

## シールドの発進到達部の地盤改良強度と縦波伝播速度との関係について

正修大学 正会員 ○柯 武徳

正修大学 協定会員 林 冠洲

関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重

### 1. はじめに

台湾高雄地下鉄工事に於いて日本のゼネコンがJVの形で入札し、工事担当している。シールドの発進、到達坑の補助工法として高圧噴射攪拌工法を採用されている。その設計は日本ジェットグラウト協会のジェットグラウト工法の技術資料を使われている。しかし、台湾の土質と日本との相異性が大きい為、実際の地盤改良強度は設計下限値の10倍以上出てくる。そのため、シールド機が地盤改良区域に入ると掘進困難となり、種々な問題点が発生している。本研究はまず、地盤改良強度と縦波伝播速度との関係を検討する。

### 2. 工事概要

高雄地下鉄工事は、南北幹線道路・中山路に沿って高雄空港から在来線の高雄駅を経て市北部郊外の岡山に至る紅線（全線延長28.3km）と東西幹線道路・中正路に沿って市東部郊外の鳳山から西仔湾を望む中山大学に至る橘線（全線延長14.4km）を建設するものである。（図-1）紅線施工区域・7工区、橘線施工区域・4工区とDEPO（操車場基地）3工区の全14工区のうち実に9工区に日本の建設業者が名を連ねている<sup>1)</sup>。



図-1 工事位置図および路線図

### 3. 試料および実験方法

本研究は室内での供試体製作と現場ボーリングでコア抜き供試体の2種類の試料を作成した。

#### (1) 室内供試体製作

セメントペーストとモルタルの2種類があり、すべての供試体は直径5cm、高さ10cmの円柱形であり、次のように、供試体を作った。

(a) セメントペースト：水セメント比=0.485

材令3, 7, 28, 91, 180日に一軸圧縮強度試験使用する供試体はそれぞれ3個を作った。（計15個）  
そのほかに弾性波速度試験使用する供試体は3個を作り、材令3, 7, 28, 91, 180日に測定する。

(b) モルタル：水セメント比=0.485、セメント：砂=7：3

材令3, 7, 28, 91, 180日に一軸圧縮強度試験使用する供試体はそれぞれ3個を作った。（計15個）  
そのほかに縦波伝播速度試験使用する供試体は3個を作り、材令3, 7, 28, 91, 180日に測定する。

#### (2) 現場ボーリングでコア抜き供試体

台湾高雄地下鉄工事にて、高圧噴射攪拌工法で注入した地盤改良を3ヶ月経過した時、現場にボーリングでコア抜き、1本当りに上中下の3ヵ所に直径5cm、高さ10cmの円柱形供試体を切断する。次にまず、縦波伝播速度を測定した後、一軸圧縮強度試験を行う。

キーワード：シールド、地盤改良、縦波伝播速度、一軸圧縮強度

連絡先：台湾高雄県鳥松郷澄清路840号 正修大学 土木工学科 TEL886-7-731-0606 FAX886-7-733-4731

#### 4. 試験結果と考察

図一2 は室内供試体を製作した材令 3, 7, 28, 91, 180 日における一軸圧縮強度 ( $q_u$ ) と縦波伝播速度 ( $V_p$ ) との関係を示したものである。いずれも、 $V_p$  と  $q_u$  との関係は 1 つの直線で近似させることができる<sup>2)</sup>。

$$V_p = C + D \times q_u \text{----- (1)}$$

相関係数が 0.97 以上であることから、非常に良い関係を示すことができる。 $V_p$  の増加率を表す D の値はセメントペーストが 1.403 のほうが大きいが、これはセメントペーストの構成粒子が細かく、密度が高いためと考えられる。

