

論 文

[1075] 細粒分として関東ロームを用いセメントを固化材とする事前混合処理盛土の流動性状

正会員○伊藤亜政（群馬大学大学院）

正会員 富岡良光（三井不動産建設技研）

正会員 辻 幸和（群馬大学建設工学科）

1. はじめに

水中での盛土を前提としたセメントを固化材とする事前混合処理盛土（セメント系改良土）は、水中不分離性コンクリートと同様に、高い水中不分離性と優れた流動性が求められる。本研究は、特に流動性の優れた事前混合処理盛土を得ることを目的として、火山灰質粘性土の一種である関東ロームを細粒分として混合した場合の流動性状について検討したものである。

流動性の増加あるいは材料分離防止の目的から粘性土を助材として用いた例は、ベントナイトの他に泥岩スラリー、カオリン土などがある¹⁾。しかしながら、これらの材料は、事前混合処理盛土の使用目的や要求される品質によっては高価であること、また入手しがたいことなどの問題点がある。これに対して、関東ロームは、安価で、入手も容易であり、流動性を得るために必要な粘性と保水性²⁾を併せ持っているが、これまで助材として用いられた例は見あたらない。流動性を高める助材としての関東ロームの適性が明らかになれば、事前混合処理盛土の適用範囲の拡大、および、人工軟岩などへの応用が期待される。

関東ロームのなかでも、層序の最上層にある（最も新しい）立川ロームは、自然含水比 W_n が80-140%と高く、土粒子間に多量の拘束水を持ち、保水力の高いことが大きな特徴である。この拘束水は、ロームの練り返しにより自由水化すること、また、乾燥により失われ、再び水を加えても非常に長い時間を経なくては回復しないこと、そして、これらの性質は、火山灰質粘性土に固有な団粒構造と密接に関係していることがそれぞれ知られている³⁾。このような関東ロームの性質が事前混合処理盛土に及ぼす影響に関する検討についても、本研究では試みている。

2. 使用材料および試験方法

関東ロームを用いセメントを固化材とする事前混合処理盛土（以下、盛土という）の試験に用いられた材料を表-1に、また、その粒度分布を図-1に示す。ここで示す配合は、細粒分の自由水量の把握を容易にするため、絶乾状態での表示としている。

材料の練り混ぜは、ホバート型ミキサーを用い、関東ローム（以下、ロームという）に練り混ぜ水を加えてロームの団粒を分解した後、山砂、セメントの順に投入して3分間練り混ぜた。

表-1 使用材料

名 称	呼 称	種類、性質
セメント	C	高炉セメントB種 $\rho=3.06$
細骨材	S	千葉県浅間山産山砂 $\rho=2.72$
水	W	千葉市水道水
石粉	LP	大分県産 $\rho=2.78$
ベントナイト	BN	群馬県産 $\rho=2.58$
ローム	LH	八王子産 $\rho=2.80$ $W_n=139\%$
"	LK	木更津産 $\rho=2.87$ $W_n=105\%$
"	LY	横浜産 $\rho=2.75$ $W_n=109\%$

 ρ : 絶乾比重 W_n : 自然含水比

試験項目は、流動性の指標として練り上がり時のスランプ、スランプフロー試験を、そして、材料分離抵抗性の指標としてブリージング試験を行った。スランプ、スランプフローの試験には、コンクリート用を1/2に縮小した1/2コーン（高さ15cm、上径5cm、下径10cm）を使用した。この1/2コーンのスランプフロー値の22cmは、標準コーンのスランプフロー値の約60cmに相当するものである。そして、ブリージング試験はJISA1123に準じた。

3. 試験結果

3. 1 ロームを用いた盛土の流動性

盛土への細粒分混合による流動性の改善効果を調べるために、細粒分を特に混合しない場合と、細粒分として石粉、ベントナイト、および3種類のローム（八王子産、木更津産、横浜産）をそれぞれ混合した場合の流動性について比較した。試験の配合を表-2に示す。細粒分がベントナイトとロームの場合の単位水量、細粒分量およびセメント量は一定とした。細粒分を特に混合しない場合および細粒分が石粉の場合は、他の細粒分の場合と同じ単位水量では材料の分離が著しく、安定した試験値が得られないため、ブリージング率が他の細粒分の場合と同程度となるように配合を設定した。

試験結果を図-2に示す。細粒分を特に混合していない盛土のスランプは1.6cmと小さく、スランプフローは10.0cmで流動せず、また、ブリージング率は5.1%である。

