

III-331 固化材による現場発生土の改良実験結果

（株）錢高組 技術研究所 正員 佐藤常雄

1. はじめに

現場発生土の処理・処分は種々の理由により、その処分費用が増大する傾向にある。またその有効利用もかなり制限されている。これらの理由の一つには、現場発生土の材料としての特性が一定しないため、利用が難しいこともある。本報告は、冲積性の高含水比のシルト質土に固化材を添加してその性状改善、特に一軸強度の試験結果について、強度と密度の増加の関係について報告するものである。

2. 試験方法

実験に用いたシルト質土は、埼玉県の荒川護岸の鋼管井筒工事現場から発生した掘削土であり、貝殻片をかなり含んでいる。その粒度構成は砂分18～20%、シルト分52～62%、粘土分19～20%となっている。固化材は普通ポルトランドセメント（以下、NPCと言う）と比較のために軟弱土の改良材として市販されているセメント系固化材（以下、MSUと言う）の2種類である。

試験はあらかじめ、掘削土に水を加えて含水比を調整した試料を4種類作成し、固化材を粉末で定量添加し、モルタルミキサで3分間混合攪拌した。その後、 $\phi 50 \times 100$ のモールドに空気を追い出すための衝撃を加えながら、3層で詰めた。供試体はポリ袋に入れて、20℃の恒温室で養生した。試験の種類を表-1に示す。

表-1 試験の種類

条件 材料	湿潤密度 γ_{so} gf/cm ³	含水比 ω %	固化材 C kg/m ³	材令 T 日
試料1	1.40	125	NPC と MSU の 2 種類 配合 3 0 5 0 1 0 0	7 1 4 2 8
試料2	1.34	153		
試料3	1.30	173		
試料4	1.25	233		

3. 試験結果および考察

図-1に固化材にNPCを用いた場合の固化材量（C kg/m³）と一軸強度（ q_u kgf/cm²）の関係を示す。この図から、一般的に言われているように、固化材量が多い程、強度は高くなり、元の試料が同一であっても、初期の湿潤密度（ γ_{so} gf/cm³）が大きい程、発現する強度も高くなっている。また、材令7日と材令28日の強度比 $q_{u,28}/q_{u,7}$ は $C=50, 100 \text{ kg/m}^3$ の場合平均2.0となっている。しかし、固化材量が30 kg/m³の場合は、 $\gamma_{\text{so}}(\omega)$ によらず、ほとんどが $q_u = 0.16 \sim 0.55 \text{ kgf/cm}^2$ と低く、材令による強度増加は平均1.6と増加傾向にあるものの、その改良効果は小さい。これらの傾向は固化材にMSUを用いた場合もほぼ同様の傾向を示し、また固化材量が30 kg/m³の場合 $q_u = 0.14 \sim 0.37 \text{ kgf/cm}^2$ と、NPCの場合と同様に改良効果は低かった。

図-2に固化材として使用したNPCとMSUの強度比較を示す。

MSUの効果がNPCより強く発揮されるのは、固化材量が100 kg/m³の場合で、その強度も $q_u \geq 3 \text{ kgf/cm}^2$ と

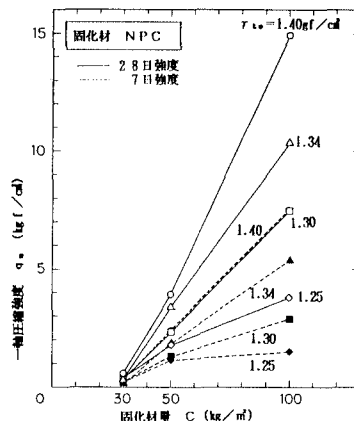


図-1 固化材量と強度の関係

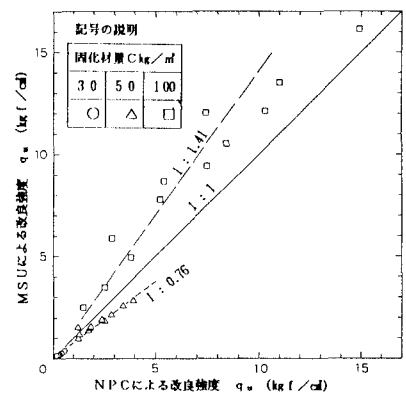


図-2 固化材の差による強度比較

なる場合に顕著で、その強度比 $(q_u)_{MSU} / (q_u)_{NPC}$ は約 1.1 ~2.0 平均 1.41 となっている。しかし、固化材量が $30, 50 \text{ kg/m}^3$ の場合は強度も $q_u \leq 3 \text{ kgf/cm}^2$ で、両者の強度比は 0.55 ~1.26、平均で 0.76 と逆に NPC の方が改良効果が高い結果となった。

