

III-112 地盤改良工事における砂ぐい打設時の粘性土の乱れについて

運輸省港湾技術研究所 正員 ○木庭宏美
運輸省港湾技術研究所 堀江宏保

1. まえがき

サンドドレーン工法によって軟弱地盤を改良する場合に、砂ぐい打設により一時的にはかえって粘性土を攪乱することが避けられない。この攪乱は初期の載荷重に対する耐支力およびその後の粘性土の圧密に多少の影響をおよぼし、場合によっては設計上無視できないこともあらうと考えられる。

筆者らは愛知県衣浦港における現地実験と、それともなう簡単な室内実験を通じてこの問題を考察してみた。なおこの現地実験の一部はすでに他の機会に発表⁽¹⁾している。

2. 衣浦港における現地実験

2.1 現地実験の方法

実験箇所は衣浦港の埋立護岸建設予定地で地盤は厚い粘土層からなっており、その土性は図-1に示すとおり我が国の各港湾によく見られる海成粘土の性質と同様のものである。その一軸圧縮強度は図-2に示すが鋭敏比は6～12と高い。図3のように実験区域の大部分(主実験区域と北区域)にサンドドレーン工事を施した。砂ぐいは直径約50cmのマンドレルを用いて打設し、間隔1.70mの正方形配列とした。主実験区域の砂ぐいはマンドレルの操作により、多量の砂を粘土層中に押し込む特殊の打設法を用いた。北区域の少数の砂ぐいは、比較のため打設法を変え、普通に行なわれているように、なるべく粘土を乱さないように注意した。

砂ぐい打設後約1ヶ月間は載荷することなく放置し、続いて図3に示すように二段階にわけて載荷し、この間に粘性土の乱れとその回復を試料の一軸圧縮試験によって測定した。載荷は砂ぐいを欠く南区域についても、ほぼ同一速度で施工し、砂ぐい打設区域からの試料採取位置は、砂ぐいを配列した正方形の中心位置とした。

2.2 載荷直前までの圧縮強度の変化

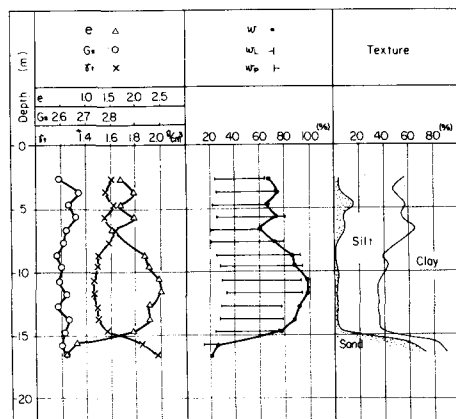


図-1 土質試験結果図 (Boring No. 2)

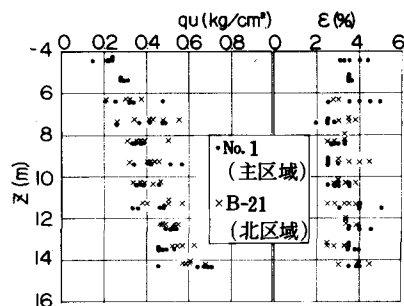


図-2 自然地盤の q_u , ϵ

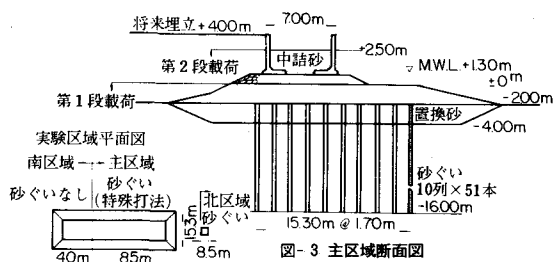


図-3 主区域断面図

原地盤粘土の一軸圧縮強度 q_u は図-2に示すように、試料採取位置の深さに対し直線的に増加している。砂ぐい打設によって乱された地盤から採取した試料についても同様の傾向が認められたので、それぞれについて最小二乗法を用いて深度と q_u との間の直線形を求め、それによって q_u 値を比較した結果を図-4および図-5に示した。図-4の場合には砂ぐい打設による粘性土の乱れが大きいこと、約1ヶ月の無載荷期間に多少の強度回復が見えるが砂ぐい打設以前の強度には戻らないことを知ることができ、打設法を変えた図-5の場合には乱れの影響がそれほど大きくはないが図-4とほぼ同様の傾向を示している。

2.3 載荷後の圧縮強度の変化

主実験区域のオーレ級載荷約1ヶ月後、およびオーレ級載荷約50日後の q_u を図-4に示す。オーレ級載荷後の q_u 値はまた自然地盤の q_u 値に達していない。南区域のオーレ級載荷約50日後の q_u 値を図-6に示す。粘土層の上層部のみ強度増加が認められることが注目される。砂ぐい