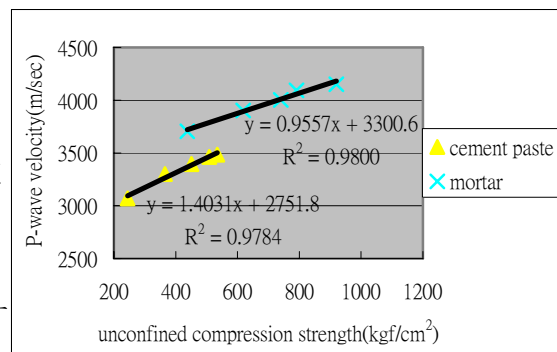
図一3 は代表的な 1 本の高圧噴射攪拌工法で注入した地盤改良を 3 ヶ月経過した時、1 本当りに上中下の 3 ヵ所で現場にボーリングでコア抜き、円柱供試体を縦波伝播速度を測定した後、一軸圧縮強度試験を行ったものである。室内製作供試体と同様に  $V_p$  と  $q_u$  との関係は 1 つの直線で近似させることができる。相関係数が 0.99 以上であることから、非常に良い関係を示すことができる。このようなボーリングを 35 本行なった。そこで、深さをパラメータとしたときの一軸圧縮強度と縦波伝播速度との関係を示すのは図一4 および表-1 である。図一4 は深さ GL-15~20m の代表的な例で見ると式 (1) のような直線で近似させることができる。表-1 は GL-10~35m を 5 つの領域に分けてそれぞれの切片 (C)、傾斜 (D) を表すものである。C は地盤改良の応力解放時の粒子間の間隙に関係する値であり、D はそれらの間隙が応力によって閉塞される速度を表す値と思われる。C は深さが深くなるほど小さくなる傾向が見られ、D は深さが深くなるほど大きく見られる。それは GL-からの深さが深いほど間隙が大きいため、一軸圧縮強度が小さくなると推定される。

#### 5. まとめ

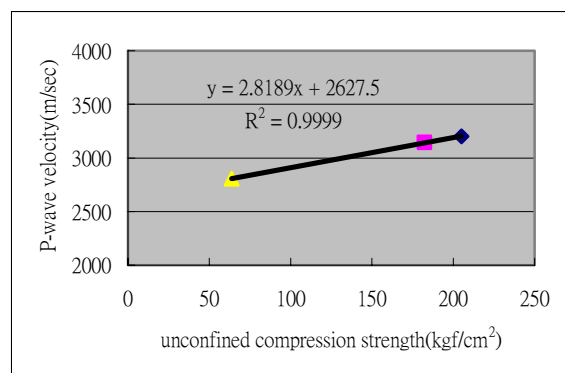
一軸圧縮強度と縦波伝播速度との関係は室内製作供試体でも、コア抜き供試体でも直線で近似させることができ、非常に良い関係を示すと言える。また、地盤改良の間隙や密度の大きさは縦波伝播速度の測定することによって推定できると思われる。今回の現場は残念ながら、深い所は間隙がやや大きいと思われ、補充注入を勧めている。今後台湾地下鉄工事には、シールドの発進、到達坑の地盤改良工事の品質管理として一軸圧縮強度の下限値を満足することのほかに縦波伝播速度も測定することを予定している。

#### 参考文献

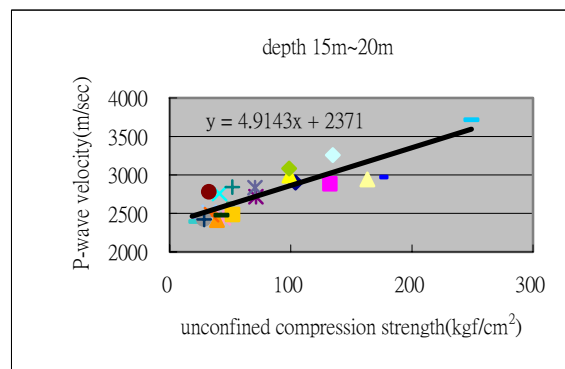
- 1) 周禮良, 多田幸夫, 奥本現: 市街地幹線道路直下での世界最大級円形連続壁の施工, 土木学会誌, vol. 90, pp. 48~51, 2005. 2
- 2) 楠見晴重他: 岩石試料の軸差応力下における変形特性と縦波伝播速度との関係について, 物理探査, 40-1, pp. 377~387, 1987. 2



図一2 一軸圧縮強度と縦波伝播速度との関係  
(室内供試体)



図一3 一軸圧縮強度と縦波伝播速度との関係  
(コア抜き供試体)



図一4 一軸圧縮強度と縦波伝播速度との関係  
(コア抜き供試体・深さ GL-15~20m)

表一1  $V_p$  と  $q_u$  曲線の切片、傾斜一覧表

| 深さ (m) | C    | D     |
|--------|------|-------|
| 10~15  | 2650 | 2.821 |
| 15~20  | 2371 | 4.914 |
| 20~25  | 2331 | 5.282 |
| 25~30  | 2148 | 6.338 |
| 30~35  | 2115 | 7.056 |