

軽量繊維質固化処理土の強度特性に関する研究

東北大・工・地球 ○高橋 弘, 森環境技研 森 雅人
八千代エンジニアリング 熊倉 宏治, 小谷 謙二, 東京ソイルリサーチ 大谷 雅之

1. はじめに

建設汚泥は、建設工事に伴って発生する掘削汚泥や微細な泥状土などであり、そのままでは盛土などに直接流用できない。従って、年間1,000万トン以上の建設汚泥が排出されているにもかかわらず、建設汚泥のリサイクル率は低く、ごく一部再利用されるものを除き、大部分は産業廃棄物である「汚泥」として中間処理施設で脱水処理を施すか、あるいは直接最終処分場に持ち込まれている。しかしながら、処分場の不足・遠隔化は深刻な問題であり、輸送コストの負担から建設汚泥の不法投棄が後を絶たず、地球環境への汚泥負荷の影響が大きな問題となっており、建設汚泥の有効利用が望まれているのが現状である。

ところで、建設汚泥の処理法としては、乾燥処理、脱水処理、固化処理などの方法が提案されている。乾燥処理では大きな仮置き場が必要であり、処理に時間がかかる問題がある、また脱水処理では、圧縮プレスが必要であり、現場で簡単に処理するのは難しい。固化処理は、セメント系固化材などにより固化処理することによって盛土材料としてリサイクルする方法であり、既に流動化処理土工法などが提案されている。この工法は泥水とセメント系固化材を混合し流動化させ、まだ固まらないコンクリートのようにポンプなどで流し込んで、埋め戻しなどの施工を行う方法であるが、この工法により生成される土砂(以下、固化処理土と記す)は、一軸圧縮試験における破壊ひずみが通常土より小さく、品質改良が十分とは言えず盛土材としての用途に適さない場合が多々ある。つまり、生成される固化処理土はコンクリートや岩石のような強度特性を示すため、周辺地盤や既存盛土と固化処理土による新設の盛土の間に剛性の相違が生じ、互いのなじみが悪く、地震時のように盛土や基礎地盤が大きな変形を受ける時には、剛性の高い部分に局部的な変形集中によるクラックや過大な土圧の発生が懸念される。

一方、吸水性の高分子系改良剤(ポリマー)を用いて汚泥を再資源化する工法も提案されているが、この工法が適用できる含水比の範囲は100%程度までであり、それを超える含水比の泥水に対しては、上述した流動化処理土工法のように泥水にセメン

ト系固化材を添加し、水和反応により含水比を100%程度までに低下させる必要がある。しかし、高含水比泥土の場合、含水比を低下させるためには大量のセメント系固化材を添加する必要があり、その結果、上述したような固化処理土と同じ特性を示すことになり、強度上の問題点が発生してしまうことになる。

そこで著者らは、十分な品質特性を有する盛土材料として汚泥の再資源化をはかるために、ヘドロや汚泥に繊維質物質である故紙破砕物と高分子系改良剤を添加し、高含水比泥土を再資源化する技術の開発を行った。この工法で生成される土砂(以下、繊維質固化処理土と記す)は、従来の固化処理土にない優れた土質上の性質を有しており、また軽量であるというメリットも有する。本報では、軽量繊維質固化処理土の強度特性について報告する。

2. 繊維質固化処理土の強度特性

繊維質固化処理土の強度特性について検討するため、実際の建設現場から泥水をサンプリングし、本研究で提案した工法により繊維質固化処理土を生成するとともに、比較のため同じ泥水を使用して、セメント系固化材のみを用いて固化処理土を生成し、一軸圧縮試験を実施した。

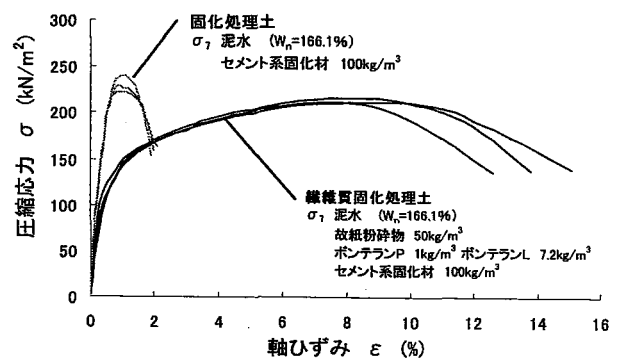


図-1 応力-ひずみ曲線

図-1 はセメント系固化材の添加量を 100kg/m^3 とした場合の応力-ひずみ曲線を示している。注目すべきは、固化処理土は破壊ひずみが1%未満であるのに対して繊維質固化処理土は8~9%と大きいことである。また、繊維質固化処理土は、ピーク応

力後も大きな残留強度を持ち続けている。これは、本工法で生成される処理土は内部に繊維質を含むため、圧縮応力が分散し、局所的な変形集中が生じ難いためであると考えられる。

