

人工干潟の段階的造成と維持管理を目的とした
浚渫土の地盤内圧入工法に関する研究Development of Pressure Injection Method for Staged Construction and Maintenance of
Artificial Tidal Flat

亀山武士	Takeshi KAMEYAMA	(広島大学大学院工学研究科)
土田 孝	Takashi TSUCHIDA	(広島大学大学院工学研究科)
高 将真	Changjin KO	(五洋建設(株) 技術研究所)
杉原広晃	Hiroaki SUGIHARA	(五洋建設(株) 中国支店)
熊谷隆宏	Takahiro KUMAGAI	(五洋建設(株) 技術研究所)
山田耕一	Koicji YAMADA	(五洋建設(株) 技術研究所)

人工干潟地盤の圧密沈下を補修するとともに、港湾事業とより連携し、造成後の維持管理が容易で新たな人工干潟の造成工法の開発を行った。本工法は覆砂層の下に浚渫粘土を圧入する技術を用いるが、従来の粘土層と覆砂層の二層構造に加え、より効率的な圧入を行うため浚渫土と覆砂の間に厚さ 50cm 程度の固化処理層を設置する三層の干潟構造について室内型模型実験と実規模圧入実験を実施することにより検討を行った。室内試験で固化処理層を設置した三層構造の圧入を行った結果全体的に偏ることなく均一な圧入が可能であった。18m×18m の地盤において圧入試験を行った結果、固化処理土層が無い二層構造では 87m³、固化処理土層がある三層構造では 179m³ の圧入が可能であり、固化処理土層の効果が確認できた。

キーワード：人工干潟、浚渫土、圧入、粘土、固化処理土、現場実験 (IGC:H-07, H-11, T-14)

1. はじめに

1950 年代の高度成長期以降、沿岸域の開発や埋め立てなどにより、多くの天然の干潟や浅場が失われた。1980 年代後半より、瀬戸内海沿岸では沿岸環境の再生を目指して、港湾や航路から発生した浚渫土を活用し中詰粘土層に利用した人工干潟の造成が行われてきた。しかし浚渫土を中詰め材として使用した人工干潟では造成から数年後に自重によって圧密沈下が発生し、干潟面積が減少するという問題が起りやすい。人工干潟造成の目的としては、広島港五日市地区のように野鳥の飛来地としての機能や尾道糸崎港海老地区のようにアサリの生育などが設定される場合があるが、いずれの場合も沈下によって干潟面積が造成時よりも減少することや、生物生息の環境が安定しないことは大きな課題となっている¹⁾²⁾。また、現行の土地造成と同様の人工干潟造成工法では、工事ごとに造成工事と浚渫工事の調整を行って工事を開始し、完了後には干潟を利用者に引き渡すことになっており、工事開始前の調整に時間を要する、造成後の維持管理が難しいといった課題があった。

筆者らはこのような問題を打開すべく、図-1 に示すように干潟内部にパイプを通して浚渫土を圧入すること

により地盤高の嵩上げを行う技術の開発を行ってきた³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。圧入によって既存の干潟を修復・拡張するメリットとしては(1)圧密沈下した干潟地盤を元の高さに回復(2)干潟の利用と両立して人工干潟を拡張できる(3)海中に浚渫土を投入しないため環境への負荷が少ない(4)長期間にわたり計画的に干潟を造成することができる等が挙げられる。

本技術では 1 箇所からできるだけ多くの浚渫粘土を地盤内に均等に圧入する必要がある。これまでの室内実験により、圧入用パイプ周りの隆起を抑える隆起抑制板の設置と、圧入口周りの粘土をあらかじめ水平方向に加水攪拌した高含水比層の形成が、浚渫土をより効

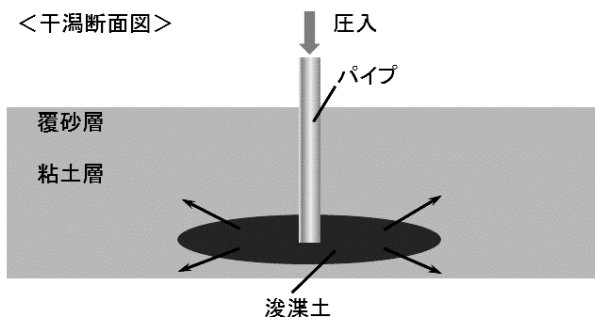


図-1 浚渫土圧入技術の模式図

率的に圧入する上で有効であることがわかっている。

本研究は、さらに圧入効率を高めるために、従来の造成方法で一般的であった浚渫粘土層－覆砂層による二層の干潟構造に対して、さらに浚渫粘土層－固化処理土層－覆砂層の三層からなる干潟構造について新たに検討を行った。人工干潟を三層構造とする狙いは、固化処理土層の存在によって鉛直方向への隆起を抑制して水平方向への圧入を促進すること、圧入時の表層からの浚渫土の吹き出しを抑えて、一つの圧入口からの圧入量の増加を図ることである。実験室内で10分の1スケールの模型圧入実験を行って、三層構造の場合の圧入時及び圧入限界時の地盤の挙動を調べた。さらに実規模で人工干潟地盤を造成して圧入実験を実施し、二層構造と三層構造のときの圧入量と圧入後の地盤の形状について比較を行った。

