

底泥のせん断強度・移動限界に及ぼす細砂混合の影響

徳島大学工学部 正会員 中野 晋
エコー建設コンサルタント 正会員○喜田 将司

1. はじめに 粘土主成分の底泥について前報¹⁾では、移動限界の評価を粘土含水比の概念を用いて行った。しかし粘土含水比を考える際、土粒子の付着水厚さの決定に厳密性を欠いていたため、底泥の粒度構成条件を考慮することができなかった。そこで本文では、底泥の粒度構成を考慮し、付着水厚さを求めた。その際の特例として2粒径のみで構成された混合泥のせん断強度と移動限界を付着水厚さの観点から考察し、粘土含水比で評価した場合と比較した。

2. 底泥のせん断強度と移動限界

(1) 付着水厚さと粘土含水比 粘土含水比は粘着力を有する粘土分の含水比に着目した考え方であり、付着水厚さは厳密に評価されていない。そのため付着水厚さが粒径よりも大きくなるような高含水比の底泥の場合、せん断強度および移動限界の評価に問題がある。そこで付着水厚さを厳密に求めるにあたって、最初に土粒子の付着水厚さはどの粒径においても同じ厚さで付着していると仮定した。さらに重量ベースの粒度分布を仮定し、空隙率 λ を用い、総体積の関係から2粒径の付着水厚さ t に関して次のような関係式を得た。

$$\frac{\lambda}{2(1-\lambda)} = \left\{ \frac{3m}{d_s} + \frac{3(1-m)}{d_c} \right\} t + \left\{ \frac{6m}{d_s^2} + \frac{6(1-m)}{d_c^2} \right\} t^2 + \left\{ \frac{4m}{d_s^3} + \frac{4(1-m)}{d_c^3} \right\} t^3 \quad (1)$$

ここで m : 混合率, d_c , d_s : 粘土および細砂の粒径である。(1)式より例えば $t/d_c \ll 0.1$ の時は第2項, 第3項の影響はほとんどない。粘土含水比はこの考え方をういたため、低含水比底泥の評価には適していると言える。

底泥のせん断強度の評価に際して、底泥内部の土粒子間に作用している引力や斥力などの分子間力が底泥のせん断強度に関わっていると考えた。これらの力は粒子間距離と関係が深い。そこで粒子間距離と付着水の厚さの関係に着目し、せん断強度の評価を行うことにした。そのため混合率 $m=0$ の底泥において、せん断強度試験から得た付着水厚さとせん断強度 τ_{yv} の関係を近似し、次のような式に表した。

$$\tau_{yv} = 1.027 \times 10^{-3} t^{-6.156} \quad (2)$$

なお粘土含水比 W_c は、式(1)の第2項と第3項を省略したもので次式のように表される。

$$W_c = W / \{ m(d_c/d_s - 1) + 1 \} \equiv W / (1-m) \quad (3)$$

ここで W : 含水比である。

(2) 実験結果 本研究では底泥試料に、粘土分としてカオリナイト(ASP600)、細砂分として塩化ビニル樹脂微粉末(TS-800)を使用した。混合率は40%以下の粘土主成分試料を使用した。

(1) せん断強度 式(1), (2)を用いて各混合率における含水比とせん断強度の関係を表し、実験データと比較したものが図.1である。よってデータごとに引かれた直線は付着水厚さを考慮して求めた理論値である。この図において実験データをみると細砂の混合率増加に伴うせん断強度の減少が確認できる。また、理論値はこの傾向をよく表しており、実験データとの適合性の良さがみられ

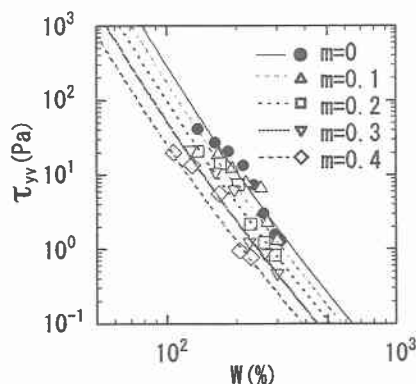


図.1 含水比とせん断強度の関係

る。細砂混合によるせん断強度の変化をみるために、式(1)、(2)を用いて付着水厚さを厳密に評価した場合の値と粘土含水比と実験結果から得た近似式を用いて、近似的に求めた場合の値を実験データとともに比較したのが図.2である。付着水厚さから評価した値は含水比別にその傾向を示した。この図において両者の理論は、混合率の増加に伴う混合泥のせん断強度の低下をよく表していると言える。また粘土含水比の値と付着水厚さの値との差はあまり生じておらず、粘土含水比におけるせん断強度評価の妥当性が確認される。

