

粘性土層の圧密強度増加を考慮した二重式鋼矢板基礎工の検討

株式会社共生 ○西川祥・時任基弘・鴻上宏子

1. はじめに

砂防堰堤を粘性土層などの軟弱層が厚く堆積する地盤に構築したい場合も少なくはない。コンクリート堰堤やソイルセメント堰堤では、構造上、地盤の支持力確保のために地盤改良することが必須になる。軟弱層が厚くなると、工期・コスト面など実際上施工が困難になる場合も多い。

一方、ダブルウォール(DW)やセル型式については、二重式鋼矢板基礎工や直線形鋼矢板基礎工を設けることによって堤体の安定性は確保される場合が多い。このとき、堤体および支持層に達していない基礎工も、軟弱層が圧密(あるいは圧縮)を起こし沈下が生じる。圧密が伴うと軟弱層の強度増加も生じることになる。

ここでは、この軟弱層の圧密強度増加を見込んだ場合、鋼矢板基礎工付きの DW やセル堤体の安定性にどのように影響するのかについて試算による検討結果を紹介する。

また、道路盛土の安定性検討においては、この圧密強度増加を見込むのが普通であることを踏まえ、基礎工付き砂防堰堤の設計に圧密強度増加を反映することをあわせて考えてみる。

2. 圧密にともなう強度増加の概要

軟弱地盤の圧密強度増加は、堤体等の上載荷重により軟弱層の間隙水が排出され、圧密されることによって生じる。圧密強度については、粘着力 C によって表され、増加後の粘着力は次式で与えられている¹⁾。

$$C=C_0+m(p_0 \cdot p_e + \Delta p)U$$

ここで、 C_0 ：原地盤の粘着力、 m ：強度増加率、 p_0 ：原地盤の土被り圧、 p_e ：先行圧密応力(= C_0/m)、 Δp ：堤体等の載荷による増加応力、 U ：圧密度である。

表-1 圧密強度増加率¹⁾

土質	m	0.2	0.3	0.4	0.5
粘性土	0.30~0.45				
シルト	0.25~0.40				
有機質土及び黒泥	0.20~0.35				
PEAT	0.35~0.50				

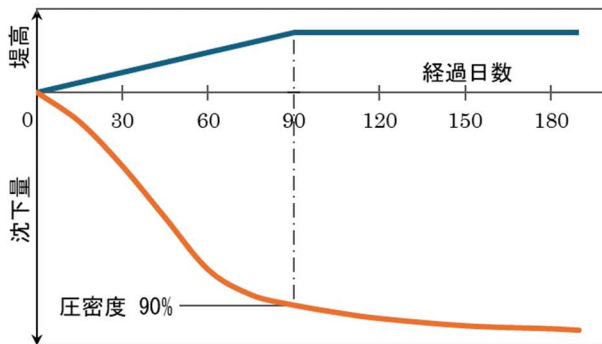


図-1 堤体盛立高と沈下進行のイメージ

強度増加率 m は、表-1 に示すように、軟弱地盤の土質によって代わり、粘性土では 0.3~0.45 とかなり幅のある特性値である。

圧密強度増加の進行は、圧密度で示される。図-1 に示すように、圧密度 90%程度までは、沈下は速めに進行するが、それを超えると遅くなる。そのため、実用上は圧密度 90%で沈下は終了すると考えてよい。

これまでの軟弱地盤における沈下対応の DW 等の施工例によると、堤体の盛立に追従して沈下は進行している。盛立終了時には、それまでの沈下分の堤体の嵩上げをすれば、その後の沈下はほとんど進行せずに、所要の天端高は確保されているのが実情である。

このことは、堤体を設置するような溪流における軟弱地盤では、粘性土と砂礫の堆積が交互に行われ、少々厚い粘性土層内にも水平排水層となる砂礫層が薄くても何層にも介在して、圧密は一般的に短期に終了していることを示すからだと考えられる。

したがって、堤体の長期安定性の検討には、軟弱地盤の圧密強度増加を見込んで設計しても問題ないと考えられる。

3. 圧密強度増加を考慮した安定性

(1) 試算モデルの設定

試算の対象断面は、図-2 に示すように、堤高 10.0m、幅 12.0m の矩形の断面である。その堤体断面に対して、土石流(流速 $U=5.0\text{m/s}$ 、水深 $D_a=1.5\text{m}$ 、流体力 $F=60\text{kN/m}$)を天端部に作用させている。それに応じて、水压や堆砂圧も作用させている。

