

論文

[1046] セメントを安定材とした事前混合処理土の水中打設強度

伊藤亜政*1・千葉昭一*2・辻幸和*3

1. はじめに

水中における人工地盤の造成材料であり、セメントを安定材に用いる事前混合処理土は、土を固める新技術の一つであり、東京湾横断道路の建設に用いられている。事前混合処理土は、利用目的に適した性状の地盤を短期間に造成できるなどの優れた特徴をもつことから、今後、大いに活用されるものと考えられる。しかしながら、現状の事前混合処理土は、水中での材料分離を防止するための助材などに特殊な仕様があり、利用目的によっては高価なものとなる。そこで、助材に一般的な材料を用いる事前混合処理土を開発するための室内実験を行い、これまでに以下のことを報告してきた[1, 2, 3]。すなわち、①構成材料が「砂質土+安定材+水」である事前混合処理土と比較して、関東ロームを助材に用いた事前混合処理土は、水中分離抵抗性および流動性が改善され、ブリージングが抑制されて、硬化後の強度が増加すること、②関東ロームを助材に用いた事前混合処理土の水中分離抵抗性は高いが、水中打設時に若干の汚濁を発生する。その防止方法としては、分離防止剤を事前混合処理土に混合するのではなく、高分子凝集剤であるポリアクリルアミドを分離防止剤としてその水溶液中に打設するのが有効であり経済的であること、③事前混合処理土は、ポリアクリルアミドが混入すると、その強度が低下する。それを防ぐ打設方法としては、トレミーを用いてその筒先周辺の限られた空間に分離防止剤水溶液として極めて濃度の低いポリアクリルアミド水溶液を置き、トレミーから流出する事前混合処理土を分離防止剤水溶液で覆うのが適当であることなどである。

今回は、事前混合処理土がトレミー周辺の分離防止剤水溶液で覆われた後に塩水中に流動した場合の分離防止剤の効果の持続性を確認するため、小型水槽において分離防止剤水溶液を用いた場合および特に用いない場合の事前混合処理土の水中打設強度を比較した結果を報告する。

2. 実験の方法

2. 1 実験に用いた材料

処理対象土の山砂は、千葉県富津市産のもので、比重が2.72、粗粒率が1.34であった。安定材は高炉セメントB種とした。助材の関東ロームは、横浜産のもので、比重が2.75、自然含水比が106%であった。分離防止剤は、強アニオン性ポリアクリルアミドを40ppmの濃度に3%塩水を用いて溶解した。そのほか、塩水の溶媒や練りませ水に、千葉県袖ヶ浦市の水道水を用いた。

2. 2 事前混合処理土の配合と練りませ方法

実験に用いた事前混合処理土の配合を表-1に示す。この配合は、試験練りにおいて水中分離抵抗性が高く、流動性とのバランスが良好であった。

表-1 事前混合処理土の配合

水セメント比 (%) W/C	単位量 (kg/m ³)			
	水 W	セメント C	山砂 S	関東ローム Ad
417	500	120	1145	110

山砂・関東ロームは絶乾状態の質量である。

*1 群馬大学大学院 工学研究科生産工学専攻(正会員)

*2 三井不動産建設(株) 技術研究所技術開発室

*3 群馬大学教授 工学部建設工学科, 工博(正会員)

練りまぜは、容量が 100 ℓ の水平 2 軸型強制練りミキサを用いて、山砂とセメントを 30 秒間予練りした後に関東ローム分解液を投入して1分30秒間の本練りを行った。関東ローム分解液は、関東ロームの団粒を分解するため、あらかじめ練りまぜ水を加えて攪拌した。団粒の分解程度は、重量の 70%以上の土粒子が、75 μm のフルイを通過することとした。

2. 3 実験ケース

実験は、表-2 に示す実験 A と実験 B の 2 ケースを実施した。実験因子は、分離防止剤の有無と事前混合処理土の流動性としてのスランブフローとした。分離防止剤の有無を実験因子としたのは、水中流動した事前混合処理土の強度を比較して分離防止剤の効果を確認するためであり、用いる場合のポリアクリルアミド

水溶液の濃度を 40 ppm とし、用いない場合を 0 ppm の塩水とした。事前混合処理土の流動性を実験因子としたのは、関東ロームを助材に用いた事前混合処理土の流動性が、練り上がりから 20 分以上経過すると著しく低下するため、流動性の低下が打設形状などに及ぼす影響を把握するためである。実験 A は、分離防止剤を用いない塩水中に、まず、練り上がりから 20 分経過したスランブフローが 50 cm の事前混合処理土 100 ℓ を打設した。打設時間は 10 分以内とした。続いて、練り上がりから 10 分経過したスランブフローが 60 cm のもの 200 ℓ を打設した。打設の完了は練り上がりから 20 分以内とした。実験 B は、分離防止剤水溶液中に、練り上がりから 10 分経過したスランブフローが 60 cm の事前混合処理土 300 ℓ を打設した。練り上がりから 20 分以内に打設を完了した。