(Ⅱ) 移動限界 実験から得られたせん断強度と移動限界の関係を大坪²⁾、海田³⁾、村上⁴⁾、藤平⁵⁾の実験値とともに図.3に示す。本実験デ

ータを他の研究データと比較すると移動限界は大きめの傾向を示す。この原因として、実験方法や底泥試料、移動限界の定義の違いなどが考えられる。またせん断強度の場合と同様に付着水厚さを考慮した場合と粘土含水比を考慮した場合の移動限界低下率と実験値を比較したのが図.4である。この図においても実験値との一致はみられないが、減少傾向では似通った変化を示している。また付着水厚さを考慮した曲線と粘土含水比の曲線を比較してもせん断強度の場合と同様、大きな差は生じておらず、粘土含水比の概念は実験の範囲では高含水比時においても十分適用できることがわかる。

3. 結論 細砂混入によって底泥のせん断強度および移動限界が減少することが実験から判明した。また付着水厚さと粘土含水比の概念はこの傾向をよく表していた。さらに粘土の粘着力に焦点を絞った粘土含水比の概念は付着水厚さを厳密に評価したことからその妥当性が証明された。

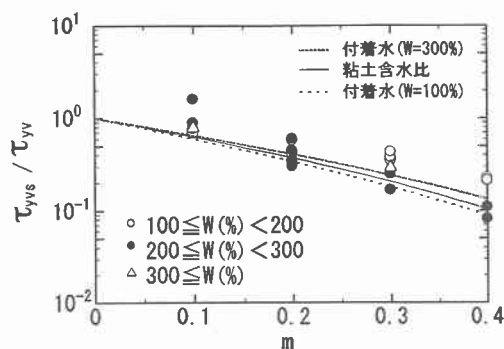


図.2 細砂混合によるせん断強度の低下

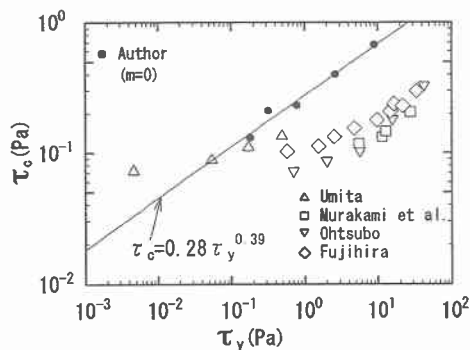


図.3 せん断強度と移動限界の関係

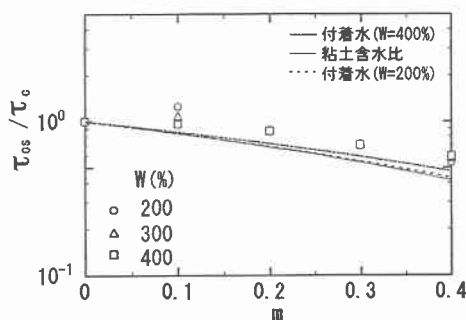


図.4 細砂混合による移動限界の低下

- 参考文献 1)中野 晋・喜田将司：底泥の降伏値・移動限界に及ぼす細砂混入の影響，水工学論文集 第40巻，pp.959-964,1996. 2)大坪國順：底泥の再浮上に関する基礎的研究，1984. 3)海田輝之・楠田哲也・二渡 了・栗谷陽一：柔らかい底泥の巻き上げ過程に関する研究，土木学会論文集，Vol.393/Ⅱ-9,pp.33-42,1988. 4)村上和男・菅沼史典・佐々木均：円形回転水路による底泥の巻き上がりと沈降に関する研究，港研報告，Vol.28-1,pp.43-76,1989. 5)藤平依彦：底泥床上の乱れ特性と移動限界掃流力，徳島大学修士論文，1991.