

シールド施工におけるペーパードレーン材の切削技術の開発

(株)大林組 正会員 羽立 征治 上田 尚輝 的場 一彦
(株)大林組 正会員 山本 彰 山田 祐樹

1. はじめに

シールド機により地盤中に残置されたペーパードレーン材(以下、PD材)を切削する場合¹⁾、PD材に過大な引張力が働くと、改良地盤を乱してしまい、改良地盤の強度低下、あるいは地表面沈下を引き起こす可能性がある。そのため、切削時にPD材に作用する引張力を極力小さくする切削方法が求められており、ブレードによる切削方法はPD材切削時の引張力を小さくし、シールド掘削に伴う地盤の乱れを抑制できると期待できる。

そこで、本報告では、新たに開発したブレードによる切削方法について、切削の模型実験を実施し、背面地盤強度をパラメータとして実験を行った結果を報告する。また、PD材に作用する引張力とPD材の周面摩擦抵抗力の関係から、切削に伴う地盤への影響範囲を算定する方法を提案するとともに、地盤への影響範囲に基づき切削方法の適用性について述べる。

2. 背面地盤を考慮した切削実験

(1)実験方法： 図-1にPD材をブレードで切削する方法の概要を示す。PD材はシールド機掘削停止時に図-1の破線で示すように機内からシールド機前方にロッドに取り付けたブレードを突き出してPD材を切削する。図-2に開発したブレードの構造を示す。

ブレードによる切削では、ブレードをPD材に押しあてて切断するため、PD材背面の地盤反力が必要になることから、背面地盤の強度が切削に影響を与えると考えられる。そこで、背面地盤の強度が切削時にPD材に作用する引張力に与える影響を調べるため、地盤の一軸圧縮強度をパラメータとして切削実験を行った。図-3に切削実験の概略図を示す。

切削実験では、引張強度が異なる3種類のPD材(A材：2500N、B材：2000N、C材：2550N)を用意し、それぞれについて切削時の引張力、曲がり点からの距離(曲がり点距離)および切削時の切り込み深さについて計測した。

(2)実験結果： 図-4に地盤の一軸圧縮強度とPD材に作用した引張力の関係を示す。実験結果より、計測データを最小二乗法により近似した直線を比較すると、地盤の一軸圧縮強度の増加に伴って、PD材に作用する引張力は減少する傾向がみられる。引張力の最大値は800N程度であり、今回対象とした地盤の一軸圧縮強度の範囲ではその減少量は100N程度であった。

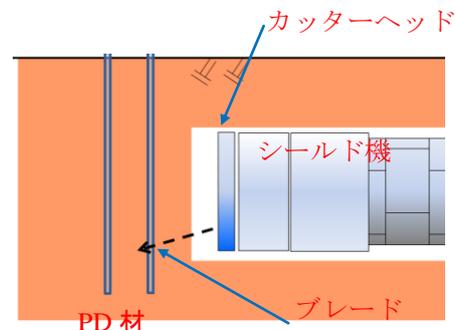


図-1 シールド機によるPD材切削概要

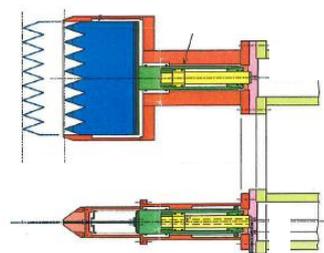


図-2 ブレード構造

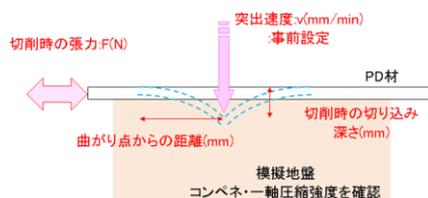


図-3 切削実験概略図

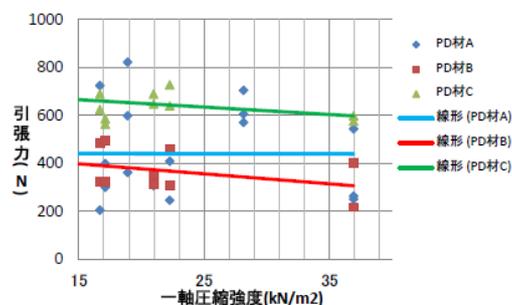


図-4 地盤の一軸圧縮強度と引張力

キーワード シールド機, ペーパードレーン工法, ブレード, 周辺摩擦抵抗力

連絡先 〒573-1153 大阪府枚方市招提大谷 1-1-1 TEL072-856-9011

図-5、図-6は切り込み深さおよび曲がり点距離と地盤の一軸圧縮強度の関係を示しており、一軸圧縮強度の増加に伴い切り込み深さならびに曲がり点距離も減少する傾向がみられる。このことは、地盤の強度が大きいほど、切削時に影響を与える地盤の範囲が小さくなることを示している。