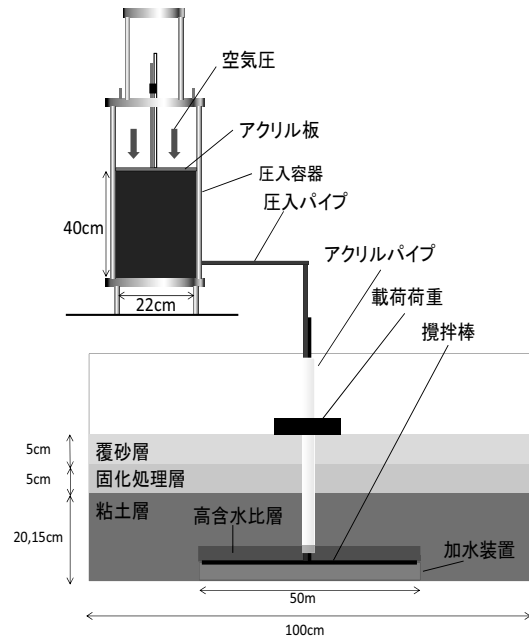


図-2 実験装置

2. 室内模型圧入実験

実験スケールは10分の1とし、重力場で実験を行った。

具体的には干潟断面を再現した模型地盤を作製し、その粘土層にスラリー状の粘土を圧入し、圧入前後の地盤高の変化、圧入した粘土の広がりなどを測定した。

2.1 実験方法

(1) 実験装置

図-2 に実験装置の概略図を示す。本装置は土層、圧入装置、加水装置、攪拌棒、圧入パイプ及び打設管からなる。土層は縦横 100cm、高さ 50cm のアクリル製である。圧入装置は、内径 22cm、高さ 50cm のアクリル円筒容器（写真-1 中の(a)）と、内径 15cm、高さ 30cm の圧入量確認のためのアクリル円筒容器（写真-1 中の(b)）から構成されている。アクリル円筒容器には底面から 8cm の高さに穴が開いており（写真-1 中の(c)）、そこからパイプを介してあらかじめ土槽中央部に設置した打設管の下部からスラリー状の粘土を粘土層へ圧入する。圧入パイプ（直径 0.95cm）は打設管（直径 9cm）の中を通し土槽の中央部に設置してあり、そこから圧送した粘土が下部から排出されるようになっている。また、打設管と粘土の境界面からの吹き出しを防止するために直径 5cm のかさを先端とその 5cm 上方に取り付けている（図-3）。加水装置は高さ 2cm のアクリル製の円盤の上部に厚さ 0.5cm のポーラスストーンが入っている構造となっており、水の供給は円盤の端についているコックの開閉により行う。また水を貯めたタンクに土被り圧程度の圧をかけ、圧入口周辺への水の供給を行なう。粘土の圧入は上部より空気圧をかけることで行い、空気圧

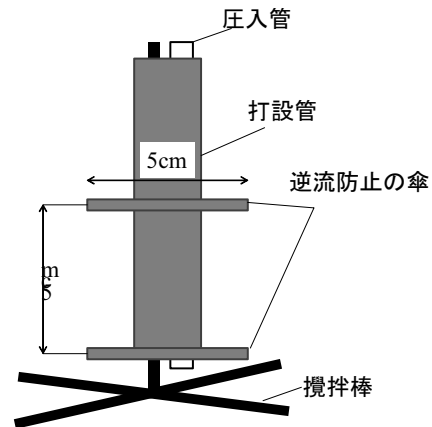


図-3 打設管下部

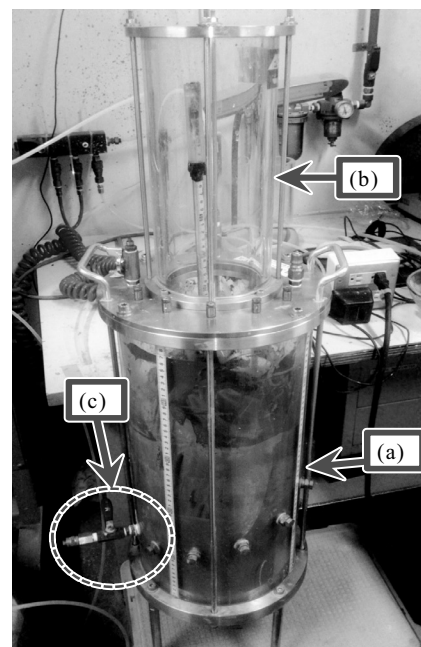


写真-1 圧入容器

測定は圧入容器上部に設置してある空気圧計を用いた。

(2) 各土層の作成方法

実験で用いる粘土は、市販の木節粘土 ($w_L=72\%$, $w_p=39.46\%$) を用いた。木節粘土は粉状であり、含水比の調整が容易である。本研究の模型実験は実施工の 10 分の 1 スケールを想定しているため、原地盤層・圧入側粘土の強度を実際の強度の 10 分の 1 (1.0kN/m^2) に合わせて行う。本実験では粘土の粘着力と重力が支配する現象と考え、内部摩擦角 $\phi=0$ における支持力係数が一致するようにした。ただし、粘着力を 10 分の 1 とするためには粘土の単位体積重量を実際の条件よりも小さくせざるを得ず、密度に関する条件については満足されていない点に留意する必要がある。粘土層の厚さは、それぞれ実施工における人工干潟造成後初期、中期～後期の圧入を想定し、模型土槽の底部から 15cm, 20cm とした。粘土の強度の調整は含水比を変化させつつハンドベーンで確認しながら行った。