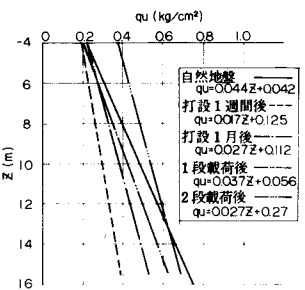


図-4 主区域における q_u の変化

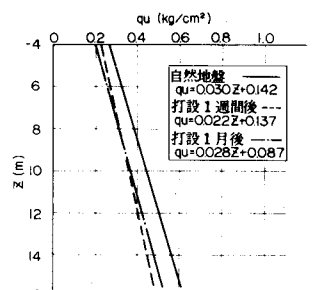


図-5 北区域における q_u の変化

打設時の粘性土の乱れが、載荷後の圧縮強度におよぼす影響については、もっとも興味ある問題であるので、次のような比較を試みた。すなわち粘土層の最上層は砂ぐいの有無にかかわらず圧密の条件に差がないとして、主実験区域および南区域の最上層粘土についてオーレ級載荷約50日後の q_u を比較した。その結果は図-7に示したとおり、著しい相違は認められない。下層の粘土については南区域でほとんど強度上昇がないのに比較して主実験区域では初期の乱れをつづがってさらに強度が上昇している。

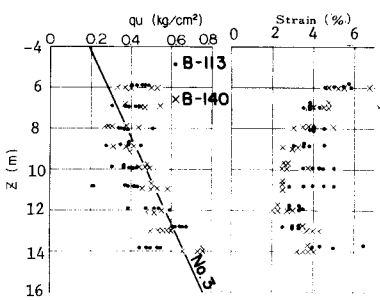


図-6 南区域、自然圧密による強度増加

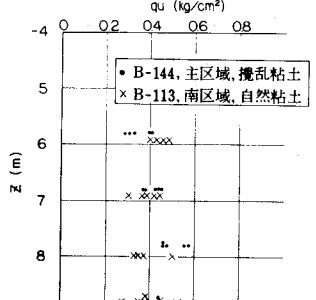


図-7 粘土層上部における q_u の比較

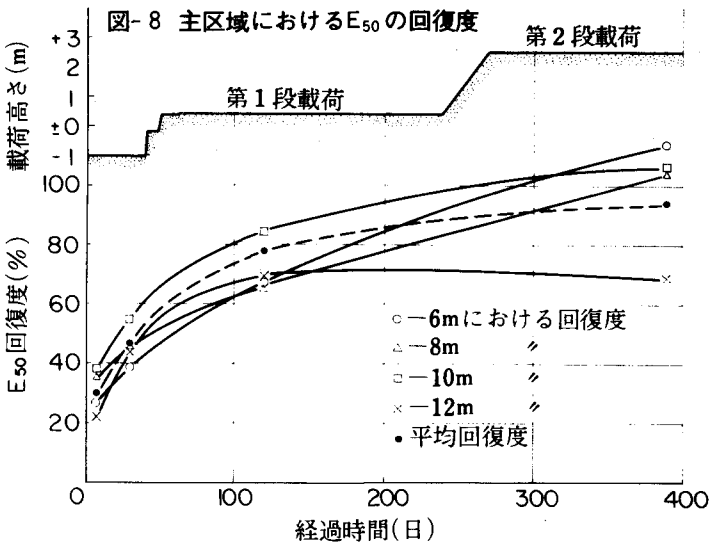


図-8 主区域における E_{50} の回復度

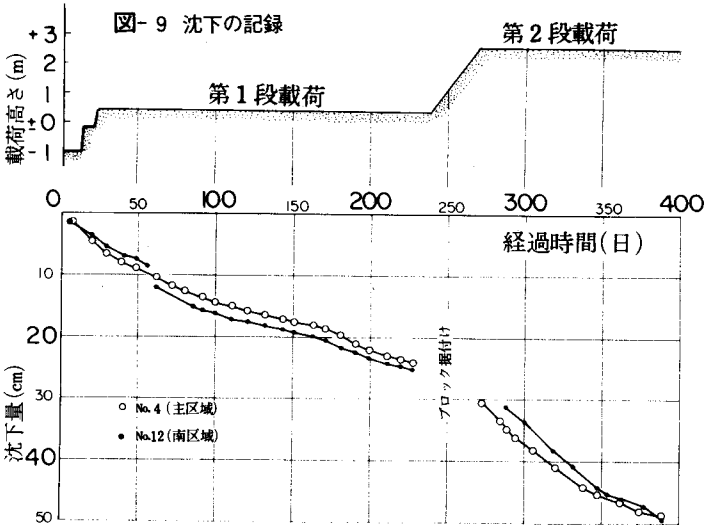
2.4 変形係数の変化

主実験区域における砂ぐい打設時からオーレ級載荷後までの粘性土の乱れとその回復の様態を、

変形係数 E_{50} の変化によって調べた結果を図-8に示す。砂ぐい打設によって原地盤の粘土の変形係数が、その 20~40% の値にまで低下していることと、その後の放置期間および荷重期間を通じて次第に回復していることが注目される。

