

大阪市 正員 佐々木 伸

大阪市 正員 ○木 山正 明

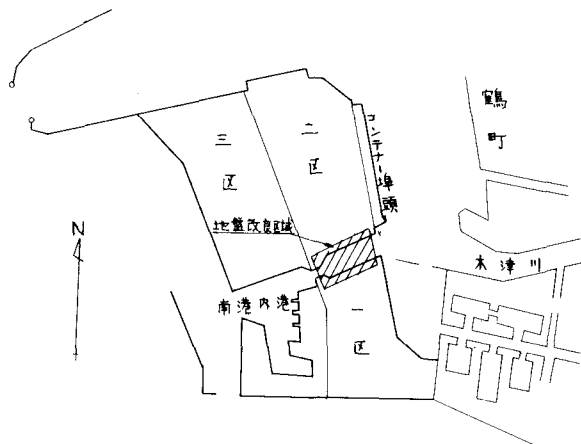
1 まえがき

大阪南港埋立地は、軟弱な海底地盤の上に、さらに軟弱なしゅんせつ粘土を用いて造成されている。従って、できあがった造成地は、いわゆる軟弱地盤であり土地利用に際しては、何らかの地盤改良が必要である。

南港埋立地の地盤改良は、大別して、埋立前に原地盤粘土層の排水条件改良のための敷砂、及びサンドドレーンを施行しておく原地盤改良工法と、埋立後に敷砂を行ない、ペーパードレーンを打設する埋立土改良工法とが行なわれている。

ここに報告する地盤改良は、後者に属するが、長尺のペーパードレーンを打設することにより、原地盤の改良をも図ったものであり、載荷重を、敷砂盛土及び水位低下によって得た。

図-1 平面図



水位低下は、地表面下8m～12mに存在する透水層(図-2参照)の水位を低下させるもので、本工法を採用したのは、①盛土に使用する土砂の入手が困難になったこと。②上記透水層の水位低下により、ドレーン長が短くなって、ドレーンウェル内の損失水頭を減じることができる。③載荷盛土工法のように段階施工とする必要がないため、工期が大巾に短縮され、工費の面でも有利である。といった理由によるものである。

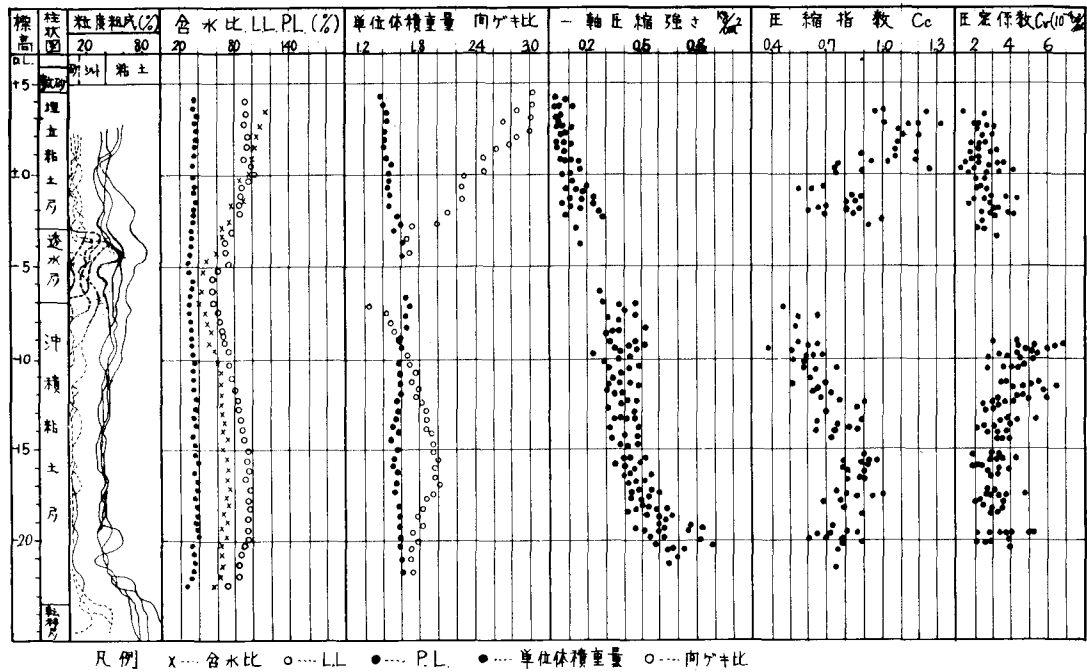
本文では、水位低下とペーパードレーンによる地盤改良を主にして、設計のあらましと改良結果を紹介する。