これらのことから、掘削土を高強度に改善するためには、固化材量を増やすこと、また材料としての土の密度を高くすることが必要である。しかし、 q_u が 3 kgf/cm^2 程度を目的とする場合は、含水比が高い場合でも NPC でも十分な改良効果があげられることがわかる。

セメントコンクリートの強度を支配する要因としては、セメント水比 (C/W) が支配的であると考えられているが、ソイルモルタルの場合は土粒子の吸着水や、試料中の粘土分の影響が報告されている。

またその間隙比あるいは粒子の実績率が強度に関与していると言う報告もある。固化材が強度発現に寄与するのは、水和反応およびその後のポズラン反応により、結晶構造物が生成され、土粒子間の接着作用や空隙の充填作用が起こるためと考えられる。これらの反応は内部の水分を取り込む形で進行するため、固化材による強度の発現はその密度が高くなる方向に進む。以上の様な考えから、 q_u を強度試験体の乾燥密度 γ_d の関係で整理したものを図-3、-4 に示す。

密度 γ_d は強度試験体の（湿潤）密度 γ および試験終了後の試料から採取した試料を 110°C で炉乾燥して求めた含水比 w から求めた。

この図から、 q_u は固化材量 C 、材令 T 、及び乾燥密度 γ_d との間に強い相関があることがわかる。材令が進につれて、また固化材量が多くなると乾燥密度が大きくなり、それに伴い強度も大きくなっている。各材料毎の q_u と γ_d の回帰式を表-2 に示す。いずれも高い相関を示している。 $C = 30 \text{ kg/m}^3$ の場合は、図-3、-4 においても、材令による密度増加がほとんどなく、強度の発現と密度の変化は強い関係にあることを裏付けている。

これらの関係を重回帰式で回帰した結果を以下に示す。

$$\text{NPC の場合 } q_u = 0.078C + 0.094T + 15.13 \gamma_d - 11.63$$

$$(\text{重相関係数 } R = 0.882)$$

$$\text{MSU の場合 } q_u = 0.113C + 0.061T + 15.90 \gamma_d - 13.06$$

$$(\text{重相関係数 } R = 0.908)$$

4. おわりに

シルト質土で初期含水比を調整した固化実験の結果から、低強度の場合は普通ポルトランドセメントでも十分な改良効果が期待できること、また固化強度の発現はその密度変化と強い関係があることがわかった。

今後は、初期の密度と改良後の密度変化、強度変化の関係についての研究を進めるとともに、他の掘削土についても実験を行っていきたいと考えている。

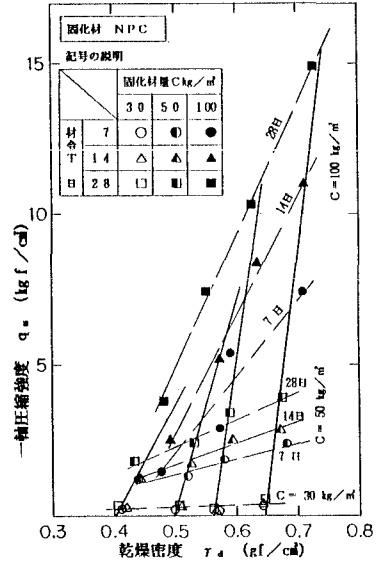


図-3 密度と強度の関係

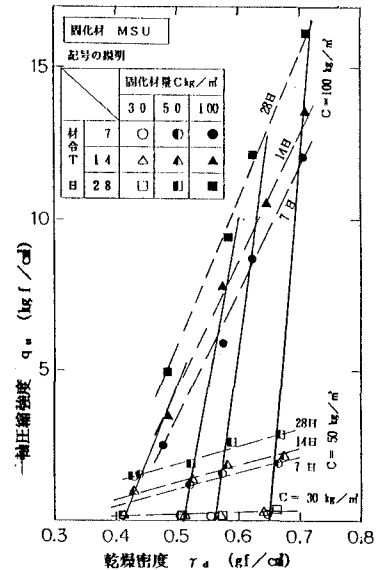


図-4 密度と強度の関係

表-2 $q_u = a + b \gamma_d$ の係数

材料	NPC の場合			MSU の場合		
	a	b	R	a	b	R
試料 1	-99.7	154	0.940	-150	231	0.995
試料 2	-79.2	140	0.947	-82.7	147	0.947
試料 3	-34.1	68.7	0.769	-55.9	110	0.978
試料 4	-12.4	31.0	0.833	-20.1	49.3	0.936

(R 相関係数)