各種細粒分を混合した盛土の流動性は、次のとおりである。

石粉を混合すると、スランプは3.2cmと僅か

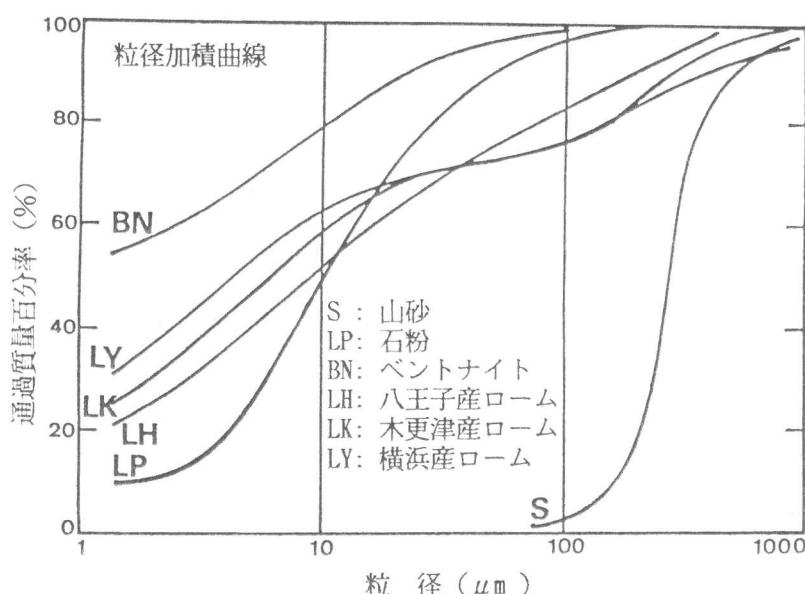


図-1 材料の粒度分布

表-2 各種盛土の配合(kg/m³)

呼称	細粒分	C	W	S
NL	無	120	392	1,568
LP	石粉	100	120	392
BN	ベントナイト	100	120	530
LH	八王子産ローム	100	120	530
LK	木更津産ローム	100	120	530
LY	横浜産ローム	100	120	530

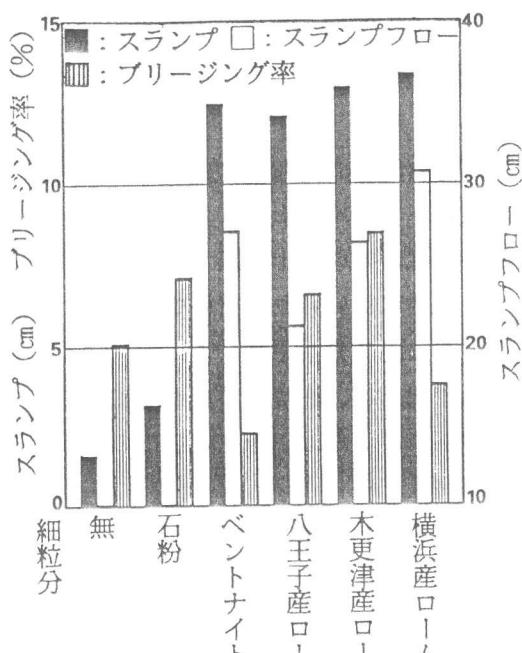


図-2 各種盛土の流動性

に増加するが、スランプフローは10.0cmで流動せず、ブリージング率は7.1%とやや増加し、この配合では流動性の改善に効果はない。

ベントナイトを混合すると、スランプは12.5cmと大きく、スランプフローは27.1cmとよく流動し、ブリージング率は2.3%と改善されており、優れた効果を示している。

ロームを混合すると、スランプは12.1-13.4cmであり、スランプフローは21.3-30.8cmと優れた流動性を示し、ブリージング率は8.5-3.8%で、単位水量の増加とともにブリージング率の増加を抑制している。ロームの使用効果は、横浜産ロームが最も優れ、ついで木更津産ローム、八王子産ロームの順となっている。

以上より、ロームの混合は、流動性の向上とブリージングの増加抑止に優れた効果を示すことが明らかである。

3.2 ローム配合量と流動性

ロームの適切な配合量を把握するため、ローム量および水量と流動性との関係を横浜産ロームを用いて試験した。配合は、ローム量を変化させ、水量を調節して、両者の体積の和を一定に保ち、セメント量、山砂量を固定した。すなわち、セメント量120kg/m³、山砂量1,180kg/m³、ローム量と練り混ぜ水量は、それぞれ、100kg/m³、500kg/m³を中心値として変化させた。

