

Ⅲ-513 地下連続壁と地盤間に介在する泥膜のせん断強度および付着強度特性

大成建設技術研究所 正会員 樋口 雄一
 大成建設技術研究所 正会員 末岡 徹
 大成建設土木設計第二部 高倉 克彦
 東京ガス生産技術部 中野 正文

はじめに 地下連続壁(以下、連壁と呼ぶ)工法では、地盤を掘削する際に安定液を用いるため、掘削溝壁面には泥膜と呼ばれる厚さ数mm～10mm程度のベントナイト膜が形成され、地盤と連壁の間には泥膜が介在することになる。このため、連壁の根入長を決定する際に必要となる盤膨れの検討などにおいて、地盤と連壁間のせん断強度を考慮しない場合が多い。これに対して筆者らは、連壁の根入長をより合理的に決定するためには、実情に即した泥膜の強度特性を調べることが不可欠であると考えている。既往の研究では、掘削直後の泥膜を模擬した供試体の強度を測定し、粘着力として $c = 0.02 \sim 0.07 \text{ kgf/cm}^2$ 程度の値が報告されている^{1),2)}が、連壁完成後の泥膜は地山と連壁に拘束されていること、またコンクリートの側圧による圧密を受けていることなどから実際の強度はより大きいと考えられる。そこで、施工過程を考慮した泥膜供試体を作成し、せん断強度および付着強度について調べたので報告する。

1. 泥膜のせん断強度特性

まず、泥膜自体のせん断強度について調べた。

(1) 使用材料および泥膜供試体の作成方法

安定液は表-1に示すように、粘性土および土丹地盤を対象とした配合と砂質土地盤を対象とした配合の2種類で、実際の循環安定液を模擬するためにシルト(川崎市扇島内にて採取)を加えた。まずそれぞれの安定液を用いてろ過試験(加圧力 $p = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$, 30分間)を行い、形成された泥膜の含水比を測定したところ、20件の供試体の平均値で $w_{\text{mud}} \approx 330\%$ であった。泥膜は安定液が加圧脱水されて形成されるので、泥膜供試体は、表-1に示す安定液材料に含水比が $w = w_{\text{mud}}$ となるように水を加えて混練し、これをモールド($\phi 60 \times h 20 \text{ mm}$)に流し込み作成した。

(2) 試験方法および試験結果

泥膜供試体のせん断強度 τ は、一面せん断試験機を用いて求めた。試験条件は、粘性土用は圧密非排水条件(定体積せん断)、砂質土用は地山への排水を考慮して圧密排水条件(定圧せん断)とした。圧密圧力および拘束圧は $p = 2, 4, 6 \text{ kgf/cm}^2$ の3通りで、せん断速度は $0.1 \text{ \%}/\text{min}$ とした。

拘束圧 p とせん断強度 τ の関係を図-1に示す。泥膜のせん断強度 τ は拘束圧 p にはほぼ比例して増加し、せん断強度の増加率 τ/p は、粘性土用泥膜の場合で $\tau/p = 0.2$ 、砂質土用では $\tau/p = 0.1$ となった。砂質土用泥膜のせん断強度の方が小さかった原因は、ベントナイトおよびポリマーの配合量が粘性土用に比べ多いにも拘らず、圧密日数を等しくした(7日; 粘性土用泥膜の圧密度が $U = 90\%$ となる日数)結果、2種類の泥膜で圧密度が異なったためと考えられる。

表-1 対象とする安定液の配合
(水 1 m^3 に対して、単位: kg)

対象地盤	ベント ナイト	ポリマー	シルト
粘性土 土丹	20	4	50
砂質土	30	5	50

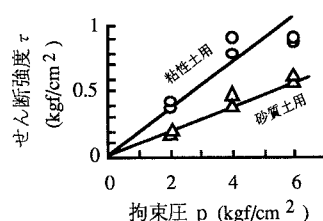


図-1 泥膜供試体のせん断強度

2. 泥膜の付着強度特性

実際の連壁では連壁と地山の間に泥膜が介在しているので、このことを考慮して作成した供試体の付着強度について調べた。

(1) 使用材料

地山材料は砂質土、粘性土、土丹の3種類である。砂質土は珪砂7号、8号を混合して、粘性土および土丹は川崎市扇島内にて採取した試料を整形して用いた。安定液は、泥膜せん断試験で用いたものと同様である。

また連壁材料は、高強度コンクリートおよびアスファルト系遮水材³⁾を用いた。ただし、コンクリートは、供試体の寸法($\phi 60\text{mm}$)を考慮して粗骨材を除きモルタル分のみを用いた。さらに実施工を考慮して、泥膜と連壁の間にコンクリート漏れ防止用シート(キャンパスシート、T-300)を挟んだケースについても調べた。

