軽量混合処理土工法の施工および設計上の課題の検討

Light Weight Treated Soil Method:From the viewpoint of execution and design

今井　誠*・鶴谷　広一**
IMAI,Makoto and TURUYA,Hiroichi

＊（財）沿岸開発技術研究センター　調査部 研究員
＊＊（財）沿岸開発技術研究センター　理事・リサイクル研究部長

The light weight treated soil method is a construction method that has attracted attention as a way to usefully recycle dredged soil and surplus soil form construction works as well as for its earth pressure reduction effects and settlement control effects. This report describes the execution of this construction method and the present state of research on the method.

Key Words: Light weight treated soil, super-geo material , recycled material , backfull material , centrifugal model test , earth pressure reduction

1. はじめに

軽量混合処理土工法（以下、SGM 工法と記す）は，液性限界以上に加水してスラリー化させた粘性土などの原材料に，固化材及び軽量化材を添付・混合した軽量処理土を，港湾・空港等での埋立や裏埋材などに用いる工法である．大量の山砂を埋立・裏埋材として供給することは次第に困難になっている上に，浚渫土や建設発生土の処分が問題になっている．SGM 工法は，土を軽量化することによる土圧低減効果および沈下抑制効果のみならず，浚渫土や建設残土を再利用できるリサイクル材料として，今後，さらにその適用範囲が拡がると考えられている工法である．

平成11年4月に，SGM工法の設計法及び施工法に関してとりまとめた「軽量混合処理土工法技術マニュアル」が，運輸省港湾技術研究所（現 （独）港湾空港技術研究所），民間 23 社及び（財）沿岸開発技術研究センター（以下，当センターと記す）の共同調査成果として発刊されている．当センターでは，マニュアル発刊後もSGM工法に関する調査を受託し，検討を進めている．

平成 12 年度には，「軽量混合処理土の実利用に関する調査」を国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所より受託し，SGM 工法の設計上及び施工上に残された課題について整理を行った．平成 13 年度にはとりまとめを行う予定である．さらに，「軽量混合処理土工法技術マニュアルのフォローアップ調査」を民間会社にて構成されているSGM軽量土工法協会から受託し，主にSGM工法の設計及び施工に関する現状および最近の研究課題の整理を行った．

本レポートでは、平成12年度に当センターが受託した上記2件の調査から，施工状況と技術的調査の近況について報告する．

2. 施工実績および品質調査について

表-1 に，SGM 工法の施工実績一覧を示す．平成7年にﾎﾟｰﾄｱｲﾗﾝﾄﾞ地区岸壁築造工事に採用されて以来，ここ 6 年間に 13 工事で採用され，施工総数量は約 170,000m^{3}にのぼっている．各工事において，護岸・岸壁に作用する土圧軽減効果や，軟弱地盤上の構造物の沈下低減効果に加え，浚渫土や建設残土を利用し，リサイクル材料としてもその役割を果たしている．

図-1 に，施工実績の内，横浜港中央地区岸壁(-7.5m)改良工事での標準断面図を示す．本工事では，兵庫県南部地震の直下型に匹敵する規模の地震に対応するように，桟橋背面施設への土圧低減効果を目的として，SGM 工法が採用されている．