(3) 圧入口まわりの高含水比層

圧入を効率的に行うためには、圧入口周りの粘土をあらかじめ水平方向に加水攪拌、高含水比層を形成しておくことが有効である³⁾⁵⁾⁶⁾。現場では水平方向の加水攪拌を水ジェットを用いて行うことが考えられるが、室内実験ではあらかじめ圧入口周辺 (直径 50cm) に水供給装置と攪拌棒を設置し、高含水比層を作製した。攪拌棒は圧入管とともに打設管を通して圧入口付近にある。圧入を開始する前に圧入口周辺の地盤を、水供給装置のポーラスストーンから水をにじみ出すと同時に攪拌棒により攪拌を行ない、打設管を中心として幅 50cm, 高さ 2cm 程度の高含水比層を原地盤内に形成させた。高含水比層のせん断強度は圧入するスラリー粘土と同程度になるように供給する水の量を設定した。

(4) 固化層

粘土層の上部 5cm に固化層を設置した。後に述べる現地実験では粘土層に製鋼スラグを混合した固化処理土 (カルシア改質土) を用いたが、所定の強度発生に 3 ヶ月を要するため、室内実験ではセメント処理土を用いることとした。現地実験におけるカルシア改質土の 3 ヶ月後の強度予測をもとに目標強度を一軸圧縮強度で 80kN/m^2 (実スケールの 1/10), また単位体積重量を 19kN/m^3 と設定した。このセメント処理土には木節粘土と普通ポルトランドセメントを使用しており、予備実験によってセメント添加率 $C^*=20\%$, 含水比 $w=1.3w_L$ (93.6%) で混合土を作製したのち 24 時間養生させることで目標強度を満足することを確認している。また、それだけでは単位体積重量が不足するため、鉛玉 (1 粒 6g) を 10kg 固化層の上部に敷くことで対応する。

表-1 実験ケースと実験結果

Case	1	2	0 ³⁾
粘土層厚(cm)	20	15	15
粘土層せん断強度 (kN/m ²)	1.0	1.0	0.6
固化処理層厚 (cm)	5	5	-
覆砂層厚(cm)	5	5	2
圧入粘土せん断強度 (kN/m ²)	0.1	0.1	0.05
圧入圧力(kN/m ²)	120~190	170~190	130
圧入量(cm ³)	36,110	26,990	6,080
実スケール換算圧入量 (m ³)	36	27	95
実スケールにおける高含水比層の範囲 (m)	5	5	12.5

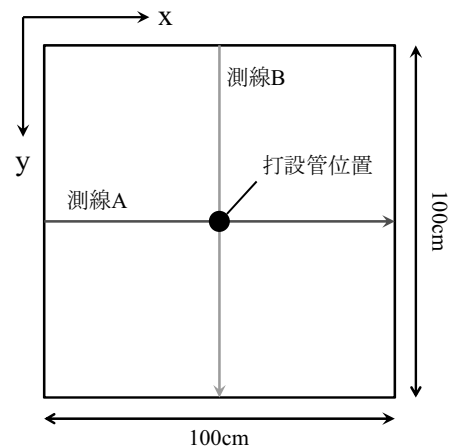


図-4 模型土層の平面図 (鳥瞰図)

(5) 覆砂層

固化層の上部に覆砂層を設置する。層厚は 5cm とし、豊浦砂を用いる。また、覆砂層の上部、打設管の周囲に圧入における鉛直方向への盛り上がりを抑えるため、隆起抑制板としてのおもりを 16cm×16cm の範囲に 5.5kg 敷設する。

2.2 実験手順

実験手順を以下に示す。

- (1) 加水装置と打設管を設置する。
- (2) 木節粘土と水を練り混ぜ、所定の強度となるように含水比を調整し、粘土層を作製する。アクリル土槽に投入していくが、このとき空気の混入がないように注意する。土層高さは 15, 20cm の 2 ケース。表面は凹凸を生じないように、こてで均しておく。
- (3) 所定の割合でセメント、木節粘土、水を練り混ぜ、固化層に用いるセメント処理土を作製し、粘土層の上部に投入する。層厚は 5cm。この後、固化層の強度を出すために 24 時間養生させる。

- (4) 固化層の上部に鉛玉を敷く。
- (5) 覆砂を行う。層厚は 5cm。
- (6) 打設管の周りにおもりを設置する。
- (7) 所定の圧力で粘土を圧入する。なお、圧入量をなるべく大きくするために圧入圧力のスケールはかけておらず、最適な圧入速度を設定している。

圧入した粘土は粘着力が 0.1kN/m^2 となるように調泥し、圧入容器に投入した。圧入前と、圧入容器に粘土を足す毎

に地盤高を 10cm メッシュで測定した。

2.3 実験結果

縮尺 10 分の 1 で行った室内実験ケースと結果を表-1 に示す。また比較のため過去の実験によって得られた固化層無しの場合 CASE0⁽³⁾を示す。粘土層厚 20cm (CASE1) では $36,112\text{cm}^3$ (約 36L), 層厚 15cm (CASE2) では $26,989\text{cm}^3$ (約 27L) の圧入が可能であった。圧入とともに固化層に