地盤については、図-3 に示すように、自然地盤で考えられる最も軟らかい粘土($N \approx 3$)とし、内部摩擦角 $\phi=10^\circ$ 、粘着力 $C=15\text{kN/m}^2$ とする。

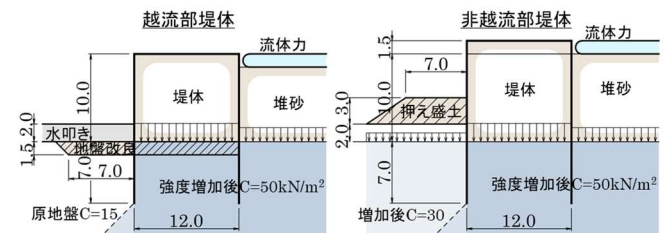


図-2 安定性対象の検討モデル

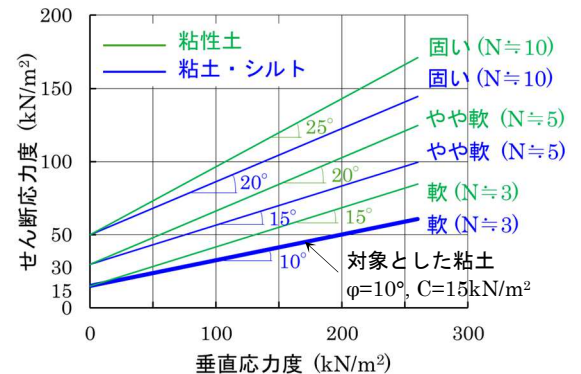


図-3 粘性土等<自然地盤>の土質定数²⁾

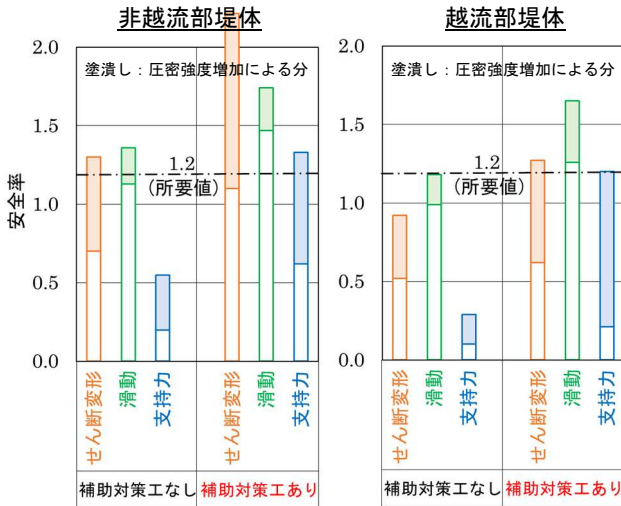


図-4 地盤の圧密強度増加による安全率向上

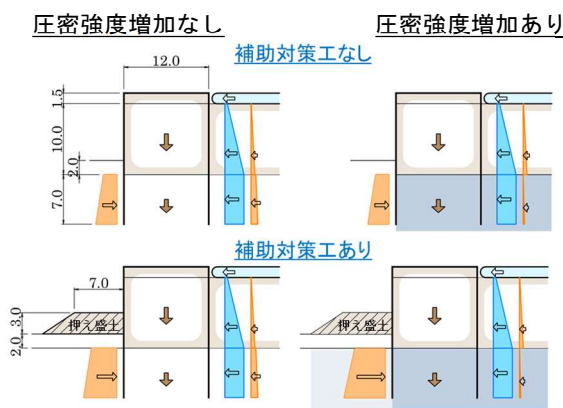


図-5 圧密強度増加有無に対する荷重分布 (非越流部堤体)

ただし、圧密強度増加後の粘着力が図-3 に示す自然
地盤において最大となる 50kN/m^2 を越える場合には、
この値を使用して試算した。なお、内部摩擦角
 $\phi=10^\circ$ は変わらない。

(2)非越流部堤体の安全率の試算結果

軟らかい粘土層の圧密強度増加を考慮すれば、考慮
しない場合に比べて安全率は向上するが、所要値には
達しない(図-4)。非越流部堤体においては、堤体直下
流に 2~3m 高の補助的な押え盛土を行えば基礎工を含
む堤体の安定性は確保される(図-5)。

