底泥土の固化処理強度に及ぼす粒度と含水比の影響を考慮した固化材添加量の決定法

（株）フ　ジ　タ　福島伸二・北島 明・西本浩司
（独）農村工学研究所　谷　茂

１．目　的

筆者らはこれまでに老朽化したため池の堤体の補強や漏水防止を目的として，池内に堆積した底泥土を固化処理して所要の強度と遮水性を有するように人工的に製造した築堤土で堤体を築造する砕･転圧盛土工法 [1]を開発してきた．ため池では池内で底泥土の粒度変化は少なく，これを固化処理した時の強度は含水比だけで管理できた．一方，フィルダムでは流入河川や池の規模が大きく池内で底泥土の粒度が変化するため，固化処理時の強度管理には粒度の影響も考慮する必要がある [2]．本報告では，フィルダムの堤体改修に砕･転圧盛土工法を適用する場合を想定し，底泥土の固化処理時の強度管理に含水比だけでなく粒度の影響も考慮した固化材添加量の決定法を提案する．

２．底泥土の粒度と含水比の取扱い

池内の底泥土の物理化学的性質は流域や河床の地質状況に規定されるので基本的には同じであり，上流域の粗粒分の多い底泥土は堤体付近の細粒分の多い底泥土に物理化学的性質に影響を及ぼさない粗粒分だけが加わったものと考えられる．そこで，堤体付近の細粒分の多い底泥土を基本底泥土とし，**図-1** に示す模式図のように，土粒子分 W_{SO} を 75 μ m 以下の土粒子分 W_{SF} とそれを超える土粒子分 W_{SC} に分け（$W_{SO}=W_{SF}+W_{SC}$），水分を W_{WO} とすると，基準となる含水比 w_O と粒度 F_{CO} はそれぞれ $w_O=(W_{WO}/W_{SO})\times100$，$F_{CO}=(W_{SF}/W_{SO})\times100$ になる．一方，上流域の底泥土は基本底泥土（w_O , F_{CO}）に粗粒分 ΔW_{SC} が増えただけなので，土粒子分は $W_S=W_{SO}+\Delta W_{SC}$，増えた粗粒分内の水分 ΔW_W を含めた全水分量は $W_W=W_{WO}+\Delta W_W$ となり，全体含水比 w_T（$=(W_W/W_S)\times100$）は

$$w_T=(w_O+\Delta w)/(1+\Delta W_{SC}/W_{SO})=w/(1+\Delta W_{SC}/W_{SO})$$

となる．Δw は基本底泥土と粗粒分内の水分 ΔW_W を基本底泥土の土粒子分 W_{SO} による含水比変化（$=(\Delta W_W/W_{SO})\times100$）で，$w=w_O+\Delta w$ は ΔW_{SC} を除いた基本底泥土状態での土粒子分で表示した含水比（$=(W_{WO}+\Delta W_W)\times100/W_{SO}$）である（$w$ はここでは換算含水比という）．上流域の底泥土の F_C（$=(W_{SF}/W_S)\times100$）は上式より $F_C=F_{CO}\cdot(w_T/w)$ となるから，w は w_T と基本底泥土の w_O，F_{CO} から

$$w=(F_{CO}/F_C)\cdot w_T \qquad (1)$$

により求まる．以上から，上流域の底泥土（w , F_C）の固化処理強度は w による強度成分と基本底泥土から増加した粗粒分（$F_{CO}-F_C$）による強度成分からなるものと考えられる．

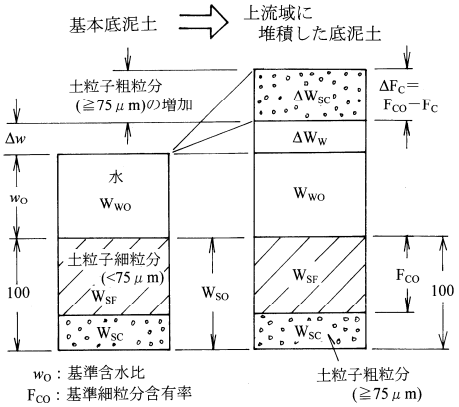

図-1　底泥土の土粒子分と水分の模式図

３．初期固化土の強度に及ぼす粒度・含水比の影響

固化処理した底泥土のt=10 日目の一軸圧縮強さ$(q_u)_{IS10}$はF_Cが低下すると急増するが，この関係は$(q_u)_{IS10}$とF_CをF_{CO}により正規化したF_C/F_{CO}との関係が両対数グラフ上で固化材添加量ΔW_Cによらず傾きが一定の直線

