

(株) 鴻池組 正員 土屋 宜央
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
(株) 村本建設 多田 克己

1. まえがき 深層セメント混合処理工法における杭の強度を増加させる研究は、今日もなお多数なされている¹⁾。杭中におけるセメントと粘性土との混合の良否が杭の強度に対して、大きく影響していることもある程度まで解明されてきた²⁾。しかし、杭中のセメントと粘性土との混合状態を定量的に評価し、その混合状態がどの程度、強度に対して影響しているのかまでは、はっきりしていない。本研究では、まず混合状態を標準偏差を用いて評価し、混合状態が杭の強度に対してどのように影響しているのかを調べた。

2. 混合度 α の定義 2種類の粘性土AとBを混合後、サンプリングを行う。そのサンプル中のA粘土の重量を測定し、全サンプル中のA粘土の重量のばらつきを標準偏差を用いて表わす。そして、混合度 α を次式のように定義する。

$$\alpha = 1 - \frac{SD - SDe}{SDs - SDe} \quad (1)$$

SDはサンプル中のA粘土のばらつきを示す標準偏差である。SDsは混合前の2種類の粘土の重量比によるばらつきで、重量比1対1の場合は50%となる。SDeはサンプル中のA粘土の重量をトレーサーによって推定する際の測定誤差によるばらつきを示す。図-1はサンプル中よりA粘土の重量を推定する測定装置である。A粘土中にトレーサーとして混合したアルミニウム(Al)粉末と1N水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液と反応して発生する水素(H₂)ガスの体積を測定することによってサンプル中のA粘土の重量を推定する。図-2は一例として、カオリン粘土にAl粉末を混ぜ合わせたもの(Ka+Al)と、入れていないカオリン粘土(Ka)の湿潤重量比1対3で混合していった場合の混合度 α と撹拌回転数Rとの関係を示す。撹拌回転数の増加に伴って、混合度 α が一定値に収束していく様子が見られる³⁾。

3. 実験方法 セメント処理土は図-3に示す撹拌翼を混合容器中で回転させながら、その容器をのせた実験台を

昇降させる方法によって作成した。混合容器は内径16cm高さ20cmのアクリルパイプを用い、上下に金属製の蓋をした。なお試料上面から1kg/cm²の圧力を加えることにより、試料上面を拘束し、地中での撹拌混合条件に近づける工夫をした。試料土は含水比70%のカオリン粘土を用い、混合度 α の測定のためにはAl粉末入りカオリン粘土を同じ含水比70%に調整して混合実験を行なった。一方、一軸圧縮強度測定のためにAl粉末入りカオリン粘土の

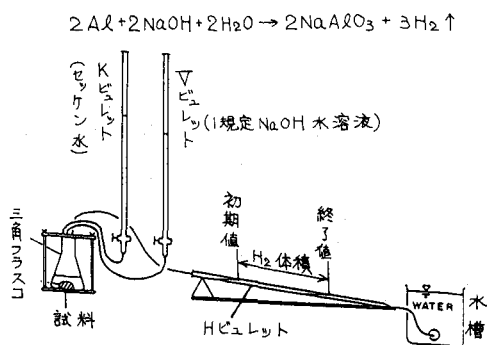


図-1 混合度測定装置

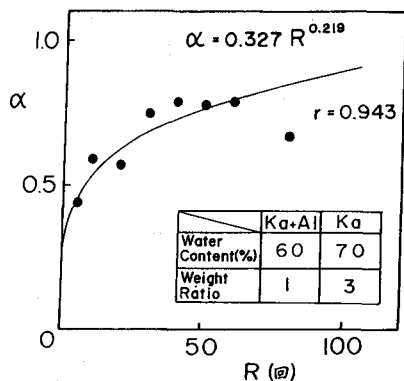


図-2 混合度 α と撹拌回転数Rとの関係

表-1 模型実験による条件の組合せと結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
昇降速度 (cm/min)	20	20	20	40	40	40	60	60	60
回転速度 (r.p.m)	20	40	60	20	40	60	20	40	60
ビッチ (cm/round)	1.0	0.5	0.3	2.0	1.0	0.7	3.0	1.5	1.0
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²) σ_c	0.69	0.93	1.32	0.89	1.67	1.25	0.60	0.61	1.43
軸ひずみ (%) ϵ	2.8	4.1	4.2	5.4	4.2	7.6	6.6	2.0	7.6
混合度 α	0.80	0.76	0.76	0.98	0.81	0.81	0.75	0.69	0.80

非排水せん断強度に等しい水セメント比のセメントミルクを混合したのち7日間養生した。なお、非排水せん断強度は $9.35 \times 5.05 \text{ cm}$ の標準バーンを用いて測定した。供試体は、内径 10.8 cm 高さ 15 cm の塩化ビニル製モールドを混合容器中に押し込むことによって採取した。表-1に各実験条件とその結果として圧縮試験結果と平均混合度 α を合わせて示す。カオリン粘土とセメントミルクの混合体積比は3対1とした。攪拌翼は鉛直軸に対して時計回り方向に 45° 傾けて固定した2枚の翼から成る。