試験結果を図-3に示す。スランプ、スランプフローは、ローム量の増加、水量の減少について、ほぼ線形的に減少している。ブリージング率は、ローム量が100kg/m³以下では、ローム量の増加とともに減少するが、100kg/m³以上ではほぼ一定の値となっている。粘性は、ローム量が90-100kg/m³の範囲でローム量の増加とともに緩やかに増加するが、100kg/m³以上では急勾配で増加している。

以上のことから、横浜産ロームの適切な配合量は、セメント量が120kg/m³、山砂量が1,180kg/m³の時、ローム量が100kg/m³、水量が500kg/m³と判断される。各種ロームを混合した盛土の最適な配合は、他の試験結果も加えて表-

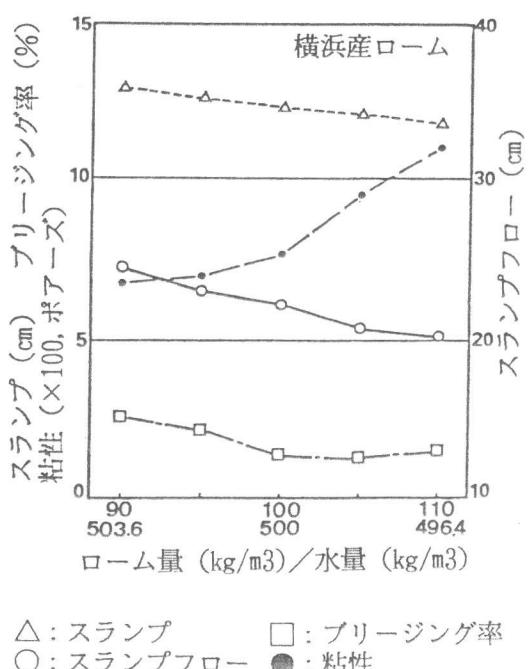
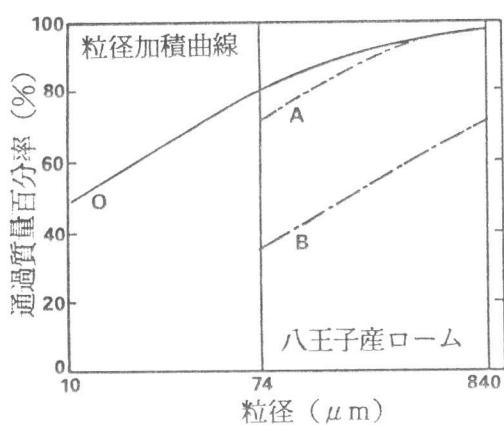


図-3 盛土のローム量と流動性

表-3 ロームの種類と最適配合(kg/m³)

呼称	ローム	C	W	S
LH	八王子産100	120	530	1,095
LK	木更津産100	120	500	1,180
LY	横浜産 100	120	500	1,180



O:粒度分析結果 A:分解がよいもの
B:分解が不十分のもの

図-4 ロームの団粒の分解程度

3に示す。

3.3 練り混ぜ時間の影響

自然含水状態のロームは、練り返しにより、拘束水が自由水化し、著しく軟弱化し泥々の状態になる。ロームの、セメント、山砂などとの練り混ぜによる影響を調べるために、練り混ぜ時間を1.5-12分の範囲で変化させた時の流動性、ブリージングについて、八王子産ロームを用いて試験した。

この場合、ロームの団粒の分解の度合いによる影響が考えられるので、ロームの団粒は、図-4のAに示されるように土粒子の粒径が $74\mu\text{m}$ 以下の重量が72%となるように十分に分解した場合と、Bに示されるように土粒子の粒径が $74\mu\text{m}$ 以下の重量が36%と分解が十分でない状態の2つのケースを比較した。

結果は、図-5に示すように、いずれのケースも練り混ぜ時間が12分までの範囲で、練り混ぜ時間が長いほど、スランプ、スランプフローとともに大きくなり、ブリージング率は減少する。すなわち、練り混ぜ時間の増加とともに流動性は向上し、水分の分離は減少して良好な状態となり、練り混ぜによる悪影響は見られない。

また、ロームの団粒を十分に分解して練り混ぜたもののスランプ、スランプフロー、ブリージング率が、団粒の分解が十分でないものより良好な結果を与えることが示され、流動性の向上には、ロームの団粒を練り混ぜ前に、十分に分解しておくことが必要である。

