

III-238 地盤改良による弾性波速度の変化について

清水建設(株)研究所 正員 木下直人

1. はじめに

地盤改良は主として地盤強度の増加および圧密促進を目的として行なわれ、したがって、その改良効果の検討にあたっては、地表面および層別の沈下測定、不かく乱試料の物理試験・力学試験、標準貫入試験等を実施することが多い。そして、今までのところ、動的性状に関する改良効果についてはほとんど検討されていない。そこで、地盤改良の前後において弾性波(S波)速度を測定し、それによって動的性状に関する変化を明らかにすることを試みた。また、静的性状に関する改良効果を把握するために測定される量のうち、N値、一軸圧縮強度、間げき比とS波速度との関係については今までにもある程度明らかにされており、それらの関係が地盤改良の際にも成立することが確認されるならば、S波速度の測定結果を静的性状の改良効果の判定に利用したり、逆に、N値や一軸圧縮強度の測定結果から動的性状に関する改良効果を推定することが可能になることから、これらの関係についても測定結果に基づいて検討を行なった。

2. 測定概要

測定対象の地盤は、比較的新しい埋立て造成地であり、厚さ約10mの軟弱な埋立て細砂層の下には旧海底地盤である沖積粘性土層が厚く(約25m)たい積している。そして、この沖積粘性土層は埋立て土層に対して未圧密状態にあると考えられた。

測定を実施したのは、ファブリパックドレーン工法により地盤改良を行なったブロック(以後F.D.ブロックと記す)およびサンドドレーン工法によるブロック(以後S.D.ブロックと記す)であり、いずれも盛土を併用している。測定用ボーリング孔は両ブロックともほぼ中央にあり、孔壁保護のためにケーシング($\phi=53\text{ mm}$)を用いている。

「板たゝき法」によって発生させたS波を、孔壁に固着させた速度検層用受振器で受振する方法によって測定を行なったが、S波の確認のために、同一深度で2回、板の両端をたゝき、両者の位相が反転すること確かめている。測定深度は、F.D.およびS.D.の打設深度が25mであることから、G.L.-30mまでとし、測定間隔は2.0mとした。

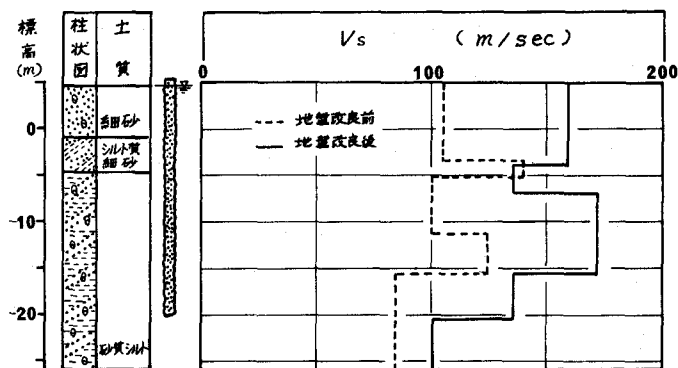


図-1 地盤改良によるS波速度の変化 — ファブリパックドレーン工法

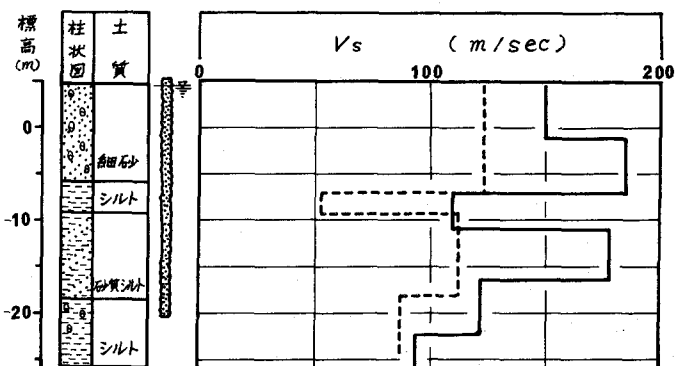


図-2 地盤改良によるS波速度の変化 — サンドドレーン工法

3. 測定結果と考察

地盤改良前後におけるS波速度(V_s)の測定結果を図-1および図-2に示す。それによれば、地盤改良後の V_s は原地盤のそれと比べて、埋立て土層では1.3~1.4倍に、沖積粘性土層では1.4~1.5倍に増加しており、大きな改良効果が認められる。すなわち、原地盤の埋立て土層では105~140 m/sec、沖積粘性土層では53~124 m/secであったのが、地盤改良後では前者が135~185 m/sec、後者が110~178 m/secとなっている。なお、F.D.およびS.D.打設以深では、両ブロックとも V_s はほんの少し増加しているだけである。