2 地質状況

地盤改良区域は、昭和33年埋立工事が開始された当時、水深2mであったが、昭和37年から、39年にかけて周辺の海底しゅんせつ粘土によって埋立てられ、その後の乾燥収縮により、表面数10cmは亀裂を生じた状態になっていたが、その直下は圧密のほとんど進んでいない軟弱粘土のままであり、地盤高はDL+5mであった。DL-7mの旧海底以下の沖積粘土層は、厚約17mで、間ゲキ比は1.6～2.0、一軸圧縮強さは0.3%～0.6%程度である。沖積層下部には、厚約5mの転移層があり、洪積層、いわゆる支持砂礫層は、DL-28m付近に出現する。問題の透水層は、DL-7m～DL-3mに存在し、その構成物質は、土砂の他に鉱滓、陶器片、木片、石塊、腐食物など多種多様で、成因は種々なる物質を埋立前に海底投棄して形成されたものである。従って、出現深さ、層厚

土性など、地点毎に様相を異にすることは勿論、同一地点でも鉛直方向の変化が激しく数m毎に急変しているところもあり、複雑な層であるが透水関係は10-3%のオーダーである。DL-3m以上は、厚約8m間ゲキ比2.2~3.0程度の埋立粘土である。

図 - 2 地盤改良前土質試験結果



3 地盤改良の設計概要

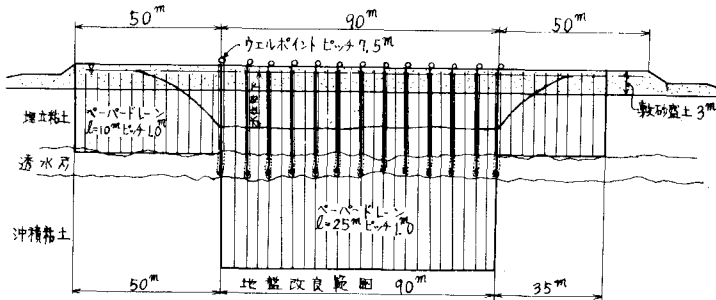
地盤改良の規模についての経緯は省略するが、改良面積138000㎡（幅90m延長約1530m）改良深さ2.5mである。本地盤改良工事に必要な圧密荷重は、10%であり、このうち4%を敷砂盛土によって得、残り6%を水位低下工法によって得た。図-3に、地盤改良の計画を示すが、本地盤改良の特長は、粘土の有効応力 P を増加させる方法を併用して用いた点である。すなわち、圧密荷重を増加させる方法は、 $P = P - u$ なる式において、全応力 P を増す方法（敷砂盛土）と、間ゲキ水压 u を減らす方法（水位低下工法）とがある。

敷砂荷重は、盛土厚を3mに、盛土幅は応力分布を考へて、190mとした。

水位低下は、地表面下8m~12mに存在する透水層の水位を、GL-7.3m以下に下げ、沖積粘土層に所定の圧密荷重を加えるものであり、水位低下は地盤改良範囲とした。

水位低下の方法は、十分なる事前調査を実施、検討を重ねた結果、透水層の成層状態、透水

図 - 3 地盤改良計画図



係数 ($k = 10^{-3}\%$) から判断して、ウエルポイント工法に適していると考えられた。しかし、ウエルポイント工法でも一般に行なわれているウエルポイント工法では、全域に亘って水位低下を得ることは無理なため、間隔 7.5 m の格子状にウエルポイントを配置した。ウエルポイントの設置には、ケーシングパイプを用いて埋立粘土の脱落を防ぎ、透水層内に完全なサンドフィルターを形成、透水層のうち最も透水性のよいところとつながるように設計した。又、配管上の接手は、空気洩れを防ぐため全て溶接としたし、ポンプの性能及び保守にいたる迄、最善を尽したものである。