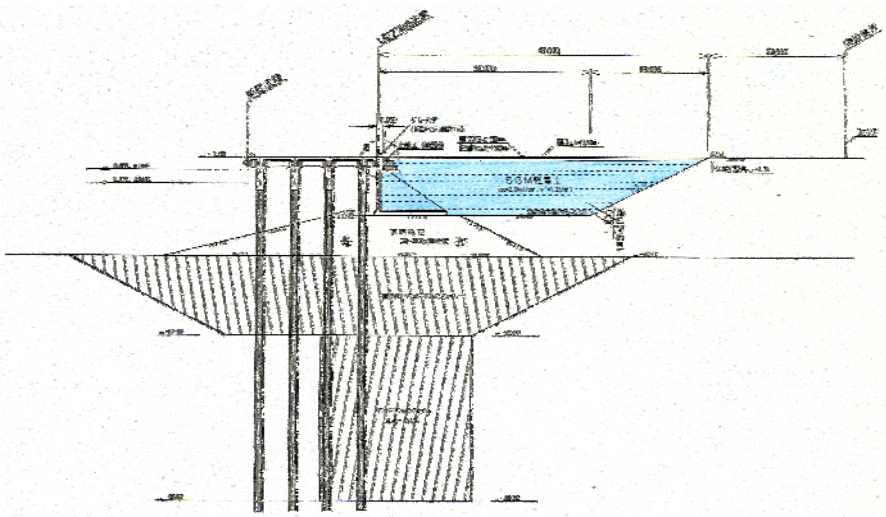
図-2 に，当工事における施工フロー図を示す．当工事では，SGM 原料土として横浜港における浚渫土を利用している．軽量混合処理土としては，一般に気泡混合処理土と発泡ビーズ混合処理土があるが，本工事では気泡混合処理土が採用されている．さらに，原材料と気泡材の適合性を室内配合による気泡材選定試験で確認を行い，動物ﾀﾝﾊﾟｸ系気泡剤が用いられた．動物ﾀﾝﾊﾟｸ系気泡剤が大規模に使用されたのは，本工事が初めてである．

図-3 および図-4 に，コア採取による湿潤密度および一軸圧縮試験の深度分布を示す．いずれも設計目標値に対して，十分に管理されていることがわかる．軽量土の経年変化についての調査は，ﾎﾟｰﾄｱｲﾗﾝﾄﾞの工事で22ヶ月後のﾃﾞｰﾀが最長である．また，大水深に適応した処理土の密度変化を測定したものとしては，熊本港SGM軽量土打設試験調査として水深約 10m における 1 年後調査結果の報告がある．いずれの調査結果も時間の経過による急激な変化はみられず，その変化は収束に向かっている．超長期間の経年変化については，今後の調査テーマとして残っている．また，国土交通省下関港湾空港技術調査事務所，（独）

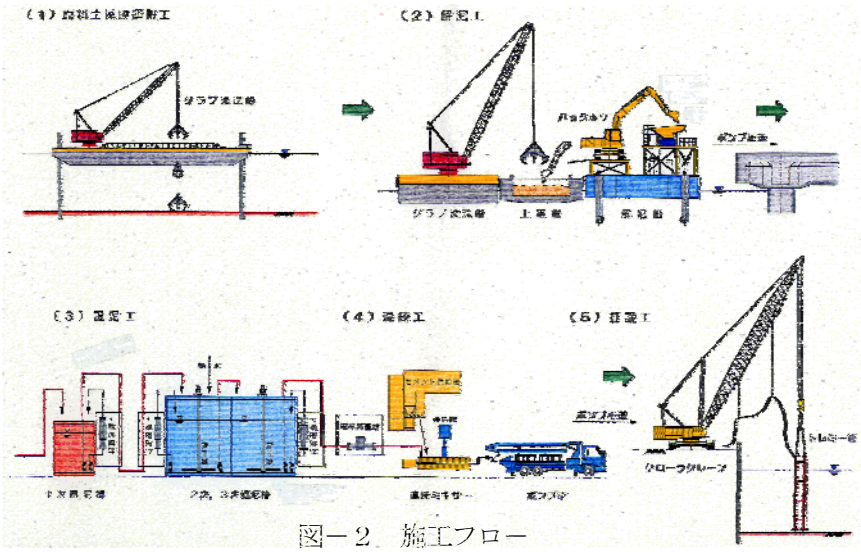
港湾空港技術研究所，熊本大学は，X 線 CT 装置を用いて　　気泡混合処理土の浸透特性について共同研究中である．

