廃石膏ボード微粉末，製紙スラッジ焼却灰，フライアッシュ及び再生骨材微粉末を用いたセメント系固化材の開発

徳島大学　学生会員　○田中美里　徳島大学　正会員　橋本親典
徳島大学　正会員　渡辺　健　オオタ　非会員　太田憲史

1. 背景と目的

昭和 50 年代初期より土質材料を対象としてセメント系固化材が発売されるようになった。従来のセメントでは固化しにくい高含水比粘性土や高有機質土など，従来のセメント等の使用では目的が果たしえない対象についても固化する需要がでてきたからである [1)]。一方，資源循環型社会の形成が求められており，泥状の産業物や排水処理沈殿物等を指すスラッジや，建築物の解体等から発生する廃石膏ボード，さらに，コンクリート用再生骨材の製造時に副産される再生骨材微粉末など，これらの処理問題の解決方法が急務である。

これらの社会的情勢に鑑み，本研究では，これらの副産物とフライアッシュを用いて，市販のセメント系固化材の混入比率を 50%以下にする新しい固化材の開発の可能性について実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 土質材料および固化材

土質材料は，対象地盤から採取した試料に水を加え含水比を約 20%と一定に調整した。固化材は土質材料 1m^3 に対して 150kg とし、セメント系固化材、スラッチ灰 A、B(以後灰 A、B とする)，廃石膏ボード微粉，(以降，石膏粉と示す)，フライアッシュ，再生骨材微粉末を用い、固化材全体で 100%になるよう調節し作成した。灰 B は灰 A より酸化カルシウムを 2 倍程度多く含むが，粒度は灰 A の方が灰 B より小さい。

2.2 配合

2.2.1 シリーズⅠ（セメント系固化材量半減による強度発現についての実験）

2 種類の土質材料と 7 種類の固化材を用い，市販品であるセメント系固化材 100%の強度に対し，セメント系固化材を 50%または 40%とした場合の強度発現について検討した。配合を**表-1** に示す。

2.2.2 シリーズⅡ（セメント系固化材量半減以下での強度発現についての実験）

固化材 12 種と，土質材料 1 種を用い，酸化カルシウム含有量及び粒度が異なる 2 種類のスラッジ灰，および再生骨材微粉末を用い，セメント系固化材比率を 40%以下にして更なる低セメント系固化材比率における配合での強度性状を検討した。配合を**表-2** に示す。

2.2.3 リーズⅢ（セメント系固化材量半減程度での高強度化についての実験）

固化材 9 種と，土質材料 1 種を用い，シリーズⅡの結果から，セメント系固化材量を 50%，または 45%とし，高強度化を目指す実験を行い強度性状について検討した。配合を**表-3** に示す。

表-1　シリーズⅠの固化材の成分比

配合名	成分比(%)				
	セメント系固化材	スラッジ灰A	スラッジ灰B	石膏粉	フライアッシュ
A	50	30		20	
B		20			10
C		15			15
D					30
E	40	30			10
F	50		30	20	
G	100				

表-2　シリーズⅡの固化材の成分比

配合名	成分比(%)				
	セメント系固化材	スラッジ灰	石膏粉	フライアッシュ	再生骨材微粉末
C40S5a	40	35	20		5
C40S5b		30		5	
C35S10a	35	35			10
C35S10b		30		5	
C30S15a	30	35			15
C30S15b		30		5	

表-3　シリーズⅢの固化材の成分比

配合名	成分比(%)				
	セメント系固化材	スラッジ灰	石膏粉	フライアッシュ	再生骨材微粉末
1	50	30	20		
2	50	25			5
3	45	30			5
4	50			30	
5	50			25	5
6	45			30	5

3. 実験結果および考察

3.1 シリーズⅠ

図-1 に砂質土およびシルト質土についての圧縮強度の結果を示す。改良地盤では，材齢 7 日での一軸圧縮試験強度は原則として 0.3N/mm^2(30tf/m^2)以上でなければならない[2]。砂質土，シルト質土ともに，セメント系固化材量 100%の配合 G に対し，セメント系固化材の混入率を 50%にしても大差はなかった。これは，スラッジ灰に含まれる酸化カルシウムが豊富であるため，水和反応を起こしたためと考えられる。また，配合 F の強度が最も大きくなったが，これは灰 B に含まれる酸化カルシウムの量が，灰 A の約 2 倍も含まれていることが原因であると考えられる。