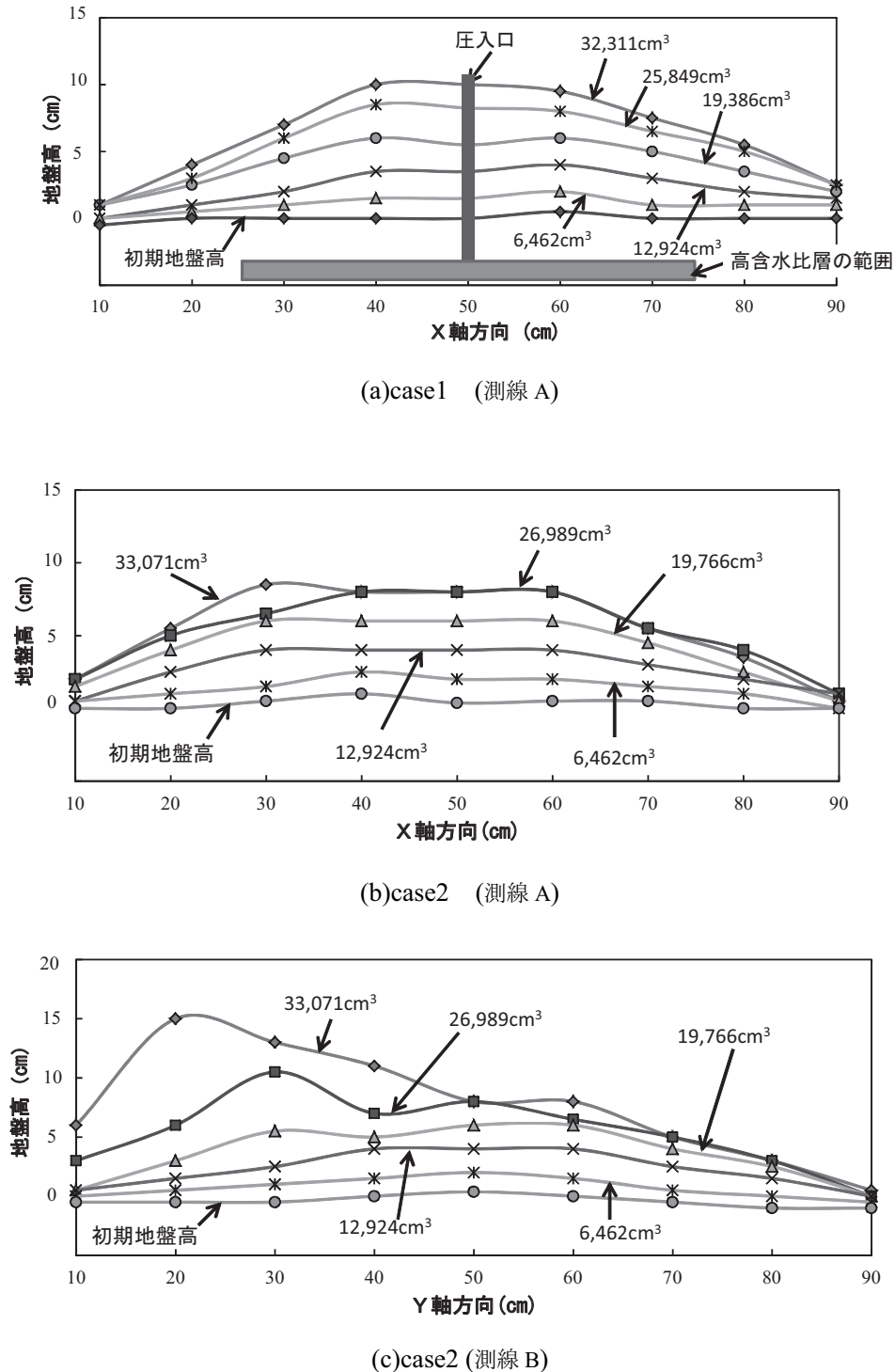


図-5 圧入量毎の地盤高の変化

はクラックが発生し、CASE1 では圧入量が 36L (実換算 36m³) の時に固化層のクラック及び覆砂層を貫通して粘土が表層に吹き出し、これ以上の圧入ができなくなった。CASE2 では粘土層厚 15cm (実換算 1.5m) の条件で圧入を行ったが、同様に 27L (実換算 27m³) 圧入時に粘土の吹き出しが生じ、圧入を終了した。

(1) 圧入による地盤高の変化

図-4 は模型土層の地盤高の測定を行った際の測線である。図-5 (a),(b),(c)に圧入時の測線における地盤高の変化を示した。

CASE1 (図-5 (a)) では、すべての段階においてほぼ均等に圧入されている様子が確認できる。また CASE1 に関しては、この側線 B においても同様の結果であった。次に CASE2 の場合 (図-5(b))、途中までは CASE1 と同じように均等に圧入されているが、26,989cm³ 圧入を過ぎると x=20~40cm の範囲でしか嵩上げできていない。一方で、側線 B における地盤高の変化 (図-5(c)) は 26.989cm³ 圧入完了以降かなり偏っており、特に y=10~50cm の範囲では地盤表面はほぼ崩壊している。これは固化層のめくれ上がりの中詰粘土の露出によるもので、これ以上の地盤の嵩上げは不可能であった。したがって、CASE2 においては 26.989cm³ 圧入終了までを圧入量として算定している。

次に、嵩上げの範囲に着目してみると、CASE1, CASE2 ともに、中心から離れるにつれて圧入による影響がみられなくなっている。特に x=10, 90cm の地点では実測値で 0~2.5cm 程度しか嵩上げされていない。この原因としてまず、土槽の壁面摩擦が考えられる。固化層を形成した時点で土槽と固化層は密着しているため、圧入前に一度へらで分離させる作業を行っている。しかし分離させたとしても壁面と固化層は接触したままであるので、あまり効果は期待できない。また高含水比層の範囲が半径 50cm であり、これは模型地盤の面積のうちおよそ 2 割である。図-5 の結果より、この範囲のみにしか高含水比層の効果が及んでいないことが予想される。したがって全体的に均一な嵩上げを行うには、高含水比層の範囲を広げることが重要であると考えられる。