(2) 供試体作成手順および試験方法

まず、ろ過試験用モールドの下部に予め整形($\phi 60 \times h 10\text{mm}$)しておいた地山材料を置き、その上に安定液を注ぎ、ろ過試験機を用いて $p = 0.2\text{kgf/cm}^2$ で加圧し地山上に泥膜を形成させる。加圧日数は3日または7日とした。泥膜形成後、余剰安定液を廃棄し、モルタルまたは遮水材を高さ $h = 20\text{mm}$ まで静かに注ぎ込み、24時間後に脱型して供試体とした。供試体の構成図を図-2に示す。

付着強度 s は、一面せん断試験機を用い、供試体を泥膜面付近でせん断して求めた。なお、圧密時間は24時間(圧密度 $U = 90\%$)、せん断時の排水条件は泥膜せん断試験と同様とした。

(3) 試験結果

図-3は連壁材料がモルタルで地山材料が異なる場合を比較したもので、付着強度 s は拘束圧 p にほぼ比例して増加することが分る。砂質土とモルタル、粘性土とモルタルの付着強度は概ね等しく $s/p = 0.3$ で、また土丹とモルタルでは $s/p = 0.9$ となった。また、図-4は地山が粘性土で連壁材料が異なる場合を比較したもので、粘性土と遮水材では $s/p = 0.5$ となり、連壁材料がモルタルの場合より若干大きい。

付着強度 s が泥膜せん断強度 τ より大きい要因として、セメント分の溶出により泥膜が部分的に固化した可能性などが考えられる。

図-5は、泥膜を形成する際の加圧日数が付着強度に与える影響を調べた結果で、いずれのケースでも付着強度がわずかに増加する傾向が見られるが、その比率は小さい。また、図-6は、シートの有無が付着強度に与える影響を調べた結果で、付着強度は1ケース(図中に破線で示した)を除き、ほとんど変化していないことが分る。

3. まとめ

泥膜の強度特性について調べた結果、泥膜のせん断強度 τ と拘束圧 p の関係は $\tau/p = 0.1 \sim 0.2$ 、また連壁と地山の付着強度 s と拘束圧の関係は砂質土、粘性土で $s/p = 0.3$ 、土丹では $s/p = 0.9$ となった。一方、泥膜形成日数やコンクリート漏れ防止用シートの有無が付着強度に及ぼす影響は小さいことが分った。

現在、原位置試験機を用いて実際の現場における泥膜を調査するとともに、大型供試体を用いた盤膨れ現象の再現試験を計画している。これらの結果については機会を改めて報告したい。

参考文献 1) Veder, C.: Excavation of Trenches in the Presence of Bentonite Suspension for the Construction of Impermeable and Load-bearing Diaphragms, Proc. of Symp. on Grouts and Drilling Muds in Engineering Practice, pp.181-188, 1963.、2) 浅川ら: 安定液による壁面安定の機構—非粘性土地盤におけるトレンチ掘削の場合を問題として—, 土と基礎, Vol.21 No.1, pp.31-37, 1973.、3) 樋口ら: 薄膜遮水壁工法—変形追随性をもつ遮水材の基礎性状について—, 第49回土木学会年講, pp.1506-1507, 1994.

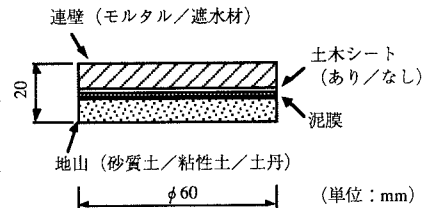


図-2 泥膜付着強度試験用の供試体の構成

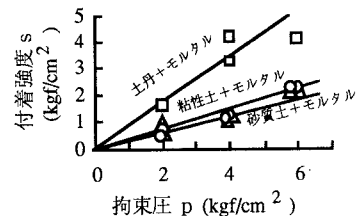


図-3 地山とモルタルの付着強度 (泥膜形成日数=3日、シートなし)

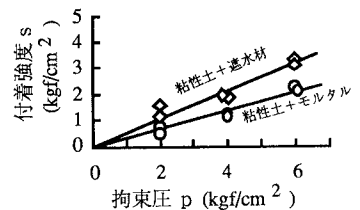


図-4 粘性土とモルタルまたは遮水材との付着強度 (泥膜形成日数=3日、シートなし)

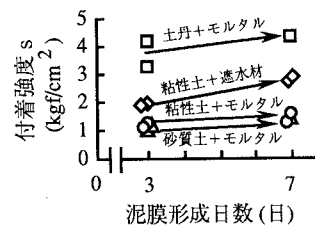


図-5 泥膜形成日数が付着強度に与える影響 (シートなし)

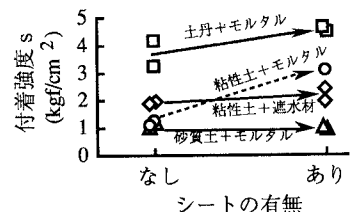


図-6 シートの有無が付着強度に与える影響 (泥膜形成日数=3日)