# 大径礫を使用した埋立地盤の液状化対策工法の開発実験報告その１―室内実験―

清水建設株式会社 正会員 ○宮下 剛幸
清水建設株式会社 非会員 伊勢 寿一
あおみ建設株式会社 非会員 吉原 到
信越化学工業株式会社 正会員 山川 勉

## １．はじめに

埋立地盤を造成する際の埋立材料は、「浚渫土砂」と「地山を崩した土砂」の二つに大別される。後者では粒径の大きい礫質材料で埋立を行う場合がある。一方、造成地盤の液状化対策を考えると、「埋立後に対策を実施する方法(ｻﾝﾄﾞｺﾝﾊﾟｸｼｮﾝ工法等)」と「埋立時に対策を実施する方法(事前混合処理工法等)」に大別されるが、大径礫材料を使用する場合、埋立後の対策工法はその適用が困難である。また、埋立時の対策工法は礫径20㎜ 以下の実績が主であり、大径礫材料の使用を想定していないと考えられる。そこで、大径礫を使用した材料による埋立時に液状化対策を行う工法の開発を目的として実験を行った。本報はこのうち室内実験結果を報告する。別報にて大型屋外実験を報告しているので合わせて参照されたい。

## ２．開発工法の特徴

開発工法は大径礫材料を使用した埋立時液状化対策工法である。なお、埋立材料の最大礫径は200～300 ㎜程度を想定している。開発工法では大径礫を使用した埋立材に安定材（セメント）と分離防止剤を混合し、水中打設後に締固めを行うことで、強度増加とバラつきの低減を図っている。既往技術との違いを**表-1** に示す。

**表-1 開発工法の特徴**

| | 既往技術 | 開発工法 |
|---|---|---|
| 材料礫径 | 20㎜ 程度 | 200～300 ㎜ |
| 締固め | 無し | あり |

## ３．室内試験目的および概要

室内試験は、①最適な配合の選定、②締固め効果確認の 2 点を目的として実施した。実験ケース一覧を**表-2** に示す。シリーズ 1 は予備実験と位置付け既往技術の実験[1)]を参考に実施した。水中不分離剤は事前混合処理工法で用いられるアクリル系材料(以下 PAAm と略す)を使用し、供試体は水中落下方式で作製した。シリーズ 2 では水中不分離性コンクリートなどで用いられるセルロース系水中不分離剤(以下 MC と略す)を使用し、供試体作製をより実施工に近い水槽内落下方式とした。

**表-2 実験シリーズ**

| No. | | 配合(骨材重量比) 骨材 | ｾﾒﾝﾄ | 水 | 水中不分離剤 | 水中不分離剤 | 供試体作製方法 | 締固め 時間(s) | 使用機器 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| シリーズ1 | 1-1 | 100 | 10 | 9 | 0.90% | PAAm | 水中落下 | 0 | 簡易振動機 |
| | 1-2 | 100 | 10 | 9 | 0.90% | | | 20 | |
| | 1-3 | 100 | 10 | 9 | 0.90% | | | 40 | |
| | 1-4 | 100 | 10 | 9 | 0.00% | | | 20 | |
| | 1-5 | 100 | 10 | 9 | 0.45% | | | 20 | |
| | 1-6 | 100 | 10 | 9 | 1.35% | | | 40 | |
| シリーズ2 | 2-1 | 100 | 10 | 9 | 0.000% | MC | 水槽内落下 | 20 | 振動テーブル |
| | 2-2 | 100 | 10 | 9 | 0.036% | | | 20 | |
| | 2-3 | 100 | 10 | 9 | 0.063% | | | 20 | |
| | 2-4 | 100 | 10 | 9 | 0.090% | | | 20 | |
| | 2-5 | 100 | 5 | 9 | 0.036% | | | 20 | |
| | 2-6 | 100 | 5 | 9 | 0.063% | | | 20 | |
| | 2-7 | 100 | 5 | 9 | 0.090% | | | 20 | |

※骨材：C-40(栃木県産砂岩) セメント：高炉 B 種（太平洋セメント）
簡易振動機 ：定格入力 10W、振動数 100Hz
振動テーブル：定格入力 550W、振動数 47.5Hz

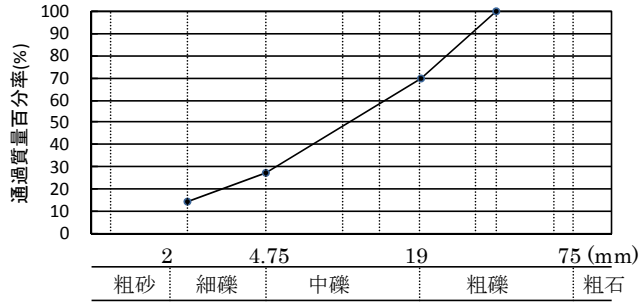
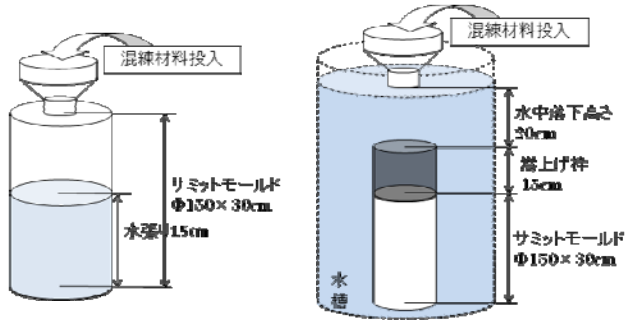



図-1 使用骨材ふるい分け試験結果




(a)水中落下法 (b)水槽内落下法

図-2 供試体作製方法

キーワード：液状化対策、礫質土、セメント混合、締固め、水中不分離剤
連絡先 ：〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスＳ館 清水建設株式会社 土木技術本部 基盤技術部 tel:03-5441-0554