表－１　ＳＧＭ工法の施工実績一覧　　(SGM 軽量土工法協会　調べ　平成 13 年 4 月現在)

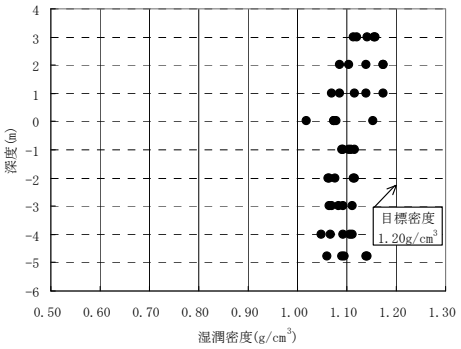
工事名	実施期間	施工概要	施工数量 (m^3)
ポートアイランド（第 2 期）地区岸壁（−7.5m）築造工事	H7～H8	神戸港航路浚渫土利用	21,610
東京国際空港沖合展開Ⅲ期地区外周護岸工事	H8	シールド残土脱水処理土利用	1,930
熊本港SGM軽量土打設試験	H10	熊本港航路浚渫土利用	890
東京国際空港新 A 平行誘導路地盤改良工事（その 2）	H10	建設残土、現地掘削土利用	32,220
石狩新港東地区岸壁改良外一連工事	H10～11	現地掘削土利用	3,240
東京国際空港場周道路用地造成工事	H11	建設残土利用	11,020
東京国際空港新 B 滑走路地盤改良工事（その 8）	H11	建設残土利用	8,400
平成 11 年度石狩湾新港（−10m）岸壁改良工事	H11～H12	岸壁背後掘削土利用	4,114
平成 11 年度大井埠頭新 6 バースアクセス護岸補強工事	H11～H12	岸壁背後掘削土利用	10,210
平成 10 年度東京国際空港新 A 平行誘導路地盤改良等工事（その 4）	H11	自工区掘削土及び羽田空港建設残土	23,490
平成 11 年度横浜港中央地区岸壁（−7.5m）改良工事	H12～H13	横浜港浚渫土利用	43,170
平成 12 年度衣浦港中央ふ頭地区道路（トンネル）半田側護岸復旧工事	H12	現地仮置き土利用	417
平成 12 年度大井埠頭新 4 バースアクセス護岸補強工事	H12～H13	岸壁背後掘削土利用	9,240
施工数量　合計			169,951