2. 4 事前混合処理土の打設方法

実験に用いた水槽は、事前混合処理土の水中での流動速度および流動距離を大きくするために、特に幅が狭い 2 次元的なものとして、その寸法は長さを 4.0 m、高さを 1.0 m、幅を 0.2 m とした。水槽内は、図-1 に示すように、左端から 0.9 m の位置に上下にスライドできる水密性の仕切板を設置して区画分けし、左側には分離防止剤であるポリアクリルアミド水溶液を、右側には塩水をそれぞれ 0.65 m の深さまで注入した。トレミーは、内径が 110 mm のものを用い、水槽の左端から 0.3 m の位置に吊り下げた。打設の手順は、次のようにした。すなわち、練りまぜられた事前混合処理土は、モルタルポンプで 6 m³/h の速度でトレミーに圧送した。トレミーの高さは、その筒先が打設された事前混合処理土に 15 cm 程度貫入するように調節した。事前混合処理土の打設高さに応じて、分離防止剤と塩水の仕切板を引き上げた。

表-2 実験ケース

種別	分離防止剤 水溶液濃度	スランブ フロー	練り上がりから 打設までの時間	打設量
実験 A	0 ppm	50 cm	20 min	100 ℓ
		60 cm	10 min	200 ℓ
実験 B	40 ppm	60 cm	10 min	300 ℓ

実験 A は、スランブフローが 50 cm のものを打設した後に引き続きスランブフローが 60 cm のものを打設した。

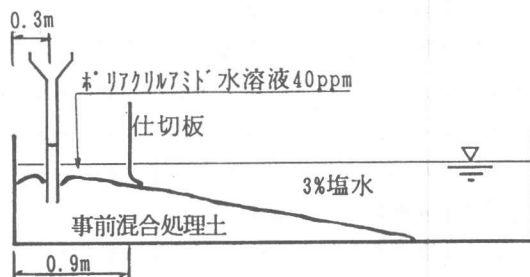


図-1 水槽打設実験概念図

2. 5 試験の項目と方法

試験項目は、材料分離の指標である濁度、打設した事前混合処理土の表面形状、および、硬化した事前混合処理土の一軸圧縮強さとした。濁度は、打設前および打設終了後 3 分経過した時点の計測位置における水深の中点から採水して吸光光度法で測定した。一軸圧縮強さの測定は、「土の一軸圧縮試験」(JIS A 1216)によった。供試体の寸法は、直径を 5 cm、高さを 10 cm とした。

気中供試体の作製方法は、「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」(JIS A 1132)に準じて突き棒を用いて突固めを行った。水中供試体は、打設された事前混合処理土に内径が60mmの塩化ビニールパイプを二つ割りにした型枠を建て込み、約24時間後に採取した。その後は20℃の恒温水槽で材令28日まで養生を行い、一軸圧縮試験を実施した。

3. 打設後の表面形状

打設された事前混合処理土の表面形状の測定結果を図-2に示す。事前混合処理土の最大流動距離は、実験Aにおいて3.1m、実験Bにおいて3.4mであった。実験Aにおける表面勾配は、打設中心周辺は非常に緩やかであるが、その先の0.5~2.0mの間では1:5の勾配となり、2.0~2.5mの間

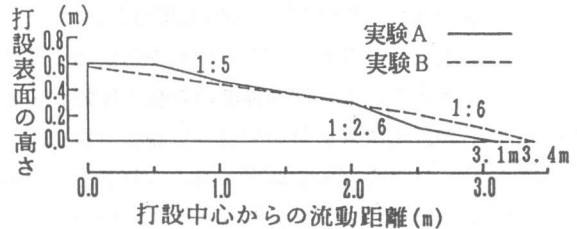


図-2 打設後の表面形状

では1:2.6と急な勾配となって、2.5mより先はほぼ1:5となった。実験Bにおける表面勾配は、打設中心から最大流動距離の3.4mまでがほぼ一般的な勾配で約1:6であった。この結果から、実験Aのように練り上がりから打設開始までの時間が20分経過して流動性が低下しつつある事前混合処理土を初期に打設すると、水中流動距離が短くなり、打設中心から距離のある初期打設の部分の勾配が大きくなり、表面勾配が打設中心からの距離により変化した。実験Bのように練り上がりから打設開始までの時間が10分である場合には、このような影響は現れなかった。

表面勾配の大きな部分は、その厚さが増大すると、円形滑りが発生しやすい。発生した場合は、事前混合処理土の品質が部分的に低下して不均一になるとともに、水中に発生する汚濁量も大きくなる。従って、練りませから打設までの時間管理が重要な項目となる。

4. 濁度

フレッシュな事前混合処理土の水中分離抵抗性および打設時の材料分離の指標となる濁度の測定結果を表-3に示す。分離防止剤の濃度が0ppmの塩水中へ事前混合処理土を打設した実験Aにおいては、濁度の最大値が打設中心において25ppmであり、3m離れた地点においても8ppmを示し、全測定点の平均値が17ppmであった。