後になったが、ペーパードレーンの設計は、サンドドレーンの設計と同じく、バロンの理論によっており、工事工程 (圧密度 80 % …… 7 カ月) から、間隔 1.0 m の正三角形配置とした。

4 地盤改良の結果および考察
 施行概要については、紙数の関係で省略し、地盤改良の結果についてのべることにする。図-4 に土質調査の位置を、図-5 に地盤改良前後の土質調査結果を比較した。図-5 によれば、盛土、水位

低下、いずれによっても強度が増加しており、ペーパードレーンの効果を示しているが、盛上による強度増加量に比べ、水位低下による強度増加量が著しく大きく、しかも強度増加が深部に迄達している。このことは、図-6 に示した強度増加量をみればよりはっきりと認められる。又、透水層周辺の強度が、ほぼ限界に近い値まで増加していることも水位低下工法の効果である。図-7 では、水位低下区域の中央部と、端部における強度を比較したが差が認められない。これは、応力の分散がなかったことを示しており、先に記した水位低下範囲が正しかったと考えてよいと思われる。

次に、敷砂後及び水位低下後の一軸圧縮強さと、理論値との比較を行なって、地盤改良の効果を確めることにする。理論的な強さは埋立前の強さを基準とし、これに埋立荷重、敷砂荷重、水位低下荷重による強度増加量を各々重ね合わせて、求めたものである。理論値の計算に当っては、土中におけるペーパードレーンの縦方向の透

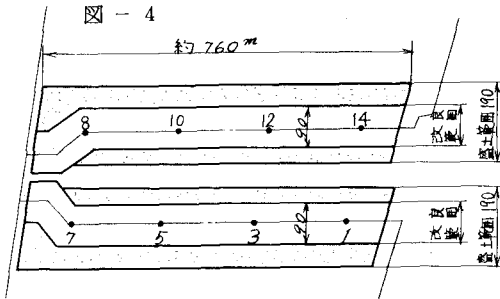
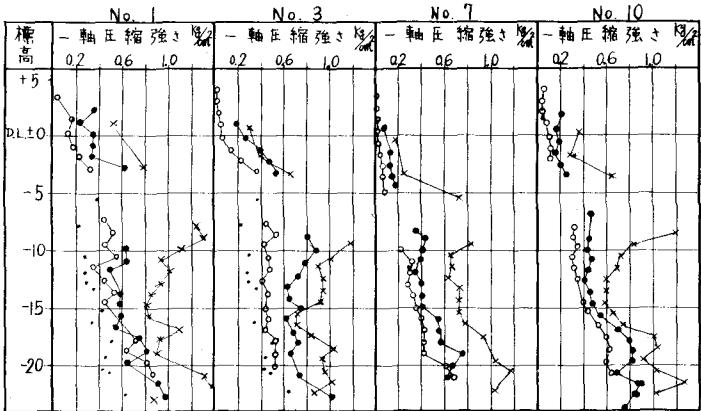
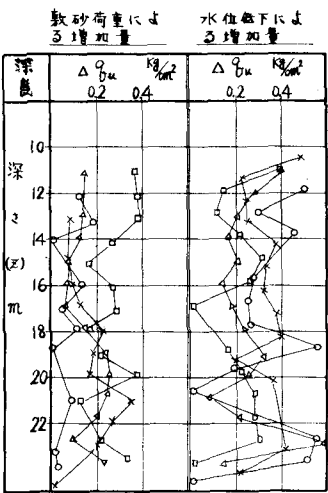