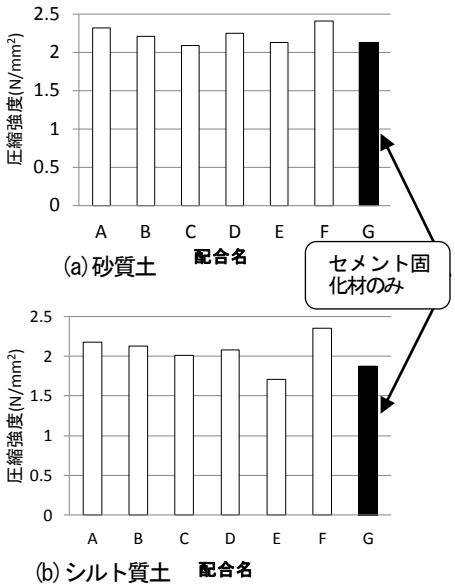

図-1 シリーズⅠの圧縮強度結果

3.2 シリーズⅡ

図-2 に灰 A と灰 B による圧縮強度の比較結果を示す。灰 A では，同一セメント固化体混入率の配合において，フライアッシュ混入の方が，強度が大きくなった。これは，再生骨材微粉末混入により，セメント硬化体中の水酸化カルシウムとフライアッシュのポゾラン効果によると考えられる。このポゾラン反応により，30%までセメント系固化材量を減少させても強度が維持できた。一方，灰 B の方は逆の傾向になった。灰 B は酸化カルシウム含有量はセメント系固化材よりも多いが，粒度においてセメント系固化材と比べて非常に大きい。このため，水和反応において反応性が低下し，低セメント系固化材率ほど，固化材全体の酸化カルシウムが少なくなり，再生骨材微粉末を多く含んでいるにも関わらずポゾラン反応が期待できなく強度が低下した。

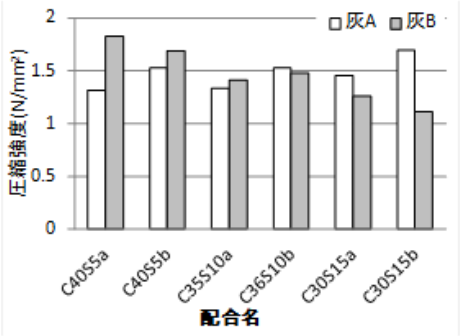

図-2 シリーズⅡの圧縮強度結果

3.3 シリーズⅢ

図-3 に実験結果を示す。強度はすべて 2N/mm^2 以上となりシリーズⅡよりも高強度であった。再生骨材微粉末の効果が灰 B では大きくなったが，灰 A ではあまり効果が得られなかった。灰 B の粒径が灰 A よりも荒いため，灰 B と再生骨材微粉末のポゾラン反応がより強度に影響が現れたためと考えられる。逆に，灰 A の粒径が灰 B よりも細かいため，灰 A の方が水和反応における反応性が良好であったと言える。フライアッシュを用いた配合では，フライアッシュが減少するとマイクロフィラー効果が低下し，再生骨材微粉末によるポゾラン反応効果も期待できず強度が下がってしまった。

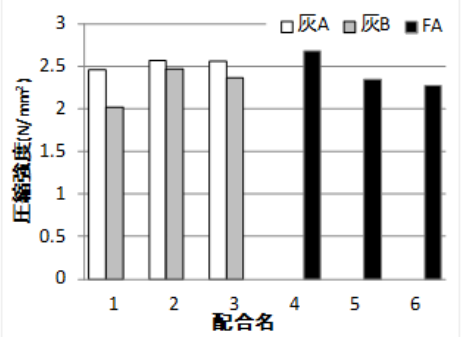

図-3 シリーズⅢの圧縮強度結果

4. 結論

本研究で得られた結果を以下に示す。

1) スラッジ灰は酸化カルシウムを多く含み，セメント系固化材と同様に水和反応を起こす副産物であり，この副産物とフライアッシュを用いることで，セメント系固化材の混入率を 50%以下でも所要の強度を確保できる可能性がある。
2) 粒径の小さいスラッジ灰 A は，水和反応性が良好だが，粒径の大きいスラッジ灰 B は酸化カルシウム含有量が非常に多いが粒度が大きいため，水和反応の反応性が低下してしまうことが明らかになった。
3) 再生骨材微粉末の効果は，スラッジ灰 A よりもスラッジ灰 B の方が効果的であり，フライアッシュを用いた場合では逆効果であることが明らかになった。

参考文献

1) 水口裕之：廃石膏ボード及び製紙スラッジ焼却灰を用いた地盤改良材の開発，平成 21 年度共同研究成果報告書，2010. 3
2) 日本建築センター 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針―セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法［単行本］第 7 章, pp37－42，2002