$$(q_u)_{IS10}(F_C, w)=c\cdot(F_C/F_{CO})^d \qquad (2)$$

により近似できる[2]．ここで，c は基本底泥土（w_O, F_{CO}）の$F_C=F_{CO}$における $(q_u)_{IS10}$の値$c=(q_u)_{IS10}(F_{CO}, w_O)$，dは直線の傾きである．また，底泥土の$(q_u)_{IS10}$～$w$関係は$(q_u)_{IS10}$を$w=w_O$時の強度aにより，$w$を$w_O$によりそれぞれ正規化して両対数グラフにプロットすると，ΔW_Cによらずに直線

$$(q_u)_{IS10}(F_C, w)=a\cdot(w/w_O)^b \quad (b=-1.37) \qquad (3)$$

により近似できる[1]．ここで，a は$w=w_O$の基本底泥土に粗粒分が加わった底泥土の強度$a=(q_u)_{IS10}(F_C, w_O)$で，式(2)より$a=c\cdot(F_C/F_{CO})^d$となる．式(2)と式(3)は組合せると次式になる．

$$(q_u)_{IS10}(F_C, w)=c\cdot(F_C/F_{CO})^d\cdot(w/w_O)^b \qquad (4)$$

キーワード　老朽化フィルダム，底泥土　固化処理，粒度，含水比，固化材添加量
連 絡 先　〒151-8570　東京都渋谷区千駄ヶ谷４－25－2　（株）フジタ　土木本部　TEL03－3796－2297

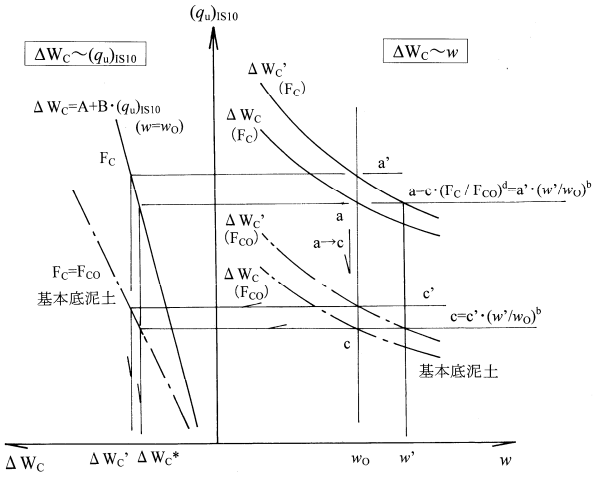

図-2　$(q_u)_{IS10}$～w～ΔW_C関係の概念図

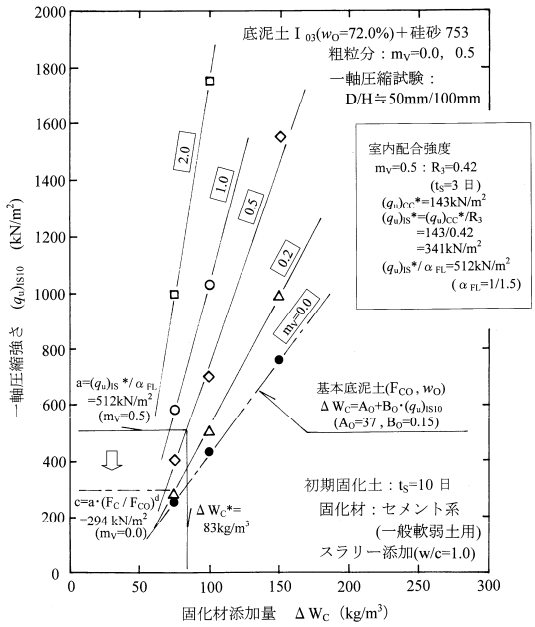

図-3　$(q_u)_{IS10}$～ΔW_C関係（m_V=0.0～2.0）

4．粒度と含水比を考慮した固化材添加量の決定法

底泥土を所定の強度$(q_u)_{IS}$*に固化するには，先ず底泥土のF_Cとw_Tを測定し基本底泥土の指標（F_{CO}, w_O）と式(1)によりw（=(F_{CO}/F_C)・w_T）を求める．wとw_Oとを比較して，w=w_Oである場合と，w≠w_Oの場合がある．

a）w=w_Oの場合　w=w_Oの場合の説明を**図-2**に示す$(q_u)_{IS10}$～ΔW_C～w関係により行う．**図-2**の底泥土（F_C,w_O）のΔW_C（F_C）に対応する$(q_u)_{IS10}$～w曲線上のw=w_Oでの配合強度を$a=(q_u)_{IS}^*/\alpha_{FL}$とすると，式(2)から