2.5 沈下の観測

図-9は主実験区域と南区域の沈下を比較したものである。砂ぐいの有無という大きな差があるにもかかわらず、両区域の沈下には著しい差がないことを示している。しかしこの現象を砂ぐい打設による粘性土の乱れと関連させて考えることには現在のところ、まだ疑問が多い。



3. 室内実験

3.1 攪乱の伝播についての試験

砂ぐい打設時の粘性土の乱れが伝播する範囲は、現地の土の特性に依存すると思う。そこで我々は次のような室内実験を試みた。すなわち現地から採取した試料を利用して、またサンプリングチューブから抜き出す前に、図-10に示すように比較的細い鉄棒をチューブの周辺に沿って静かに押し込み、その後試料の中央部分から圧縮試験片をトリミングする。こうして得た q_u 値を母材のそれと比較した結果が図-11である。乱れは鉄棒の周辺のみにとどまらず、試料の中央部分までおよんでいる。

3.2 攪乱粘土の強度回復についての試験

既述の現地実験においては砂ぐい打設後の無荷重放置期間中に粘土の強度回復現象がみられたが、この点を補足して研究するため、次のような室内実験を行なった。現地から採取した粘土試料を含水比の変化を生じないように注意して完全に攪乱する。これを多数の小円筒（直径 35mm 高さ 80mm）に詰めの高湿度の密閉した容器中にいれて放置する。こうして時間の経過につれ粘土の強度が回復する模様を室内ベーンせん断試験機によって測定する。その結果を図-12に示すが、初期の部分を除けば強度回復量は極めて微量にすぎず、既述の現地実験のものと説明するに足りぬように思われる。このことから現地実験においてみられた攪乱粘土の強度回復は、このような室内実験において観測される強度回復とは異質なものであらうと考えられる。

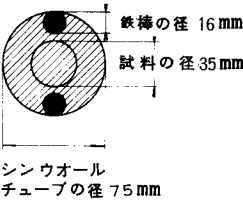


図-10 攪乱伝播の室内試験

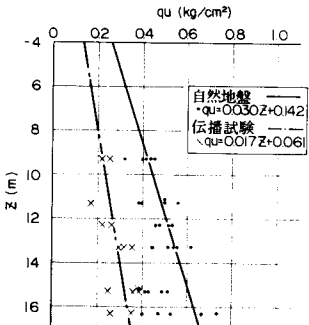


図-11 攪乱伝播試験結果 (B-21)

4. 考察

以上の実験にもとづいて筆者らは次のような考察を行なった。

(1) サンドトレーン工事において砂ぐい打設時の粘性土の乱れは、かなり広範囲におよぶことがある。

(2) 砂ぐいの打設法によっては前項の乱れが激しくなることがあり、その場合には載荷重を安全に支持する抵抗力を低下し、工程を不利にする。

(3) 前項の乱れは載荷重による圧密の進行以前にも幾分回復するようであるが、その回復機構は明らかでなく、その回復量も大きくない。

(4) 砂ぐい自身のせん断抵抗は載荷重を安全に支持するうえで寄与していると思われるが、一方それは周囲の粘性土による側方拘束に支配されるから、その乱れの回復が大きくないときは、上記の寄与に多くを期待することができない。

(5) 砂ぐいを打設した箇所の沈下が砂ぐいを打設しない箇所の沈下と大差ないことが観察されたが、これと粘性土の乱れとの関連については今後の研究にまかねばならない。

5. むすび

この研究は愛知県企業局の依頼によって実施された。同局の今後の事業にこの研究の成果が活用されるのみならず、さらに広く各地の軟弱地盤上の建設工事にも役立って欲しいと念じてやまない。この研究が主として現地における大規模な実験にもとづくものであることは言うまでもないが、その困難な実験を長期にわたって遂行されたのは同局の担当各位である。それらの方々に深く感謝すると共に、研究上の多くの示唆を当研究所の中瀬、奥村両技官に得たことを記して謝意をあらわしたい。

参考文献

- (1) 「衣浦港における地盤改良現地実験」 木庭宏美、堀江宏保、第5回土質工学研究発表会講演集 昭和45年6月
- (2) 「沖積粘土の工学的性質に関する研究」 石井靖弘、倉田進、藤下利男、土木学会論文集 No. 30 昭和30年12月

図-12 攪乱粘土の強度回復試験