ファブリバックドレーン工法とサンドドレーン工法の比較では、F.D.ブロックの V_s の方がやや大きめで、ばらつきが少ない傾向ではあるが、S.D.ブロックとの差はわずかである。これは両ブロックの最終沈下量がほぼ等しいことと対応している。

次に、N値、一軸圧縮強度 q_u 、間げき比 e と V_s との関係について検討する。

N値と V_s の関係については多くの実験式が提案されているが、一般に

$$V_s = a N^b \quad (\text{m/sec}) \quad (1)$$

で表わされ、 a は80~90、 b は0.3~0.4程度となっている。埋立て土層では地盤改良前後においてN値の測定を行なっている。データ数が少なくばらつきも大きいのであまりはっきりしたことは言えないが、上に示した関係とほぼ似た傾向を示している。

q_u と V_s の関係は今井・吉村(1972)によると次式で示される。

$$V_s = 147.6 q_u^{0.417} \quad (\text{m/sec}) \quad (2)$$

沖積粘性土層での地盤改良前後の q_u と V_s の関係を求めてみると、図-3のようになり、F.D.およびS.D.打設区間では(2)式と一致する傾向を示している。

沖積粘性土層では間げき比の測定も行なっているため、それと V_s との関係を図-4に示す。その最も大きな特徴は、地盤改良前後において両者の関係にかなり大きな差があることである。これは、主として、地盤改良後は、4mの盛土により有効上載圧が約0.7 kg/cm²増加したことによると思われる。図-4に同時に示したHardin and Richard(1965)の室内実験結果とも類似している。なお、図-4の σ_0 は拘束圧である。この結果は、間げき比が同一であっても、有効上載圧又は先行荷重が大きくなれば、それに伴い V_s も増加することを示している。

以上の結果からみて、地盤改良の前後においても、N値、一軸圧縮強度、間げき比とS波速度との間には、今まで明らかにされているのと同じ関係が成立することが期待される。弾性波速度検層は、地盤をほとんど乱すことなく実施でき、地盤のごく局部的な異常の影響を受ける度合いは少ないこと、また、同一のボーリング孔を用いるので、ほぼ同一条件の下で測定できることから、結果の信頼性はかなり高いといえる。したがって、S波速度が直接的に静的性状に関する改良効果を表わす量ではないことによる限界はあっても、今後、データを蓄積し、静的性状との関係がより明らかになれば、この方法はかなり有効であると考えられる。

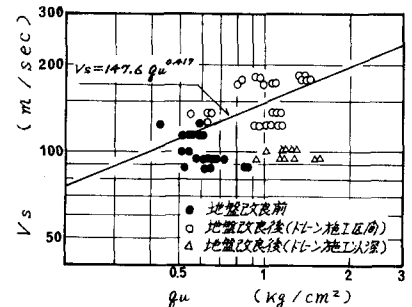


図-3. S波速度と一軸圧縮強度

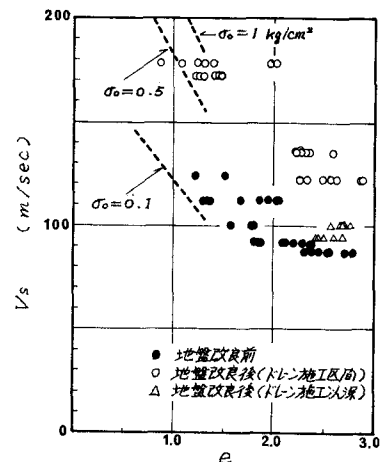


図-4. S波速度と間げき比