$$a=(q_u)_{IS}^*/\alpha_{FL}=c\cdot(F_C/F_{CO})^d$$

となる．aは基本底泥土（F_{CO}, w_O）のΔW_C（F_{CO}）に対応する$(q_u)_{IS10}$～w曲線上のw=w_Oにおけるcに変換すると

$$c=a\cdot(F_C/F_{CO})^{-d}=[(q_u)_{IS}^*/\alpha_{FL}]\cdot(F_C/F_{CO})^{-d}$$

となる．基本底泥土（F_{CO}, w_O）に粗粒分を加えた底泥土（F_C, w_O）の$(q_u)_{IS10}$～ΔW_C関係は各F_Cにおいて直線式により近似できるから[2]，基本底泥土（F_{CO}, w_O）では

$$\Delta W_C=A_O+B_O\cdot(q_u)_{IS10} \qquad (5)$$

となる（A_OとB_Oは直線の切片と傾き）．従って，底泥土（F_C, w_O）を現場で強度aに固化させるのに必要なΔW_Cは，F_Cの影響を考慮して基本底泥土（F_{CO}, w_O）での強度に変換したcを式(5)の$(q_u)_{IS10}$に代入して得られる．

b）w≠w_Oの場合　基本底泥土がw≠w_Oである場合の底泥土（F_C, w）に必要なΔW_Cを決定する方法を以下に示す．ある含水状態w=w'にある底泥土（F_C, w'）の強度aは**図-3**の$\Delta W_C'$（F_C）に対応する$(q_u)_{IS10}$～w曲線上のw=w'にあるが，同じ$(q_u)_{IS10}$～w曲線上のw=w_Oにおけるa'との間にwの影響を考慮できる式(3)：$a=a'\cdot(w/w_O)^b$により$a'=a\cdot(w/w_O)^{-b}$の関係がある．a'は式(2)：$a'=c'\cdot(F_C/F_{CO})^d$で表され，基本底泥土（F_{CO}, w'）の$\Delta W_C'$（F_{CO}）に対応する$(q_u)_{IS10}$～w曲線上のw=w_Oにおける強度c'はc'=a'・$(F_C/F_{CO})^{-d}$のように変換される．すなわち，底泥土(F_C , w')のw=w'でのaはw=w_Oにおけるa'に，さらにa'は基本底泥土における値c'に変換されたが（**図-2**におけるa→a'→c'），これは上の関係式から

$$c'=a'\cdot(F_C/F_{CO})^{-d}=a\cdot(w'/w_O)^{-b}\cdot(F_C/F_{CO})^{-d}$$

となる．したがって，底泥土(F_C , w')を$(q_u)_{CC}$*に固化させるために必要なΔW_C*は上式のc'を式(5)に代入して

$$\Delta W_C^*=A_O+B_O\cdot(q_u)_{IS10}=A_O+B_O\cdot a\cdot(w'/w_O)^{-b}\cdot(F_C/F_{CO})^{-d}$$

のように導ける．

例えば，**図-3** に示すうちの底泥土（m_V=0.5）[2]を$(q_u)_{IS}^*$=341 kN/m² に固化する場合を考えよう．a は$(q_u)_{IS}^*$を現場と室内試験の相違を補正する現場/室内強度比α_{FL} により強度割増しをした配合強度$(q_u)_{IS}^*/\alpha_{FL}$=341×1.5≒512kN/m² であるから，これは式(2)により基本底泥土（w_O，F_{CO}）における c に c=512×(51.5/95.0)$^{0.91}$≒294 kN/m² に変換される．したがって，$(q_u)_{IS}^*$を現場で達成するのに必要なΔW_C *は c 値を式(5)に代入すればΔW_C^*=37＋0.15×294≒81kg/m³ となる．これはは**図-3** の試験データから直接求められるΔW_C^*≒83kg/m³ に近い値になっており，ここで提案したΔW_Cの決定法が実務上の適用性を十分有していることがわかる．

参考文献　1)谷 茂，福島伸二，北島 明，酒巻克之：砕･転圧盛土工法の設計･施工法について，農業工学研究所技報，第 202 号，pp.141－182, 2004.　2)北島 明，福島伸二，和気輝幸，西本浩司：底泥土の固化処理強度に及ぼす粒度と含水比の影響，第 41 回地盤工学研究発表会，2006