(2) 圧入後の土層表面の状況

写真-3 は CASE1 における圧入終了後の土層表面の様子である。黒の点線で示す通り、土層の盛り上がりは円形状であり、高含水比層の効果が発揮されたものと思われる。細かく見ると偏った圧入にはなっているが、全体を見渡してみるとバランスよく圧入できていることを確認した。写真-4 は打設管周辺(写真-3 中の赤い点線)の拡大図である。固化層とその上の覆砂がめくれあがり、中詰粘土が露出している。また、打設管を中心として放射状に亀裂が入って

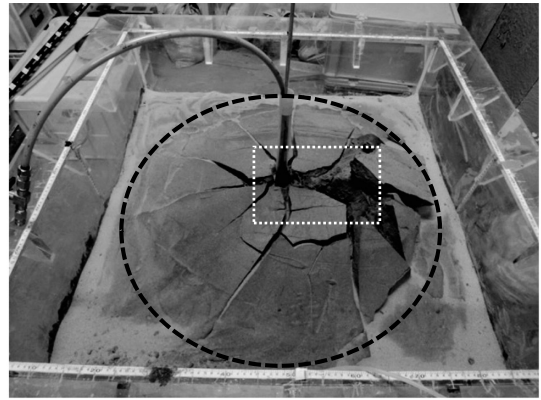


写真-3 土層表面の全体図 (CASE1)

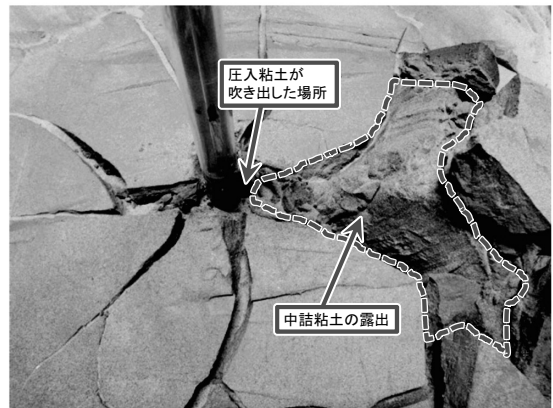
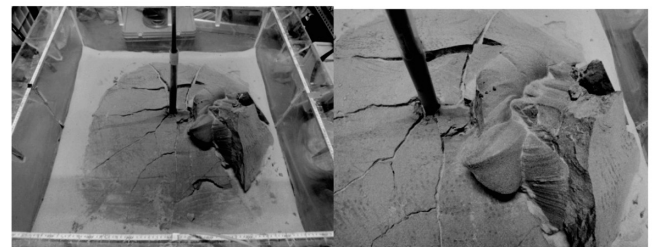


写真-4 打設管周辺 (CASE1)



(a) 圧入終了直後

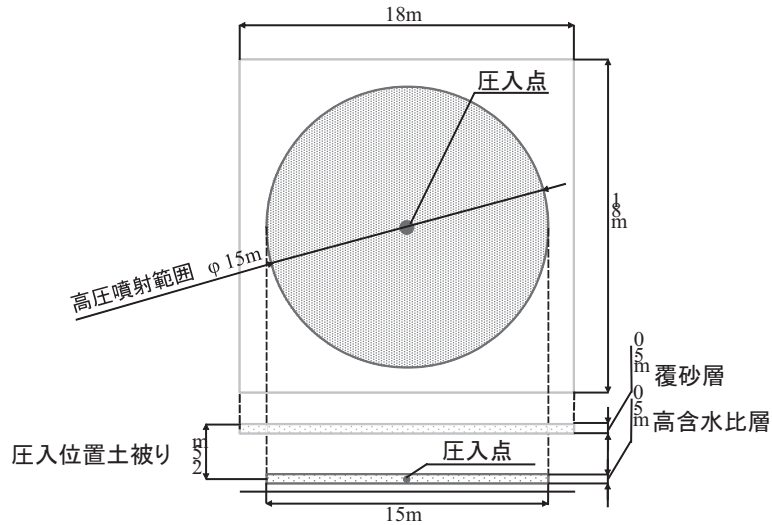


(b) 覆砂を取り除いたあと

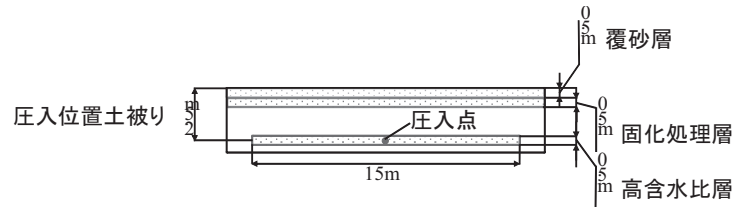
写真-5 表層の様子 (CASE2)

おり、打設管周りの部分に圧入圧力が集中し、圧入粘土の吹き出しを引き起こしたと考えられる。

次に、CASE2 の圧入後の土層表面の状態を写真-5 に示す。26.989cm³ 圧入を過ぎたあたりから写真-5(a)のように中詰粘土が露出し、圧入を継続しても粘土の露出が増加するのみであり、さらなる嵩上げには至らなかった。また写



(a) 平面図と断面図 (CASE F-1)



(b) 断面図(CASE F-2)