図-5 土質試験結果



凡例 ……埋立前 ○…ペーパードレーン打設前 ●…敷砂後 ×…水位低下後

図-6 一軸圧縮強さの増加量



凡例 ○…No.1 ×…No.7
 □…No.3 △…No.10

水係数が低下することにより、ドレーンウェル内に、損失水頭を生じ、圧密過程に影響を及ぼすことを考慮し、製品時の透水係数 ($k = 10^{-2} \text{ cm/sec}$) を持続していると仮定した場合と、蛇行、目づまり等により透水係数が $k_D = 10^{-3} \text{ cm/sec}$ に低下したと仮定した場合とについて求めた。又、極論にはなるが、ペーパードレーンの存在を全く無視した場合の理論値も求めた。

損失水頭の計算結果の一例を図-8に示す。計算結果によると、ペーパードレーンの透水係数が、製品時に比べひと桁低下することにより、ドレーン内の損失水頭が著しく大きくなり圧密過程に影響を与えることがよくわかる。理論値と、土質試験結果の関係を、図-9に示したが、図によると、敷砂後における No. 7 No. 10 地点は、ペーパードレーンの存在を無視した場合の理論値に近い値を示しているが、水位低下後には、 $k_D = 10^{-3} \text{ cm/sec}$ とした場合の理論値に近づいており、水位低下の効果を示している。

以上、ドレーンの中間より強制的に揚水した効果が、いずれの場合にも表われており、水位低下工法が適切な改良工法であったことを物語っている。

5. あとがき

実施した地盤改良工事は、長尺の図-8 ドレーンウェル内のペーパードレーンの打設、軟弱な粘土地盤での敷砂盛土と、いづれも困難な作業であった。その上、類をみない大きなスケールで実施された水位低下工法も、GL-8mという予想以上の水位低下量を連続して、7カ月間圧密荷重として加えることができ、成功を収めることができた。

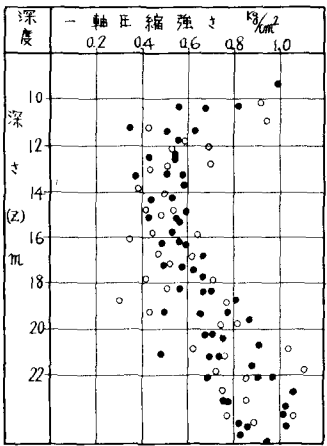
ペーパードレーン工法においては従来より損失水頭の問題が論議されているが、本地盤改良工事における改良結果も、損失水頭を考慮した理論値に近い値を得た。

終りに、本地盤改良工事にあたり、適切なる御指導をいただいた、大西英雄部長、岩崎宏課長、堤道夫主幹、樋口道夫係長、中堀和英氏に心からお礼申しあげる次第である。

参考文献

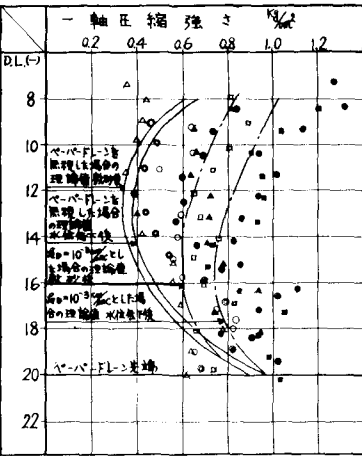
- 1) 岩崎 中堀 諏訪 ; 大規模水位低下工のための事前調査
- 2) 網干 吉国 ; バーチカル、ドレーン工法の三次元的設計法に関する基礎的研究

図-7 水位低下区域中央部と端部における強さ比較



凡例 ● …… 中央部
○ …… 端部

図-9 理論値と試験値の比較



凡例
敷砂後
○ …… No. 1
□ …… No. 3
△ …… No. 7
◎ …… No. 10
水位低下後
● …… No. 1
■ …… No. 3
▲ …… No. 7
● …… No. 10