

セメントと粘性土との混合度の評価について

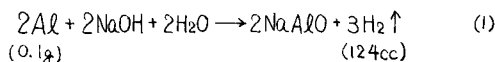
愛媛大学 工学部 学生 ○土屋 宜央

愛媛大学 工学部 正員 室 連朗

愛媛大学 工学部 正員 横 明潔

1.はじめに 深層セメント混合工法の現場における強度増加方法の研究や、強度のばらつきに関する研究は、これまで多数なされている。しかし、混合土の強度には2通りのそれぞれ独立した要因があると考えられる。1つは混合土の全体的な組成であり、セメントの混合比や粘土中の腐植などがそれに相当する。もう1つは混合の状態である。すなわち、全体的な組成が同一であっても、混合の良否によって強度に差が生じると考えられることである。従来の研究ではこの2要因を分離して扱っていない。そこで本研究では、混合状態の基礎研究として混合そのものを理論的にとらえ、混合度を分散という形で定義し、評価した。

2. 混合状態の評価方法 混合状態の良否の定量的評価をどのように行なうかは非常にむずかしい問題であるが、ここでは、AとBの物質を既知の割合で混合後、多数のサンプリングを行ない、各サンプル中のAの割合を重量比で表現した。この重量比を混合率と定義し、そのばらつきを標準偏差で表わし、この標準偏差が混合前の標準偏差と完全混合後の標準偏差との間のどの位置にあるかによって評価することにした。実際には、Aとして少量のアルミニウム粉末を入れたカオリン粘土($w=70\%$)を、Bとしてカオリン粘土($w=60, 70, 100\%$)を用いた。サンプル中のAの重量比は、図1に原理を示した装置で、1 N NaOH水溶液を加え発生する H_2 ガスの体積を測定することによって求めた。この反応式は次式の通りで、微量のAl粉末をも精度よく調べられる。



れた試料を半径6cmの2枚の攪拌翼により21rpmで混合するものである。攪拌後、約3gのサンプルを約12個採取して標準偏差を調べた。この結果を図4、図5に示す。ここではサンプル数が少ないため混合度の信頼度90%の信頼区間を併せて示した。図4では回転数の増加が混合度を高めることが明らかである。図5ではAとBの含水比が等しい($Ka+Al, w=70\%$)ものを混合することが、いずれの回転数に対しても混合度を上げることが判明した。しかし、重量比が混合度に与える影響は、明らかではなかった。以上の結果を現場に適用するならば、現場の粘性土と同一の含水比のセメントスラリーを用いて、長時間混ぜることが最良である。

4. 混合のメカニズム 混合のメカニズムとしては、分子レベルの拡散混合、流体の流れに伴う層流、乱流混合、塑性体の変形によるせん断混合などが考えられる。しかし、セメント混合工法では、①混合土の強度は主としてセメント硬化によると考えられるが、セメントの粒径は通常 5μ 以上と大きく分子レベルを越えている。②対象となる粘性土の含水比はふつう液性限界付近であることが多く、攪拌翼の貫入により乱されて塑性体というよりは流体に近い。以上から、流体としての混合が中心であると考えられる。ところで、地盤内で攪拌翼が回転している状態を考えると速度が最大である攪拌翼先端部の流れの様子は、一様流中におかれた円柱のまわりの流れに近似できる。そこで $Reynolds$ 数を概算してみると、1よりはるかに小さくなり、攪拌翼のまわりの流れは完全な層流と考えられる。したがって、セメント混合工法では、層流状態で2流体が変形し、境界面が増すという混合が支配的であると推定できる。この推定をもとに、次のような最も単純なモデルを考え、基礎実験を行なった。すなわち図6右下のように直径15cmのアクリルパイプにカオリン粘土をつめ、上面でアクリル板を回転させて、粘土の変形を調べた。この際、扇形に着色粘土を入れて変形を読みやすくした。図6各図は、アクリル底板からそれぞれに示した高さの水平断面の変形状態を示したものである。このモデルの運動は、

$$\frac{\partial^2 V_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial z^2} = \frac{V_\theta}{r^2} \quad (V_\theta \text{ は回転方向の速度}) \quad (3)$$

という軸対称、 $V_r = V_z = 0$ の場合の *Navier-Stokes* 式で表わされる。

5. 結論 1) 混合土の強度には、全体的な組成と混合状態の2要因が関与すると考えられる。2) 混合の状態は式(2)に示した混合度 α によって定量的に表現できる。ここで α は混合体からのサンプルにおけるAとBとの混合率の標準偏差を正規化した値である。3) サンプルから混合率を調べるには、Aにトレーサとして Al 粉末を入れ、 $NaOH$ 水溶液を加えた時の H_2 ガスの発生量を測定することが有効である。4) 攪拌混合において混合度を上げるには、翼の総回転数を増すこと、混合される2材料の含水比を近づけることが有効と考えられる。5) セメント混合工法においては、層流状態での変形にもとづく混合メカニズムが支配的であると考えられる。

参考文献

- 1) 中村正邦、松下正彦：改良材の攪拌混合性についての研究、第17回土質工学研究発表会講演集 pp. 2597~2600, 1982
- 2) 本城勇介、奥村敏夫、郭名昭士：セメント系固化剤による累層混合処理工法に関する研究(その14) 第15回土質工学研究発表会講演集 pp. 1725~1728, 1980

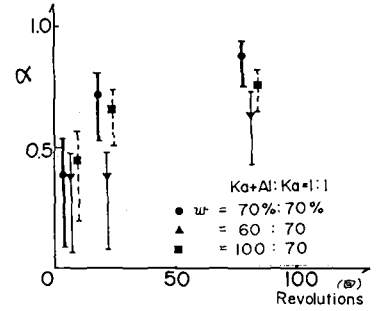


図4 混合度と回転数の関係

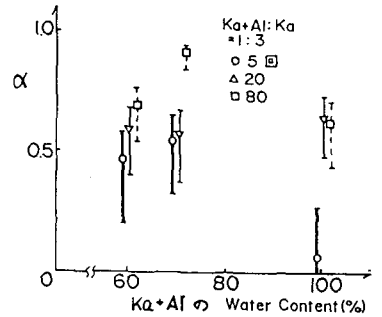


図5 混合度と含水比の関係

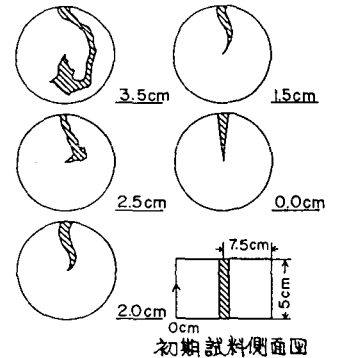


図6 混合理論のための基礎実験