

III-12 セメントを主体としたマサ土の軟安定処理による強度特性

香川大学工学部	学生会員	○松浦 慎一
香川大学工学部	正会員	青柳 省吾
香川大学工学部	正会員	山中 稔
香川大学工学部	正会員	長谷川修一

1. はじめに

瀬戸内海沿岸の丘陵地帯では、花崗岩風化残積土層（いわゆるマサ土層）が緩傾斜の斜面を形成している。マサ土は水食が発生しやすいため、それに引き続き斜面崩壊を引き起こすことも稀ではない。

そのため、花崗岩丘陵地帯では、それを回避するための保護工が必要となる。そこで、様々な保護工の中で、植生工法に次いで、自然環境・景観を損なうことのより少ない近自然工法の一つであり、かつ比較的簡便で水食などの欠陥を早期に補修施工して、それに引き続く恐れのある大規模な斜面崩壊を未然に防止できる軟安定処理土工法に着目した。軟安定処理土工法を現場に適用する場合、一般に軟安定処理土の強度特性は一軸圧縮強さによって判断されることが多いが、これは、一つの強度的な目安とも言え、具体的な土質計算などには使えない。たとえば、斜面の安定計算には、対象とする土の強度特性（粘着力 c 、内部摩擦係数 $\tan \phi$ ）が必要となる。そこで、今回はそれぞれ昨年度までの実験結果で一軸圧縮強さの比較的大きかったセメント 10% に対してのフライアッシュ、石膏の併用比 20~25% に絞って実験を行い、土の強度定数を三軸圧縮試験により調べ、この範囲での最適な併用比を求めることを目的としている。

2. 供試体作製

主体とするセメント量を過去の実験などから適切とされている乾土量の 10% と固定して、それにフライアッシュ、石膏をそれぞれ 20, 22.5 および 25% 併用とし、セル圧をそれぞれ 100 kN/m², 200 kN/m², 300 kN/m², 400 kN/m² の 4 条件とし、UU 試験を実施した。養生期間としては 28, 56, 91 および 126 日の計 4 条件とした。また、28 日間密封養生後、風乾養生させ、実験 1 日前には水浸させることとした。

3. 試験結果および考察

1) 間隙比と配合比の関係と水浸後含水比と材齢の関係

図 1 に、間隙比と配合比の関係を示す。間隙比は、フライアッシュ併用よりも石膏併用の方が 25% ほど大きいことが分かる。フライアッシュの粒子は球形で微小（直径 100 μ m 以下）であるため、間隙比は小さくなり、また、フライアッシュに比べ石膏の粒子は大きく（直径 0.5~30 μ m）、その分間隙比は大きくなったものと考えられる。

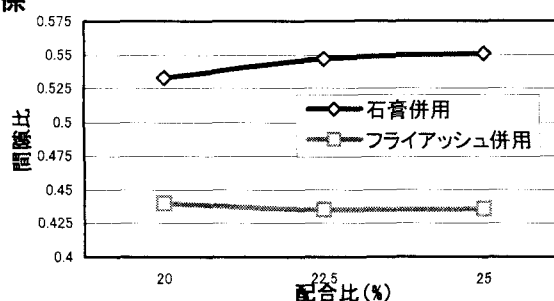


図1. 間隙比と配合比の関係

図 2 に、水浸養生後含水比と材齢の関係を示す。なを、図中の記号は C: セメント, F: フライアッシュ, S: 石膏を意味し、記号の数字は併用割合を示している。フライアッシュ併用よりも石膏併用のほうが 20~30% ほど高いことが分かる。これは、間隙比がフライアッシュよりも石膏のほうが大きく、その分水分が多く入ったものであると言える。

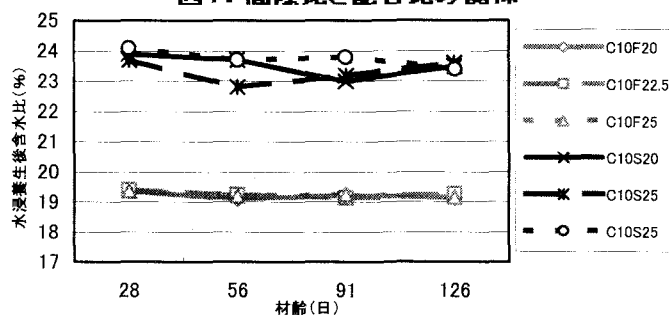
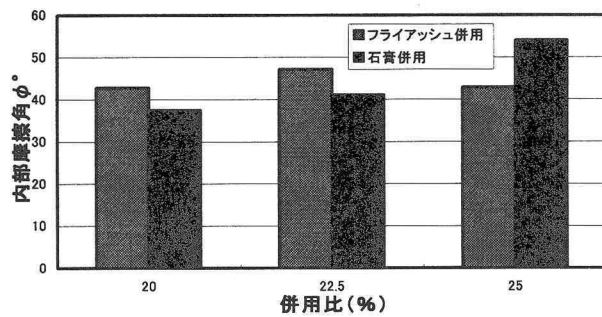
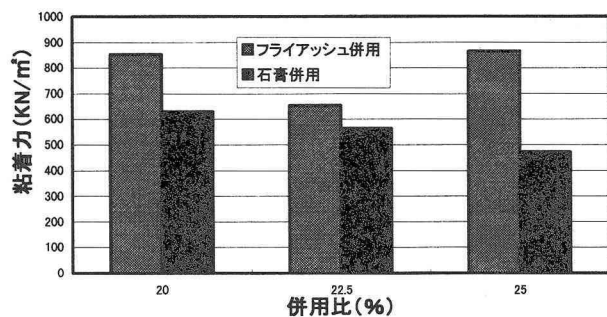