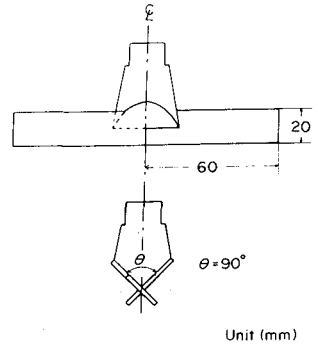
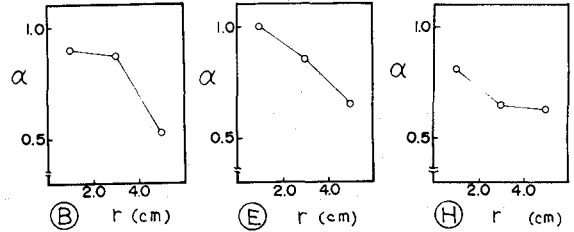


図-3. 攪拌翼の形状

4. 実験結果 図-4に供試体内での混合度 α の分布を示す。中心付近より外側に移るにしたがって、混合度 α が低下するという結果を得た。この結果を基に、供試体の一軸圧縮強度は、ある一定値以上の混合度 α の占める体積によって決

まるのではないかと考えた。図-5にその模式図を示す。図-6は、混合度 0.7 以上を占める部分の面積 R^2 と一軸圧縮強度 σ_r との関係を示す。この図から、データに多少のばらつきは認められるが、一定の混合度 α の占める面積の増加に伴って、一軸圧縮強度が増加していく事が明らかとなった。



5. 考察 本実験では、最初から試料を混合容器内

に仕切り板を用いて分けて入れたのち混合している。図-4 半径 r と混合度 α との関係 (攪拌回転速度 40 r.p.m.)
その結果、半径方向に外側に移るにしたがい混合度の低下があるということは、攪拌翼の回転速度に影響しているのではないかと考える。つまり、攪拌翼の中心では粘土の速度は0で、外側に行くにしたがい、攪拌翼の移動速度は極めて大きくなる。この時粘土が、攪拌翼の移動速度に追従できずに、攪拌翼だけがから回りをするか一部の粘土だけを伴った伴回りをしているのではないかと考えられる。実際の施工に当り、深層セメント処理工法は杭を連続して打設し、壁体としてその機能を発揮させるが、杭の強度が中心付近の一部で劣現されているならば、オーバーラップの幅に再検討する必要があるのではないかと思

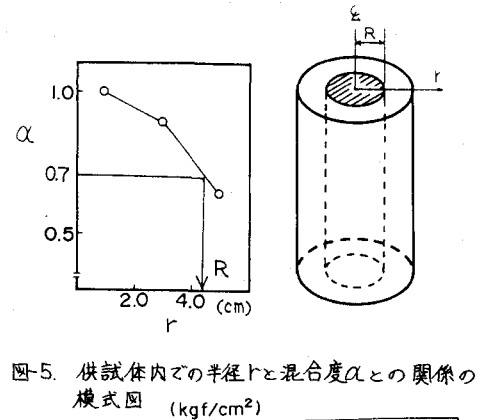


図-5. 供試体内での半径 r と混合度 α との関係の模式図 (kgf/cm²)

6. 結論 室内実験における深層セメント処理工法の模型実験を通じて以下の事が判った。1) Al粉末を用いる事によって粘土の混合状態を定量的に評価することができる。2) 混合度 α は攪拌回転数の増加とともに増加する。3) 模型実験によって作成した供試体の一軸圧縮強度は、供試体全体の平均混合度 α で評価することは不可能で一定値以上の混合度 α の占める体積によって決定される。4) 供試体の混合度 α は、半径方向に外側に移るにしたがって低下する。

7. 参考文献 1) 寺師昌明ら: 石灰セメント系安定処理土の基本的特性に関する研究(第2報), 港湾技術研究所報告, 19-1, 1980 2) 室達朗, 榎明潔: セメント混合粘性土の施工と強度について, 愛媛大学工学部紀要, 10-1, 1982 3) 室達朗ら: 粘性土相互の攪拌翼による混合状態について, 第36回中国四国土木学会講演概要集,

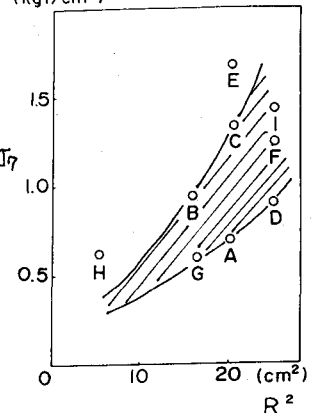


図-6. σ_r と混合度 0.7 以上の面積 R^2 との関係