3.4 ロームの乾燥による影響

ロームは乾燥により、保水能力が変化する。ロームを室内で自然乾燥させ、含水比の変化と流動性およびブリージングとの関係を八王子産ロームを用いて調べた。ロームは乾燥により、団粒が固結することも考えられ、その影響を反映するため、この試験における団粒の分解は十分でない状態とし、ホバートミキサでロームと練り混ぜ水を10分間混合することにより行った。

試験の結果を、図-6に示す。自然含水比が139%の八王子産ロームの場合は、ロームの含水比が84%までの乾燥では、流動性およびブリージングへの影響は小さい。しかし、ロームが、自然含水比の1/2以下に乾燥すると、ブリージング率が大きくなり、水分の分離により砂粒子間の摩擦抵抗が増大したことによると考えられるスランプの減少など、明らかに悪影響が生じている。ロームの乾燥には配慮する必要がある。

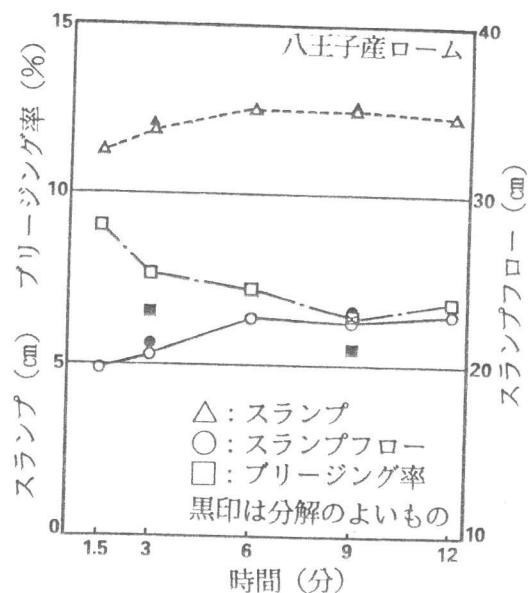


図-5 練り混ぜ時間と流動性

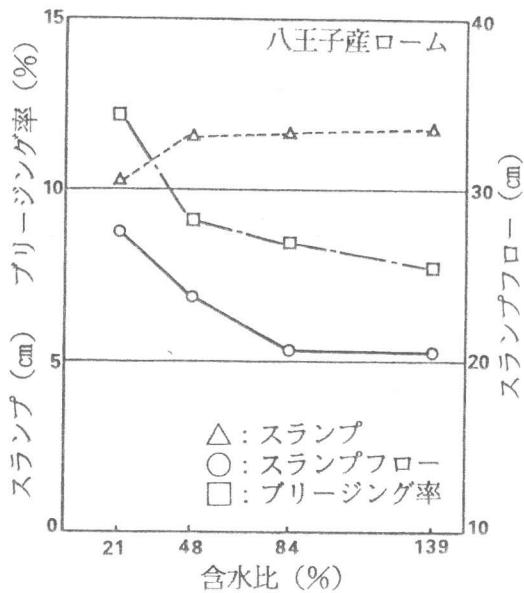


図-6 ロームの乾燥と流動性

3.5 強度と密度への影響

横浜産ロームを混合した場合と細粒分を特に混合しない場合の1軸圧縮強度と密度の試験結果を表-4に示す。ロームを混合した盛土の強度は、水セメント比が小さい細粒分を特に混合していない盛土の強度に比較して、材令1週で2.60倍、材令4週で1.52倍と高く、細粒分としてのロームの混合により強度が増加することが示されている。しかし、密度は、ロームの混合により、減少している。これは、ロームの混合により、単位水量が大きくなつたことによるものと考えられる。

表-4 事前混合処理盛土の配合と強度

呼称	W/C	単位量 (kg/m ³)				一軸圧縮強度(kgf/cm ²)		密度(t/m ³)	
		C	W	S	細粒分	材令1週	材令4週		
NL	3.27	120	392	1568	無	0	4.0	14.2	1.95
LY	4.17	120	500	1180	横浜産ローム100		10.4	21.6	1.82

4. 考察

4.1 粒度と流動性

コンクリートの流動性に影響を及ぼす要因は、単位水量、細骨材率、骨材の粒度と形状、セメントの粉末度、混和材料の種類と使用量、コンクリートの温度および空気量などである⁴⁾。

事前混合処理盛土の場合は、コンクリートに比較して、セメント量が少ない、粗骨材を含まない、単位水量が大きいなどの違いはあるが、流動性に影響を及ぼす要因はコンクリートの場合とほぼ同様と考えられる。これらの要因のうち、単位水量の大きな高い含水比の盛土ほど、流動性は大きくなることが明らかとなっている⁵⁾。ここでは、盛土の高い含水比が保持される要因の1つと考えられる細粒分の粒度の影響について検討する。