なお、基礎工が支持層に達する場合には、支持力に
対する安定性の問題はなくなるが、せん断変形に対す
る安定性を満足させるために、同様に補助的な押え盛
土を必要とする。

(3)越流部堤体の安全率の試算結果

非越流部堤体と同様、軟らかい粘土層の圧密強度増
加を考慮すれば、考慮しない場合に比べて安全率は向
上するが、所要値には達しない(図-4)。越流部堤体
においては、堤体直下と直下流の水叩き下に 1.5m 厚
程度の補助的な浅層の地盤改良を行えば基礎工を含む
堤体の安定性は確保される(図-6)。

なお、基礎工が支持層に達する場合には、支持力に
対する安定性の問題はなくなり、地盤改良も必要ない。

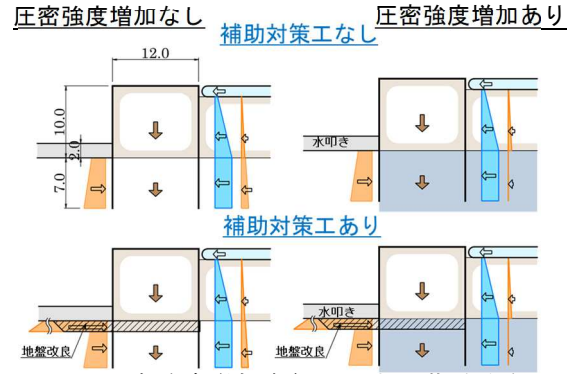


図-6 圧密強度増加有無に対する荷重分布 (越流部堤体)

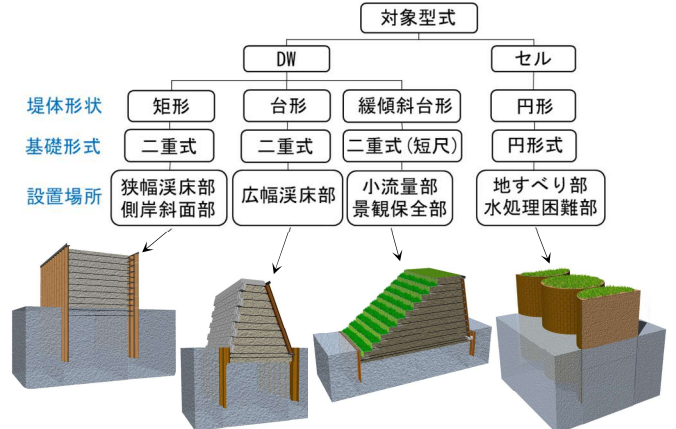


図-7 圧密強度増加の考慮対象になる堰堤型式

4. 圧密強度増加の考慮対象になる堰堤型式

軟弱地盤の圧縮強度増加を考慮の対象とする堰堤型
式は、台形・矩形の INSEM-DW(土砂 DW を含む)と
セルである。

特に軟らかい地盤の場合でも、地盤の圧密強度増加
を考慮すれば、例えば、非越流部堤体については補助
的な押え盛土、越流部堤体については浅層の地盤改良
を実施すれば、堤体の安定性が確保される。

緩勾配下流面 DW の場合は、堤体下流端の地盤反力
度が低減されるので、基礎鋼矢板は不要あるいは数
m の短尺のもので済む。

基礎鋼矢板が支持層に達する場合には、堤体自体に
よるタイ材への負担を軽減するため、鋼矢板の頭部に
スライド機能をもたせる。

5. おわりに

軟弱地盤上に載る砂防堰堤の堤体が沈下に追従でき
る構造であるならば、地盤の圧密強度増加を設計に取
り込むことは技術上合理的であると考えられる。

長い年月をかけて形成されてきた地盤固有の強度特
性を生かすことは、砂防堰堤を構築する砂防技術者に
とって重要である。軟弱地盤を生かせれば、その分、
工期短縮、コスト縮減、施工中の環境配慮、地盤環境
の不変などを達成できる、最適な砂防堰堤の設置が可
能になるからである。

参考文献

1)日本道路協会：道路土工-軟弱地盤対策工指針
2)東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速
道路(株)：設計要領 第一集 土工保全編・土工建設編