図-6 実規模圧入実験における地盤の平面図と断面図

真-5(b)では、CASE1 と同様に円形状に土層が盛り上がり、高含水比層の効果を確認した。CASE2 では圧入粘土の吹き出しは見られなかったが、これは隆起を抑制するために設置したおもりが有効に機能したためであると考えられる。一方で、中詰粘土の露出はおもりと土層表面との境界から発生しており、土層表面にかかる圧力差によって生じたものと思われる。したがって荷重を載荷する面積(おもりの面積)を拡大し、圧入による圧力を分散させ、特定の箇所への圧入の偏りを防ぐ必要がある。それだけでなく抑制する面積を拡大できれば圧入粘土が側方へ広がり、圧入量が増加する可能性もある。



写真-6 実験ヤードの造成状況 (加水攪拌により所定の強度を有する粘性土地盤の造成)

3. 実規模圧入実験

JFE スチール(株)の共同研究として、実規模での浚渫土圧入実験を実施した。実験場所は広島県福山市の JFE スチール(株)西日本製鉄所内笠岡地区浚渫土置場である。

表-2 は実験ケースである。表のように、固化処理層の有無による 2 ケースで実験を実施した。圧入位置までの土被りは両方とも 2.5m である。また、CASE F-2 は固化処理

表-2 実規模実験の実験ケースと実験条件

CASE	F-1	F-2
粘土層厚(m)	2.0	1.5
固化処理層厚 (m)	-	0.5
覆砂層厚(m)	0.5	0.5
粘土層せん断強度 (kN/m ²)	5.0~10	5.0~10
圧入粘土せん断強度 (kN/m ²)	0.5~1.0	0.5~1.0
圧入圧力 (kN/m ²)	0.1~0.2	0.1~0.2

層がある分 CASE F-1 よりも粘土層厚が 0.5m少なくなっている。その他の条件はともに共通である。

3.1 実験方法

図-6 に実験ヤードの平面図と断面図を示す。

(1) 実験ヤードの造成

JFE スチール(株)西日本製鉄所内の浚渫土ポンドにおいて実験用の土層を整地した(写真-6)。加水・解きほぐしを行い、土層を作成する。縦 18m, 横 18m, 深さ 2.0m の大きさであり、粘土層, 固化処理層, そして覆砂層を盛り上げる。また、固化層がある場合と無い場合の比較を行うため、土層は 2ヶ所造成した。圧入箇所表層部の浚渫土に加水しながら、スタビライザー付泥上作業車で攪拌し、所定の含水比となるように調整した。

(2) 固化処理層の作成(CASE F-2 のみ)

まず浚渫土と製鋼スラグを 7:3 の割合で混合し、固化処理土の作成を行った。解泥した浚渫土上に固化処理土を指定量撒き、スタビライザー付泥上作業車で混合し、固化層(層厚 50cm)を作成した。

(3) 覆砂材の敷設。

実験用土層の表層 0.5m に覆砂材(水砕スラグ)を撒き出して覆砂層とした。

(4) 高含水比層の作成

図-7 のようにして、高圧のジェット水(20~40MPa)を噴射して攪拌し、事前に地盤を緩めた。本方法では、一度の作業で直径 1.8m, 層厚は 0.5m 程度を攪拌することが可能であった。これを実験ヤード全体において地盤をゆるめるため、61ヶ所で噴射攪拌を行った。流量は 80~100L/min, 1ヶ所あたり 200~300L で加水した。目標含水比は 125%とした。写真-7 は作業を行っている様子である。この作業の後に、コーン貫入試験を行ったところ、高含水比層において 7割近く貫入抵抗値が減少していることを確認した。

(5) 圧入用の浚渫土の加水, 調泥

浚渫土置場内の浚渫土を揚土した後、調泥用のポンドへと移動した。その浚渫土に加水を施し、含水比を調節した。

(6) 浚渫土の地盤内圧入(図-8, 写真-8)

ポンドより運搬してきた浚渫土を水槽内に投入し、バックホウでコンクリートポンプに投入した。その後、浚渫土にセメントを添加した(水セメント比=1:1)。これは圧入粘土の形状を確認できるようにするためである。圧入速度は 40~50m³/h である。流量計, 圧力計を設置し、データを記録する。圧入量 10m³ 毎に地盤形状をレーザスキャナで記録した。トレミー管に直径 3m の載荷板を設け、2t/m² の載荷圧となるように敷き、鉄板を設置した。

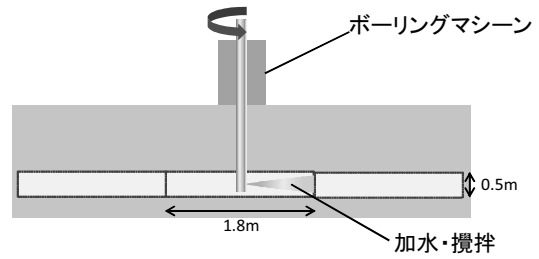


図-7 高含水比層の作成



写真-7 水ジェットによる加水攪拌の作業状況

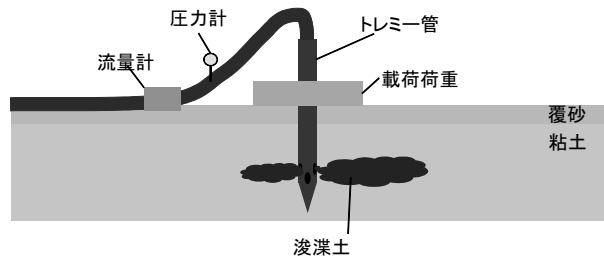


図-8 圧入作業



写真-8 圧入作業

表-3 実規模圧入実験の結果

CASE	F-1	F-2
圧入量(m ³)	85.6	179
最大隆起量(m)	0.66	1.26
1ha 換算圧入量(m ³)	約 4,800	約 10,000