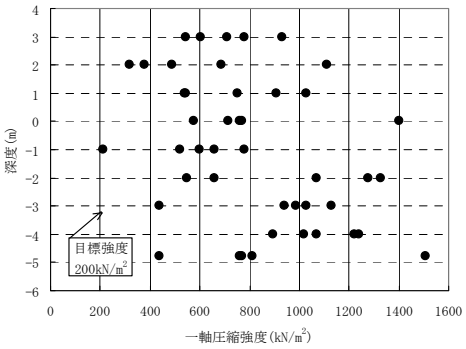
図－１　施工例標準断面図（横浜港中央地区岸壁(-7.5m)改良工事）



図－２　施工フロー



図－３　湿潤密度の深度分布

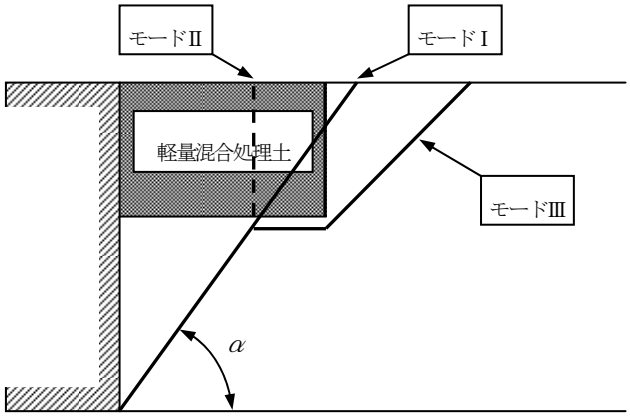


図－４　一軸圧縮試験の深度分布

3.　設計上の課題に対する調査について

3.1 設計上の課題

現行の設計では,気泡混合処理土で裏埋めした岸壁の地震時主働土圧の算定は,分割法により図－５に示す３ケースの破壊モードを仮定している.しかし,地震時のケーソンと SGM 軽量土の相互作用により,複雑な現象が発生することも考えられる.平成 12 年度より,国土交通省九州地方整備局下関港湾空港工事事務所と（独）港湾空港技術研究所は,共同研究を行い,本課題を解明するため遠心模型振動実験を実施し,現在とりまとめ中である.本レポートでは,遠心模型実験の速報について紹介する.



図－５　分割法による破壊モードの仮定

3.2 遠心模型振動実験

（１）模型概要と実験ケース

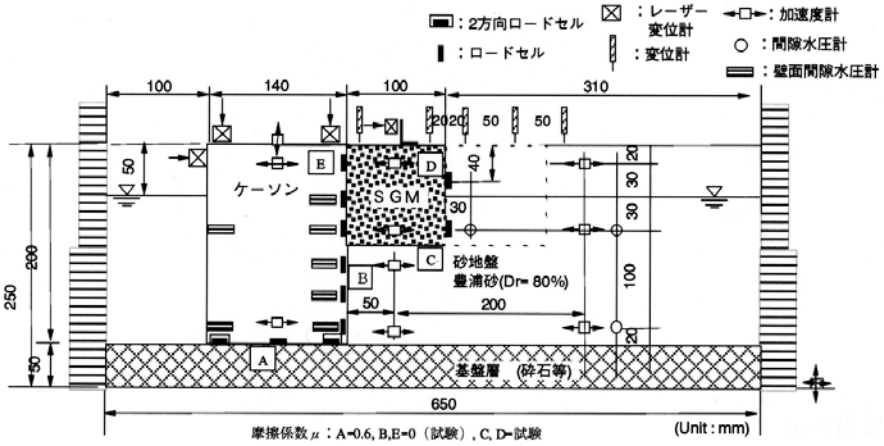
図－６に模型概要図を,表－２に実験ケースを示す.模型は,ケーソン式岸壁(-7.5m)の背後に SGM 軽量土を使用したモデルを想定し,縮尺は 1/50 である.加振は 100gal,200gal,300gal の３段階のｽﾃｯﾌﾟ加振とし正弦波を 20 波入力した.模型はケーソン背後の改良幅を変えた３ケースを作成し,加振した.

表－２　実験ケース

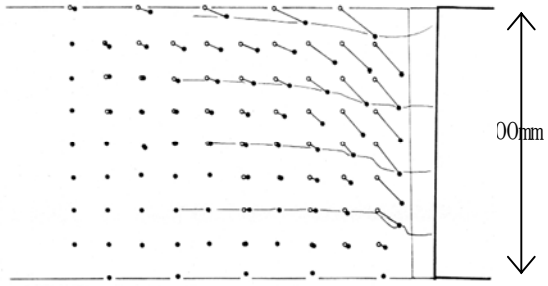
ｹｰｽ番号	実験ｹｰｽ	模型スケール
Case 1	未改良	未改良
Case 2	5m 改良	100mm 改良
Case 3	10m 改良	200mm 改良