3. 軽量繊維質固化処理土の工学的性質

3.1 含水比に関する理論式

初期建設汚泥を図-2のように仮定する。ただし、添字A, WおよびSは、それぞれ空気、水および土粒子を表し、空気の質量はほぼ0であるとする。

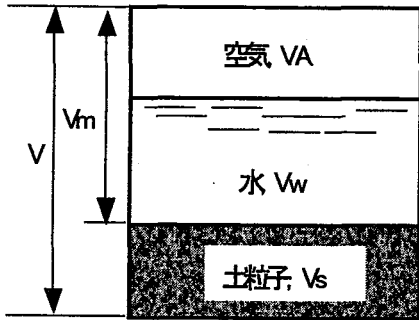


図-2 泥水を構成する要素

セメント系固化材は、その質量のh[%]の水と化学的に結合し、故紙にはc[%]の水が含まれていると仮定する。また、高分子系改良剤は粉末であるが、全て水に溶けてしまうため、その質量は水分と同等に扱い、さらに助剤は液体であるのでこちらも水分として扱うことにする。このとき、求める含水比 ω [%]は次式で与えられる。

$$\omega = \frac{\frac{\omega_0}{100} \rho_t - \frac{h\alpha}{100} + \frac{c\beta}{100} + \gamma + \delta}{\frac{\rho_t}{1 + \frac{\omega_0}{100}} + \left(1 + \frac{h}{100}\right)\alpha + \left(1 - \frac{c}{100}\right)\beta} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

ここに、 ω : 軽量繊維質固化処理土の含水比[%], ω_0 : 初期含水比[%], ρ_t : 建設汚泥の初期密度[kg/m³], α : セメント系固化剤の添加量[kg/m³], 故紙の添加量[kg/m³], γ : 高分子系固化剤の添加量[kg/m³], δ : 助剤の添加量[kg/m³]

3.2 密度に関する理論式

セメント系固化剤の水和に伴う収縮はないと仮定すると、セメント系固化剤および故紙等添加後の全体積および全質量は、各々の体積および質量を足したものに等しくなる。ただし、故紙の体積は攪拌後の体積増加率kを用いて計算するものとする。この時、軽量固化処理土の密度 ρ [kg/m³]は次式で与えられる。

$$\rho = \frac{\left(1 + \frac{\omega_0}{100}\right) \rho_w + \alpha + \beta + \gamma + \delta}{\frac{\rho_w + \omega_0}{\rho_s} \frac{Sr}{1 + \frac{\alpha}{\rho_c} + k \frac{\beta}{\rho_D} + \frac{\gamma}{\rho_P} + \frac{\delta}{\rho_L}}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2)$$

ここに、 ρ_s : 土粒子の密度[kg/m³], ρ_w : 清水の密度[kg/m³], ρ_c : セメント系固化剤の密度[kg/m³], ρ_D : 故紙の密度[kg/m³], ρ_P : 高分子系改良剤の密度[kg/m³], ρ_L : 助剤の密度[kg/m³], Sr : 飽和度(=V_w/V_m×100) [%]

3.3 実験値と計算値との比較検討

表-1に示す配合で軽量繊維質固化処理土を作成し、処理土の含水比および密度を計測した。その結果を、図-3および図-4に示す。実線が計算値を示しているが、計算値と実験値はほぼ一致していることが分かる。従って、本諸式を用いれば、初期含水比を調整することにより、必要な密度の軽量繊維質固化処理土を生成することが可能である。ただし、k=0.5とした。

表-1 配合割合

初期含水比 [%]	セメント系固化剤添加量 [kg/m ³]	養生期間 [日]	故紙添加量 [kg/m ³]	高分子系改良剤添加量 [kg/m ³]	助剤添加量 [kg/m ³]
105	40,80,60,100	7,28	50	1.2	8.6
150	60,80,100,120	7,28	60	1.2	8.6

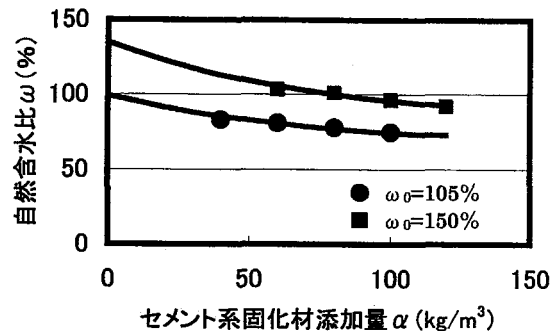


図-3 処理土の含水比と固化材添加量との関係

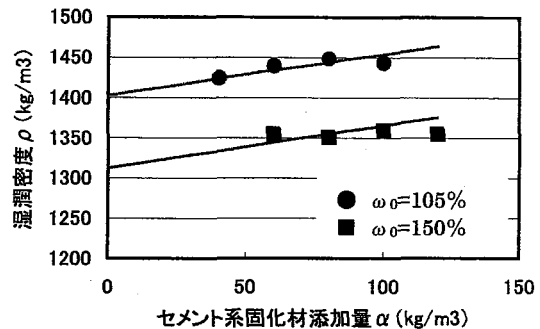


図-4 処理土の密度と固化材添加量との関係