3.2 実験結果

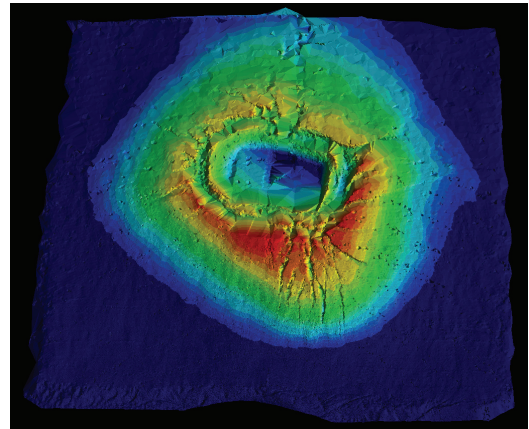
実験結果を表-3 に示す。CASE F-1 の圧入量は 85.6m³、CASE F-2 の圧入量は 179m³ となり 2 倍の差が出る結果となった。CASE F-1 ではクラックの発生とトレミー管の閉塞により、CASE F-2 では圧入粘土の表面流出により実験を終了した。

図-9 は圧入実験完了後の地盤表面の様子をレーザスキャナで 3D 復元したコンター図である。そして写真-9 に CASE F-2 の圧入完了後の地盤表面の様子を示した。図-8 (a)CASE F-1 をみると、中央部分の地盤高が上昇していないことが確認できる。CASE F-1 では圧入開始前の段階において既に打設管周りに設置した載荷板の影響でこの付近が陥没していた。圧入中においてもこの部分の嵩上げは行われず、最終的に載荷板のまわりが嵩上げされたのに対しクレーターのようになった。圧入自体は写真下部にやや偏っており、打設管を中心としておおよそ均等に嵩上げできた室内模型試験とは異なっている。この原因としては実規模実験では室内試験のように全体を均質に造成することはできなかったことが考えられる。嵩上げできた範囲は高含水比層の範囲よりもやや小さかった。また、打設管を中心として放射状にクラックが生じており、これに関しては室内試験と同様であった。

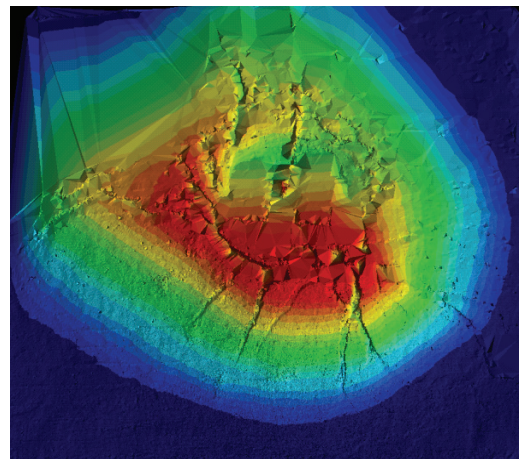
次に図-9 CASE F-2 をみると、CASE F-1 とは異なり、中央部分の陥没が見られない。これは固化処理層の効果であり、土層の均一な嵩上げに貢献していることがわかる。そして CASE F-1 と比べて嵩上げしている範囲もかなり広く、高含水比層の面積よりもやや大きい。この結果から固化処理土層の存在により、圧入した粘土が水平方向に拡がるという高含水比層の効果が増大したことが考えられる。

3.3 既往の研究との比較

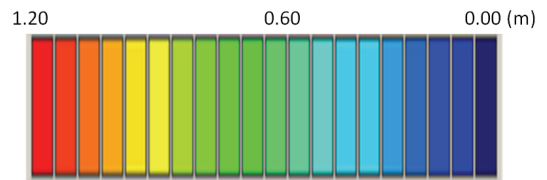
図-10 は、川崎ら³⁾⁴⁾によって行われた室内模型実験の圧入量を実スケールに換算した値を“高含水比層無し(模型)”，“高含水比層有り(模型)”，本研究で実施した室内模型実験を同様に実スケールに換算した値を“高含水比層・固化層有り(模型)”，実規模圧入実験の圧入量を“固化層有り(実規模)”，“固化層無し(実規模)”と表し、粘土層厚に対して比較したものである。図中の実線は高含水比層無し(模型)に関して、また破線は高含水比層有り(模型)に関してそれぞれ最小二乗法を用いて求めた。また表-1 の CASE0 の値を*で示している。図-10 より、粘土層の表層に固化層を設置すると、さらに圧入量の上昇がみられ有効であることが示唆される。一方で室内模型実験における固化層有りのケースでは、その効果を確認することができなかった。この原因としては、高含水比層の範囲が相対的



(a)CASE F-1



(b)CASE F-2



(c)凡例(地盤高さ)

図-9 圧入完了後の地盤表面の様子(鳥瞰図)



写真-9 圧入完了後の様子(CASE F-2)