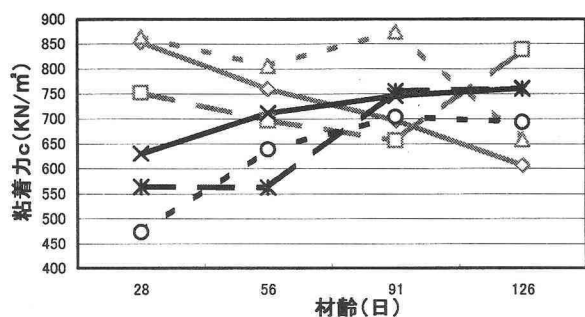
図2. 水浸後含水比と材齢の関係



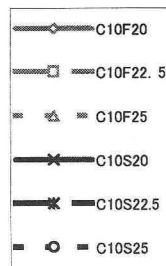
(a) 粘着力 c

(b) 内部摩擦角 ϕ

図3. 併用比と強度定数の関係(材齢28日)



(a) 粘着力 c



(b) 内部摩擦角 ϕ

図4. 強度定数と材齢の関係

2) 強度定数と変形係数

併用比と強度定数の関係(材齢28日)を図3に示す。これを見るとフライアッシュは併用比が増加しても粘着力、内部摩擦角ともにほぼ特異な傾向は見られなかった。しかし、石膏は併用比が増すにつれ、粘着力は減少し、内部摩擦角は増加している傾向が分かる。

次に、強度定数と材齢の関係を図4に示す。フライアッシュの併用について考えてみると、材齢を経るにつれて、粘着力は減少し材齢28日と材齢126日を比べると、およそ20%の減少が見られる。同様に内部摩擦角も見てみると、材齢を経るにつれ増加していき、およそ5%の増加が見られる。

また、石膏について考えてみると、粘着力は材齢を経るにつれ増加し、材齢28日と材齢126日を比べると、およそ30%の増加が見られた。内部摩擦係数は材齢を経るにつれ減少し、およそ20%の減少が見られる。

変形係数と併用比の関係を図5に示す。材齢28日のグラフを表してはいないが、材齢28日ではフライアッシュ併用の方が石膏併用よりも全体的に変形係数は20%大きくなっていた。しかし、図5より、材齢126日の時には、フライアッシュ併用の方が石膏併用よりも全体的に50%小さくなっていることが分かる。このことは、石膏の存在により、セメントの水和作用の進行とともに、空隙中にエトリンガイトが侵入し成長したため、この結晶がネット状に絡み合い、土粒子の動きを拘束し、強度を向上させたものと考えられる。

変形係数と併用比の関係を図5に示す。材齢28日のグラフを表してはいないが、材齢28日ではフライアッシュ併用の方が石膏併用よりも全体的に変形係数は20%大きくなっていた。しかし、図5より、材齢126日の時には、フライアッシュ併用の方が石膏併用よりも全体的に50%小さくなっていることが分かる。このことは、石膏の存在により、セメントの水和作用の進行とともに、空隙中にエトリンガイトが侵入し成長したため、この結晶がネット状に絡み合い、土粒子の動きを拘束し、強度を向上させたものと考えられる。

4. まとめ

石膏の併用は水和作用により、変形係数は材齢を経るにしたがって大きくなる。しかし、フライアッシュを併用した際の粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ はともに、石膏を併用した時よりも上回っており、強度はフライアッシュ併用の方が大きいことが判明した。これは、フライアッシュ併用よりも石膏併用の方が、間隙比が大きかったため、水浸後含水比(実験時含水比)が20~30%高くなり、これによりフライアッシュ併用よりも石膏併用の強度特性 τ (粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ) が低下したものと考えられる。

また、今回は最適な併用比を見出すことができなかったため、今後は併用比20%以下、25%以上についても検討する必要があると言える。