## ４．室内試験方法

実験に使用した骨材は、使用モールドの制約から最大粒径 40mm とした。**図-1** に使用骨材の粒径加積曲線を示す。供試体はφ150×h300 のサミットモールドを使用して作製した。混練は傾胴式ミキサーを使用して実施した。供試体は**図-2** に示した方法で材料投入と締固めを行い作製した。供試体作製後、水温 20℃の養生水槽内にて所定日数養生し、一軸圧縮試験を実施した。

## ５．室内試験結果および考察

一軸圧縮試験の結果を**図-3**～**図-5** に示す。シリーズ 1 とシリーズ 2 は供試体作製方法が異なるため一律に比較は出来ない。**図-3** は締固め時間と強度の関係を示している。同図より 20 秒程度の締固めにより強度が約 1.2 倍増加していることが確認でき、締固めに一定の効果があるといえる。**図-4** はシリーズ 1 において PAAm 添加量と強度の関係を示している。添加量の増加とともに強度が減少していることがわかる。この現象の詳しいメカニズムは解明できていないが、PAAm が一般に凝集沈降剤として使用されることから、次の原因が考えられる。PAAm には材料分離を防止する効果は少なく、分離したセメントを凝集沈降させる効果を有する。このため、モールド内では骨材と分離・凝集・沈降したセメントペーストが別々に存在し、さらに締固めによりセメントペーストがモールド下部に沈降していく。その結果、供試体上部ではセメントが不足し、ほぼ骨材のせん断抵抗角のみで強度を発現する構造となる。PAAm 添加量が多いほど凝集沈降されるセメントも多くなり、強度が低下していくと考えられる。

**図-5** には MC 添加量と強度の関係を示している。MC 添加量の増加に伴い強度が増加していることがわかる。MC は増粘効果を有する材料であるので、MC の添加によりセメントペーストの粘性が高くなる。この粘性により水中での分離抵抗性を高めているので、骨材の周りにセメントペーストが残っている状態となり、セメントの硬化による強度発現がなされていると考えられる。MC 添加によって、セメントペーストが骨材周りに存在していることを確認するため、供試体上部と下部から試料を採取し、セメント含有量を測定した。結果を**図-6** に示す。MC を添加することにより、供試体上下端でのセメント含有率の差が少なくなっており、分離抵抗性が高くなっていることが確認できた。

## ６．まとめと今後の課題

実験結果から次の点が確認できた。①一定時間の締固めにより強度が増加する。②PAAm 添加に伴い、強度が低下する。③MC 添加に伴い、強度が増加する。今後の検討課題として、次の点が挙げられる。①実施工で想定する 200～300mm 級の礫への対応、②液状化強度および動的変形特性の把握、③硬化前と硬化後における品質の確認方法。

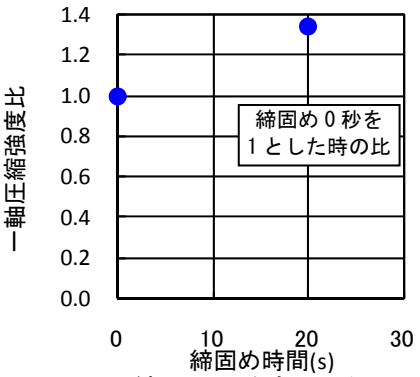



図-3　締固めと強度の関係
（シリーズ 1）

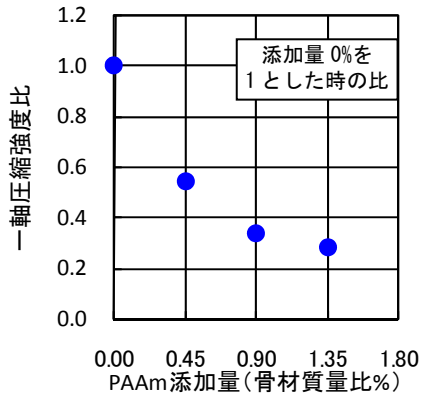



図-4　PAAm 添加量と強度の関係
（シリーズ 1）

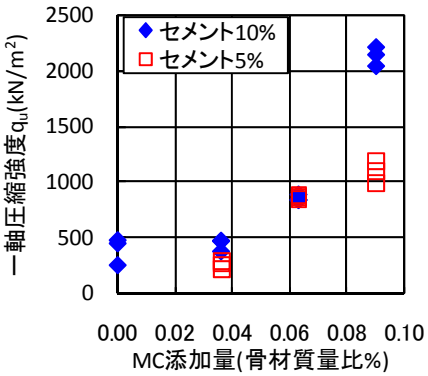



図-5　MC 添加量と強度の関係
（シリーズ 2）

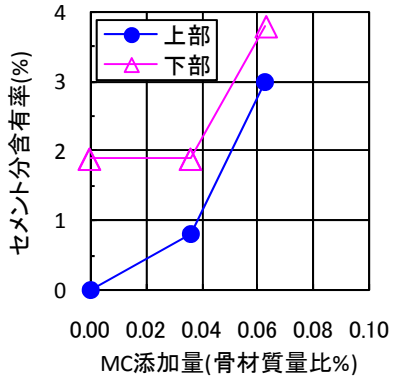



図-6　MC 添加量とｾﾒﾝﾄ含有率

《参考文献》 1）事前混合処理工法技術マニュアル　（財団法人　沿岸技術研究センター、平成 20 年）

キーワード：液状化対策、礫質土、セメント混合、締固め、水中不分離剤
連絡先　　：〒105-8007　東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館　清水建設株式会社　土木技術本部　基盤技術部　tel:03-5441-0554