盛土の流動性の改善のために細粒分を混合した場合、石粉は効果がなく、ベントナイト、ロームは効果が大きいこと、ロームの中でも効果が高いものから横浜産、木更津産、八王子産の順となることが試験より明らかとなった。そして、八王子産ロームの練り混ぜ試験結果から、団粒を十分に分解した粒径が74μm以下の土粒子量の多いものが、流動性に優れることが明らかとなった。この結果から、盛土に混合した材料の粒径が74μm以下の土粒子の分布を、図-1により比較すると、石粉はベントナイト、ロームに比較して粒径が10μm以下の土粒子量が少ない。そして、各種ロームの、粒径が10μm以下の土粒子量が多いものから横浜産、木更津産、八王子産の順となり、この順は、ローム使用の効果の順と一致すること、さらに、各種ロームの粒径加積曲線の粒径が1.4-10μmの範囲の勾配がほぼ同じであり、この範囲の土粒子量は、各種ロームとも同じであることから、粒径が1.4μm以下の土粒子量の違いが、各種ロームの流動性の改善効果の違いに影響したものと考えられる。一般に、微細な粘土粒子は、粒子表面に多量の水分を吸着している⁶⁾。盛土の高い含水比が保持される要因の1つに、盛土に含まれる粒径1.4μm以下の土粒子の表面に吸着されている多量の水分が関係しているものと考えられる。

関東ロームのはじめに述べた性質は、粘土鉱物的に非晶質のアロフェンと言われる粒径が0.005-1μmと微細な粘土粒子の含有量に影響されると考えられている³⁾。ロームの混合による盛土の流動性改善の要因の1つに、アロフェンの影響が考えられる。この確認は今後の検討課題である。

4. 2 ロームの種類と単位水量

盛土に適度な流動性を付与するための単位水量は、ロームの種類により異なることが、表-3に示されている。その要因の1つとして、ロームの自然含水比との関係を考える。

単位水量のうち、ロームの単位量100kgとともに存在する自然含水量は、八王子産ロームが139kg、木更津産ロームが105kg、横浜産ロームが109kgである。これらの自然含水量の差は、表-3の単位水量である八王子産が530kg、木更津産が500kg、横浜産が500kgの差にほぼ等しい。このことは、ロームの種類により必要とされる単位水量は、ロームの自然含水比に影響されるものと考えられる。そして、表-3の各配合は、ロームとその自然含水量を同体積の砂に置き換えることにより、表-2の配合NLにはほぼ等しくなる。

5. まとめ

事前混合処理盛土の流動性の改善を目的に、関東ロームを細粒分として盛土に混合した場合の効果と関東ロームの性質に基づく問題点を室内試験により検討した。今回検討した試験条件の範囲で明らかとなった事項と考察を以下に示す。

- (1) 関東ロームを混合することにより、盛土の流動性は改善される。
- (2) 関東ロームを混合した盛土は、練り混ぜ時間の延長により流動性は改善され、練り混ぜによる悪影響は見られない。
- (3) 盛土に混合される関東ロームの団粒が分解されるほど、盛土の流動性は改善される。
- (4) 自然含水比の1/2以下まで乾燥したロームを混合すると、盛土の流動性に悪影響を及ぼす。
- (5) 関東ロームを混合した盛土の強度は高くなるが、密度は減少する。
- (6) 関東ロームを混合することによる盛土の流動性改善の要因の1つに、粒径が $1.4\mu\text{m}$ 以下の土粒子の影響が考えられる。
- (7) 関東ロームを混合した盛土の適切な単位水量は、ロームの自然含水比との関連が高いと考えられる。

参考文献

- 1) 前田依彦、篠原洋司：東京湾横断道路建設における土質工学的諸問題について、土木学会論文集、第400号/III-10、pp. 13-28、1988.12
- 2) 小沢一雅ほか：ハイパフォーマンスコンクリートの開発、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 11、No. 1、pp. 699-704、1989
- 3) 久野悟郎ほか：日本の特殊土、土質工学会、pp. 27-60、1974.8
- 4) 小林一輔：最新コンクリート工学、森北出版、pp. 54、1989.2
- 5) 伊藤亜政ほか：細粒分として関東ロームを用いた事前混合盛土の流動性、土木学会第18回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp. 284-285、1991.3
- 6) 粘土の不思議編集委員会編：粘土の不思議、土質工学会、pp. 63-64、1986.3