、有意水準は5%として単回帰分析を行った。回帰分析に使用したソフトはMicrosoft Office 2016のExcelである。

結果を表2に示す。ベントナイトEの添加量以外は有意であった。使用した実験器具の関係でフロー値600mm以上が測定できなかったためベントナイトEのデータが少ない。このことがベントナイトEは有意であるといえない原因と考えられる。以後、ベントナイトA～Dについて述べる。t値が2以上であることから添加量はフロー値に影響を与える要素であるといえる。また、自由度調整済み決定係数が大きいことから高い負の相関があるといえる。表3にそれぞれの回帰式を示す。

表1 配合設計（対象土1m³あたりの各材料の質量）

土の質量 (kg)	水 (kg)	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	W/C (%)
1800	440	220	10～50	200

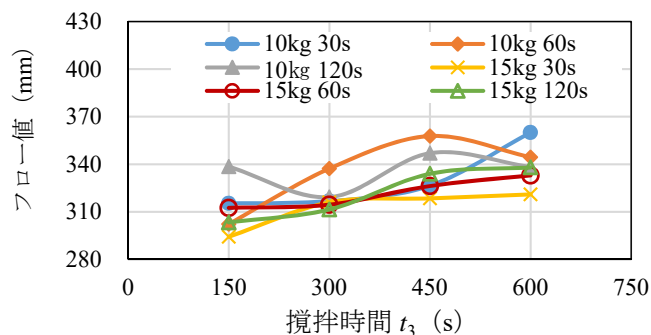


図1 ベントナイトA（攪拌直後）のフロー試験結果

表2 セメント系懸濁液の回帰分析結果

項	係数	t 値	P-値	R ²
ベントナイトA 切片	496.3	22.1	0.001 以下	0.75
X	-6.6	-9.1	0.001 以下	
ベントナイトB 切片	620.1	49.7	0.001 以下	0.90
X	-6.5	-16.1	0.001 以下	
ベントナイトC 切片	536.8	57.3	0.001 以下	0.95
X	-6.0	-21.1	0.001 以下	
ベントナイトD 切片	568.9	47.8	0.001 以下	0.95
X	-9.5	-24.5	0.001 以下	
ベントナイトE 切片	550.2	21.9	0.001 以下	-0.10
X	0.24	0.42	0.69	

表3 セメント系懸濁液の回帰式

	回帰式
ベントナイトA	$Y = -6.6X + 496.3$
ベントナイトB	$Y = -6.5X + 620.1$
ベントナイトC	$Y = -6.0X + 536.8$
ベントナイトD	$Y = -9.5X + 568.9$
ベントナイトE	—

キーワード ソイルセメント, ベントナイト, 添加量, フロー値, 注入率

連絡先 〒350-8585 川崎市鯨井2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 地盤環境学研究室

X の係数の絶対値が大きいベントナイトは添加量を増やした場合に効果が出やすく、切片が小さいベントナイトは、この比較評価において、フロー値を下げることに優れた性質を持つといえる。例えば、ベントナイト A とベントナイト B は X の係数の値がほとんど同じであるため、同じ添加量の場合、切片の差がフロー値の差となる。つまり、ベントナイト A の方がベントナイト B よりも性質が優る。

3.1 セメント系懸濁液とフロー減少量の関係

フロー値の減少量を目的変数 Z 、セメント系懸濁液のフロー値を説明変数 Y 、有意水準を 5% として単回帰分析を行った。結果を表 4 に示す。t 値が 2 以上であることからセメント系懸濁液のフロー値はフロー値の減少量に影響する要素であるといえる。つまり、砂を加えたことによるフロー値の減少量は一定ではなく、セメント系懸濁液のフロー値によって変化する。また、自由度調整済み決定係数が 0.9 以上であることから高い正の相関がある。得られた結果からフロー減少量は次の式(1)で示される。

$$Z = 0.5 Y - 101.4 \quad (1)$$

セメント系懸濁液のフロー値 Y から、フロー値の減少量 Z を引き、 Y に各ベントナイトの回帰式を代入することでソイルセメントのフロー値の式を得る。式を表 5 に示す。 $Y - Z$ に 200 を代入し X について解くことでソイルセメントのフロー値が 200 mm となる際の添加量が得られる。表 6 にその添加量の検証結果と金額を示す。結果はすべて目標値に収まった。よって、各ベントナイトを目標値に収めるためには、表 5 で示す添加量まで増やせばよいといえる。

4. 注入率によるフロー値の変化

注入率とは対象土 1 m³ に対するセメント系懸濁液の量である。対象土とベントナイトの質量、水セメント比を固定しセメントと水の質量で注入率を変化させフロー値を調べた。注入率は表 1 で示した配合設計の注入率である 52% に加え 40%、59%、71% を行った。図 2 にフロー値と注入率の関係を示す。決定係数 R^2 が 0.88 であることから高い正の相関があり、注入率を下げるとフロー値が下がるといえる。

5. おわりに

- ・本配合ではベントナイト A が 45 kg、ベントナイト B が 66 kg、ベントナイト C が 57 kg、ベントナイ

- ・ト D が 39 kg でフロー値が 200 mm 付近になる。
- ・最もコストが低くなる場合はベントナイト A を 45 kg 使用したときである。
- ・注入率を下げるとフロー値が下がる。

ベントナイトの添加量を増やす方法と、注入率を下げる方法を同時に行うことでさらなるコストの低下が望めるが強度の調査が必要となる。また、今回は対象土として豊浦砂を使用したが、関東ロームなどでも調査したい。

表 4 フロー減少量の回帰分析

項	係数	t 値	P-値	R^2
切片	-101.4	-5.1	0.001 以下	0.91
Y	0.5	11.8	0.001 以下	

表 5 ソイルセメントのフロー値の式

	ソイルセメントの フロー値の式	添加量 (kg)
ベントナイト A	$Y - Z = -3.3 X + 349.6$	45
ベントナイト B	$Y - Z = -3.2 X + 411.5$	66
ベントナイト C	$Y - Z = -3.0 X + 396.8$	57
ベントナイト D	$Y - Z = -4.8 X + 385.9$	39

表 6 フロー値 200 mm の検証結果とベントナイトの金額

	検証結果 (mm)	金額 (円)	金額 ²⁾ (円/t)
ベントナイト A	216.0	2,147	47,700
ベントナイト B	235.3	2,587	39,200
ベントナイト C	231.3	2,383	41,800
ベントナイト D	201.3	2,613	67,000

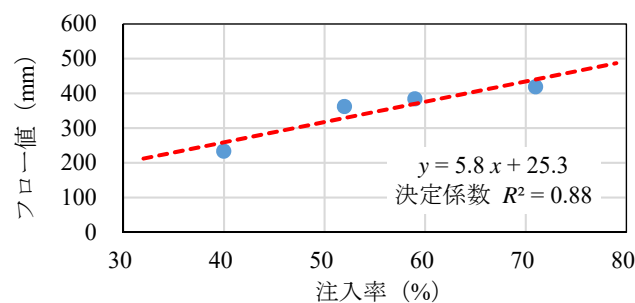


図 2 注入率とフロー値の関係

参考文献

- 1) 朱群興・市川準 他：ベントナイトを使用したソイルセメントの流動性とコスト削減の検討 その 1、第 77 回土木学会年次学術講演会（投稿中）。
- 2) 建設物価調査会：月刊建設物価 2021 年 07 月号，発行日 2021 年 6 月 24 日。