表-3 水槽の濁度

種別	濁度 (ppm)					平均値
	初期値	打設中心からの距離				
		0m	1m	2m	3m	
実験A	1	25	21	12	8	17
実験B	1	2	0	2	2	2

分離防止剤のポリアクリルアミド水溶液中に事前混合処理土を打設し塩水中を流動させた実験Bにおいては、濁度の最大値が打設中心において2ppmであり、全体の平均値も2ppm弱と非常に低い値となった。ポリアクリルアミド水溶液は、水中汚濁の発生防止に極めて高い効果を示した。

5. 水中流動した事前混合処理土の強度

実験Aおよび実験Bの気中供試体の一軸圧縮試験結果は、それぞれ15.0kgf/cm²および11.9kgf/cm²であった。水中流動した事前混合処理土の強度試験の結果を図-3に示す。水中供試体は、水槽に打設された事前混合処理土の表面から10~20cmの範囲の深さから採取した。分離防止剤の濃度が0ppmの塩水中に打設し塩水中を流動した実験Aの結果は、平均強度が9.0kgf/cm²で気中強度の60%に相当し、変動係数の平均値が10.8%である。特に流動距離が2.1mの地点では、

その変動係数が 21.0%であり、結果が大きくばらついている。この地点は、打設された事前混合処理土の表面勾配の最も大きな箇所でもある。分離防止剤のポリアクリルアミド水溶液中に打設し塩水中を流動した実験 B の結果は、平均強度が 11.1 kgf/cm^2 で気中強度の 92% に相当し、変動係数の平均値が 5.8% である。また、打設中心において表面から 30~40cm の深さの範囲から採取した供試体の強度試験結果は、実験 A において 12.5 kgf/cm^2 で気中強度の 83% に相当し、実験 B において 12.3 kgf/cm^2 で気中強度の 103% に相当した。

これらを比較すると、分離防止剤を用いた実験 B における強度が、実験 A に比較して全体的に高い。また水中流動に伴う強度の変化を比較すると、実験 A においては、僅かな流動で強度が低下しているが、実験 B においては、1.4m までの流動では、ほとんど強度低下が認められず、それ以上の流動では、強度が低下するもの、ばらつきが非常に小さい結果となった。水中での材料分離により生ずるレイタンス状の物質は、実験 A において打設中心から離れた箇所において僅かにみられたが、実験 B においてはまったく見られなかった。これらの比較から、トレミーの筒先周辺に分離防止剤であるポリアクリルアミド水溶液を保持し、その中へ打設した事前混合処理土は、水中流動しても、材料分離が防止されることが示された。

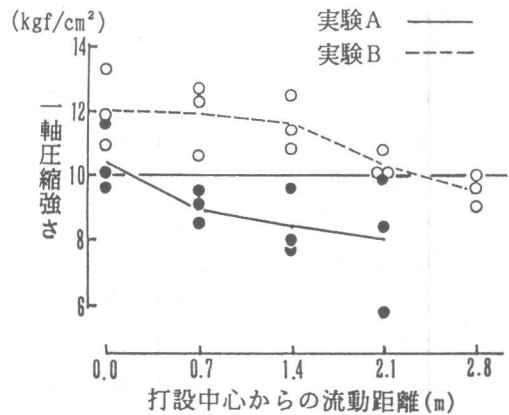


図-3 水中流動した処理土の一軸圧縮強さ

6. まとめ

セメントを安定材とし、関東ロームを助材とする事前混合処理土を、分離防止剤としては極めて濃度の低いポリアクリルアミド水溶液中にトレミーを用いて打設し、続いて塩水中を流動した後の表面形状、濁度および硬化した後の一軸圧縮強さを、分離防止剤を用いない場合と比較して、次のような結果を得た。

(1) 分離防止剤水溶液中に打設された事前混合処理土は、その後塩水中を流動しても分離防止剤の効果が認められ、水中汚濁の発生が極めて小さく、硬化した事前混合処理土の強度の低下が少なく、ばらつきも小さい。また、レイタンス状の物質の発生も極めて少ない。

(2) 関東ロームを助材に用いた事前混合処理土は、練りませ後一定時間を経過すると、流動性が低下するが、そのような事前混合処理土を塩水中に打設すると、表面勾配が大きくなり、強度のばらつきが大きくなる。

参考文献

- 1) 伊藤亜政・富岡良光・辻幸和：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，コンクリート工学年次論文報告集，第13巻，第1号，pp. 451-456，1991. 6
- 2) 伊藤亜政・富岡良光・辻幸和：セメントを安定材とし関東ロームを助材とする事前混合処理土の水中分離抵抗性，コンクリート工学年次論文報告集，第14巻，第1号，pp. 529-532，1992. 6
- 3) 伊藤亜政・辻幸和・富岡良光：セメントを安定材とする事前混合処理土の強度に及ぼす分離防止剤の影響，セメント・コンクリート論文集，NO. 46，pp. 1000~1003，1992. 12