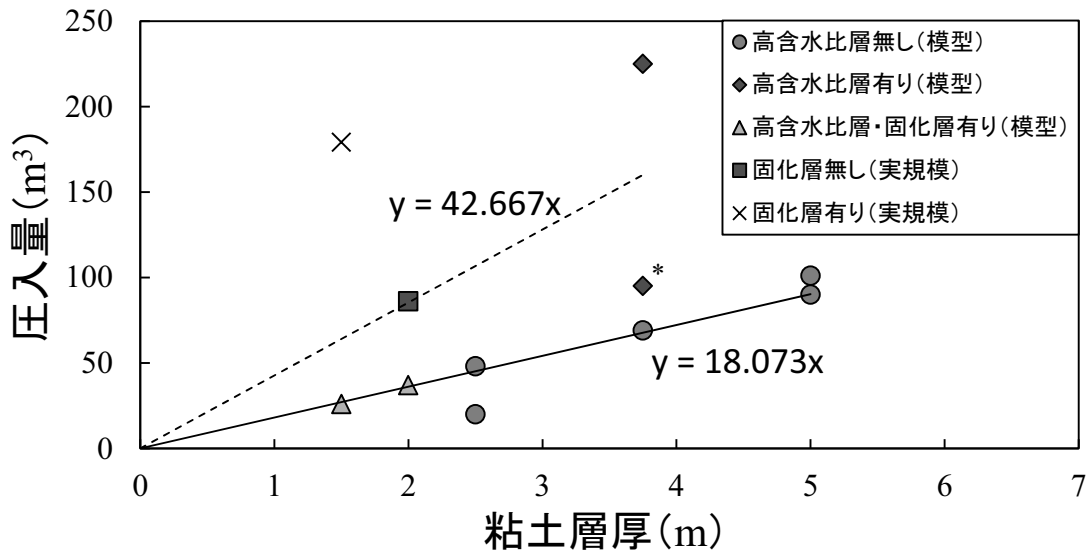


図-10 圧入量と粘土層厚の関係

に小さい条件で試験を行ってしまったこと、固化層が摩擦によって土槽の壁面に拘束されてしまい、ひび割れが発生しやすかったことが考えられる。一方で実規模実験における値は層厚に対して最も圧入量が大きく、高含水比層と固化処理層の効果を顕著に表している。今後は条件を実規模実験になるだけ近づけて室内試験を実施し、これらの関係性について追究することが必要である。

4. まとめ

- (1)人工干潟地盤の圧密沈下を補修するとともに、港湾事業とより連携し、造成後の維持管理が容易で新たな人工干潟の造成工法の開発を行った。本工法は覆砂層の下に浚渫粘土を圧入する技術を用いるが、本研究では従来の粘土層と覆砂層の二層構造に加え、浚渫土と覆砂の間に厚さ 50cm 程度の固化処理層を設置する三層の干潟構造について検討を行った。固化処理層を設ける理由は、より均一に大量の浚渫土を圧入するためである。本研究では室内型模型実験と実規模圧入実験を実施して、本技術について検討した。なお実規模圧入実験は JFE スチール(株)と共同研究として実施した。
- (2) 10 分の 1 スケールにおいて室内実験を行ったところ粘土層の実換算 2m のケースでは 37m³、1.5m のケースでは 26m³ が圧入できた。全体的に偏ることなく均一な圧入が可能であった。高含水比層の範囲の違いや壁面摩擦の影響により、端部の嵩上げができておらず今後の改善点となった。

- (3) 18m×18m の実地盤を造成し、圧入工法の実証実験を行った。固化処理土層が無い場合（高含水比層は有り）は 87m³ の圧入が可能であり、高含水比層有りの場合で行った既往の研究結果と対応する。また固化処理土層があるケースでは 179m³ の圧入が可能であり、固化処理土層の有無により圧入量に関しては二倍の差が発生した。嵩上げできた範囲もより広範囲であった。
- (4) 既往の研究との比較において、高含水比層と固化処理土層の効果が明らかとなった。今後は高含水比層と固化処理土層が同時に存在するケースについて室内試験を重ね、実規模実験との関係を追究していく必要がある。また、本工法を実用化する面から高含水比層と固化処理土層の造成コスト低減についてさらに検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、(独)鉄道・運輸機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」の平成 22 年度採択研究「港湾・航路の維持浚渫と長期的に両立する新たな干潟造成工法の開発（総括研究代表者：土田孝広島大学大学院教授）」の分担研究として実施した。また、一部は JFE スチール株式会社との共同研究として実施した。

研究を支援いただいた(独)鉄道・運輸機構および、実験を行うにあたり多大なご協力をいただいた JFE スチール(株)の方々に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 春日井康夫ほか: 広島県尾道糸崎港における干潟再生事業, 海洋開発論文集, Vol.19 pp.107-122, 2003.
- 2) 花輪伸一, 古南幸弘: 人工干潟の問題点と課題, 海洋開発論文集, 第18巻, pp.43-48, 2002.
- 3) 川崎大輔・土田孝・松井章弘: 浚渫粘土の圧入による人工干潟の造成と修復に関する研究, 土木学会海洋開発論文集, Vol.26, pp. 705-710, 2010.
- 4) Kawasaki, D., Tsuchida, T. and Matsui, A: Study on construction method of artificial tidal flats by pressure injection of dredged slurry, 9th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE2010), Nov., 1-3, 2010, Dalian, P.R. China,
- 5) 川崎大輔, 土田孝, 森宏美: 浚渫土の地盤内圧入による人工干潟造成技術の開発, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68 ,No. 2, p.I_1085-I_1090, 2012.
- 6) 菊原紀子, 熊谷隆宏, 土田孝, 杉原広晃: スラリー粘土圧入による人工干潟修復方法に関する研究土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68 ,No. 2, p.I_1073-I_1078, 2012.
- 7) 高将真, 杉原広晃, 土田孝, 熊谷隆宏, 山田耕一: 浚渫土圧入による人工干潟修復方法の実規模実験, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 69, 2013 (掲載決定)

(2013年6月24日 受付)