3. 切削時における影響範囲について

(1) 影響範囲の算定方法： 図-7はブレードによる切削時におけるPD材の変形の模式図を示している。図中のb1は曲がり点距離、b2はPD材切削時の引張力から算出される引張力に抵抗するために必要なPD材の長さであり、式(1)で算定される。切削時にPD材が引き抜けないための極限長bは、これらb1とb2の和で表わされ、切削時の必要長Laは極限長bに安全率Fsを掛けた値として式(2)で算定する。切削するためのPD材の長さLの適用条件はL>Laとなる。一方、切削に伴う地盤への影響範囲は作用反作用の考え方から、切削時のPD材の最小必要長と同様と考えることができる。

$$b_2 = T / (2 \cdot f_c \cdot c \cdot w) \quad (1)$$

$$L_a = F_s \cdot b \quad (2)$$

ここに、Tは切削時にPD材に作用する引張力(kN)、fcは土のせん断強さの換算係数(=0.7)²、cは土の粘着力(kN/m²)、wはPD材の幅(m)である。なお、実験時の状況から、曲がり点までの周辺地盤は著しく乱されることが予想されるため、長さb1については引き抜き抵抗力が作用しないもの仮定する。

(2) 試算結果： 式(2)を用いてシールド機からの影響範囲を試算した。試算の条件として地盤の一軸圧縮強度を10, 20, 30kN/m²の3種類、切削時のPD材の引張力を0.8kNと1.5kNの2種類想定した。なお、曲がり点距離b1はブレードの実験結果で得られた最大値を考慮し0.05m、安全率は2とした。

図-8は試算結果を示しており、PD材に作用する引張力が大きくなると、PD材の必要長(影響範囲)は増加する。また、切削時に必要なPD材長は、地盤の強度が大きくなるほど短くなるのがわかる。したがって、切削時に作用する引張力が小さいほど影響範囲は少なくなるため、今回開発したブレードによる切削方法を採用することにより、地盤が最も乱れる曲がり点までの距離だけでなくシールド機からの影響範囲を小さくすることができるのがわかる。

4. まとめ

ブレードによる切削実験の結果、地盤の一軸圧縮強度が切削時のPD材に作用する引張力に与える影響を明らかにすることができた。また、PD材に作用する引張力とPD材の周面摩擦抵抗力の関係から、切削に伴う地盤への影響範囲を推定する式を提案し、背面地盤の強度の違いによる影響範囲の違いとブレードによる切削方法の適用性を明らかにすることができた。

参考文献：1) 秋元恵一・谷田海孝男・三浦政美(1997)：1日270便の滑走路直下をシールドで貫く 東京国際空港鉄道トンネル，トンネルと地下，第325号 Vol.28, No.9
 2) 嘉門雅史・和田秀俊(1995)：ジオシンセティック水平排水材の高含水比粘性土盛土試験施工への適用，京都大学防災研究所年報 第38号 B-2

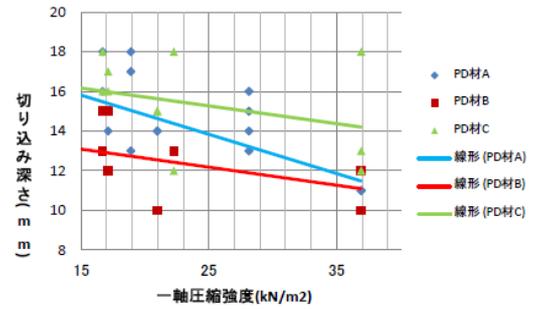


図-5 一軸圧縮強度と切り込み深さ

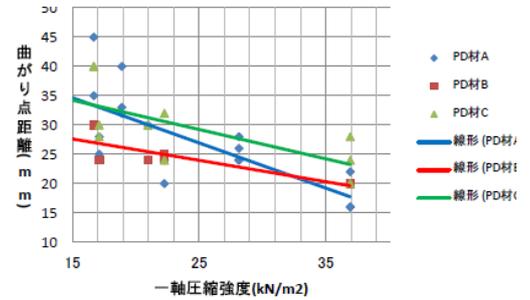


図-6 一軸圧縮強度と曲がり点距離

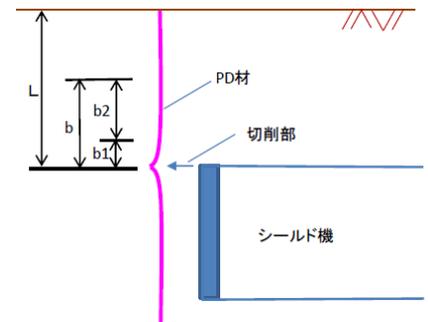


図-7 切削時のPD材の模式図

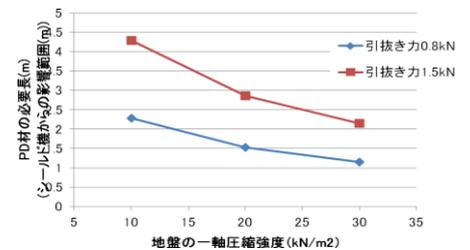


図-8 試算結果