（２）実験結果

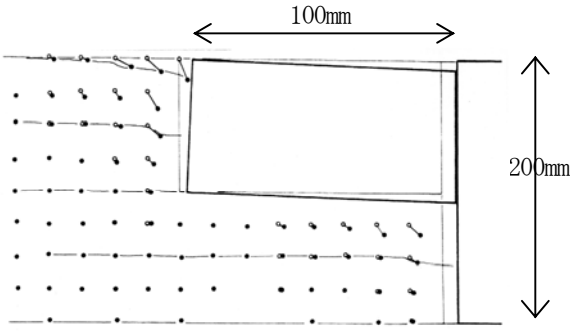
図-７および図-８に未改良ｹｰｽ（Case1）と 100㎜改良ｹｰｽ(Case3)における300gal加振後までの背面地盤の変位ベクトル図を示す. 未改良(Case1)は, 背後地盤が主働崩壊し, 10m 改良ｹｰｽ（Case3）では, 軽量混合処理土背後の地盤とｹｰｿﾝ背後の軽量土下の地盤がそれぞれ別々に主働崩壊していることがわかる.



図－６　模型概要図



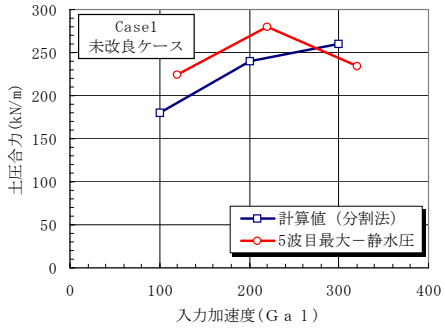
図－７　300gal 加振前後の変位ベクトル図（未改良）



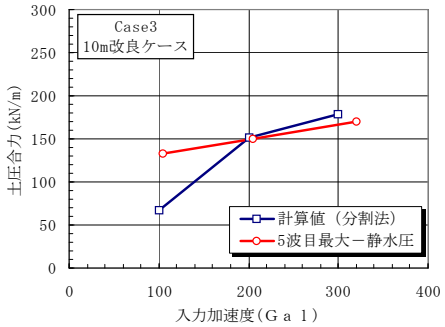
図－８　300gal 加振前後の変位ベクトル図(100mm 改良)

図－９, 10 に計測された地震時土圧合力(計測された全土圧から静水圧分を差し引いたもの）と計算により求められた分割法土圧との比較図を示す.
これらの図より, 以下のことがわかる.

- SGM 改良することにより, 地震時土圧は低減している.
- 実験結果と計算結果は, 良く一致している.



図－９　土圧合力の計算値と計測値の比較(未改良)



図－10 土圧合力の計算値と計測値の比較(100mm 改良)

（３）実験結果のまとめ

- 今回の実験結果では,地震時の軽量混合処理土は剛体的な挙動を示し,ケーソン底部から発達する破壊線は軽量混合処理土の内部を切ることなく, 軽量土背後の地盤とケーソン背後の軽量混合処理土下の地盤がそれぞれ別々に主働崩壊することが確認された.

- 分割法による土圧算定式は,軽量混合処理土を用いた護岸に対し,設計法に基づく合理的な地震時設計土圧を与えることが確認された.

- 岸壁の背後地盤に SGM 軽量混合処理土を用いることで,地震時土圧は低減されることが確認された.

４．　おわりに

SGM 工法は, 合理的でﾘｻｲｸﾙに配慮した新しい工法として, 今後ますます採用されるものと考えられる. (財) 沿岸開発技術研究センターでは, 今後もSGM工法に関する調査を継続し, 将来的には現行のマニュアルの改訂を含めてとりまとめたいと考えている.
現在, 本工法を海外へ紹介することを目的として, (独) 港湾空港技術研究所の土田室長を座長に, ＳGM 軽量土工法協会の協力により, 英文マニュアルを作成中であり, 本年度には発刊出来る見込みである.

参考文献

1)　軽量混合処理土工法技術マニュアル: (財) 沿岸開発技術研究センター　1999. 4.
2)　気泡混合処理土の実利用に関する調査報告書:下関港湾空港技術調査事務所　(財) 沿岸開発技術研究センター　2001.3.
3)　軽量混合処理土工法技術マニュアﾙﾌｫﾛｰｱｯﾌﾟ 調査検討会資料　(財) 沿岸開発技術研究センター　2001.4.