

カキ殻を利用した土の固化処理技術とその応用 Study on cementation technique of soil using waste oyster shell and its application

○進藤あきほ* , 金山素平**
○Akiho Shindo* , Motohei Kanayama**

1. はじめに

現在、農業農村工学・地盤工学分野では、環境保全や資源リサイクルといった社会的関心が高まっている。環境負荷の少ない新たな材料を用いた地盤改良技術の構築を目的として、本研究ではカキ殻に注目した。カキ殻の主成分である炭酸カルシウムはリン酸水溶液を注入することで、歯や骨と同じ成分であるリン酸カルシウム化合物を生成する。リン酸カルシウム化合物に関する研究は医学・歯学分野において先行しているが、農業農村工学・地盤工学分野では研究段階であり、固化性能の基礎実験が行われている。本研究では、リン酸カルシウム化合物の固化性能に着目し、種々の試験条件の下で養生した供試体に対し一軸圧縮試験を行い、その強度特性の変化について実験的に検討を行った。

2. 試験方法

カラム試験では、ふるい2mm粒徑を通過し0.425mmに残留したカキ殻粒子、0.425mm粒徑を通過したカキ殻粒子の2種類を使用した。豊浦標準砂と混合した後、リン酸水溶液を1回だけ加えて攪拌した。化学反応で生成する二酸化炭素の滞留を排除するため攪拌後は袋の中に一日放置し、その後試料をカラムに詰め、養生を開始した(Photo.1)。

豊浦標準砂 218.4g とカキ殻 67.2g(質量混合比 0.3)、50倍希釈リン酸水溶液 52.5mLを混合させたカラム供試体の試験条件(G1)をTable 1に示す。G1の供試体の一軸圧縮強度結果を基に、供試体の養生日数や試料の混合比、養生方法を変更した。

そのときの各試験条件をG2~4に示す。各グループで作製した供試体について一軸圧縮試験を行い、リン酸カルシウム化合物の析出と固化性能を把握した。



Photo. 1 養生方法

Table 1 カラム供試体の試験条件

| 試験条件 | G1 | G2 | G3 | G4 |
|--------------|---------------|----------|---------|----------|
| カキ殻粒徑 (mm) | 0.425~2 | 0.425~2 | 0.425~2 | 0.425 以下 |
| リン酸希釈倍率 | 50 | 25, 12.5 | 25 | 25 |
| リン酸水溶液量 (mL) | 52.5 | 52.5 | 80+19.3 | 80+19.3 |
| 養生日数 (day) | 7, 14, 21, 28 | 4, 9 | 5, 10 | 5, 10 |
| 養生方法 (底部) | フィルム | フィルム | ペDESTAL | ペDESTAL |

3. 試験結果・考察

G1の一軸圧縮強度の試験結果をFig.1に示す。供試体を28日間養生したところ、圧縮強度は約9kN/m²となった。養生日数の増加とともに強度は増加する傾向を示したが、先行研究の結果と比較すると低い値を示した。原因としては、リン酸カルシウム化合物の析出量が少なかったためと考えられる。この結果からリン酸水溶液濃度または添加量を変更する必要があると判断した。

先行研究結果より、カキ殻の質量混合比 1、85倍希釈のリン酸水溶液を通水し、10日間養生したところ、157kN/m²の強度を得ている。このことからG2の試験では、カキ殻の混合比を0.3に固定したまま、先行研究と同じ強度を得るには25倍希釈リン酸水溶液、さらに2倍の強度を得るに

*NTC コンサルタンツ株式会社 , **岩手大学農学部

*NTC Consultants Inc. , **Faculty of agriculture, Iwate University

キーワード: カキ殻 リン酸カルシウム化合物 固化処理

は 12.5 倍希釈リン酸水溶液が必要であると推測した。そのため、G2 以降の試験では 25 倍希釈、12.5 倍希釈リン酸水溶液を使用し、最大養生日数を 9 または 10 日に変更した。

その結果は Fig.2 であり、養生 4、9 日間の最大圧縮強度は 6~7kN/m²であった。養生日数の経過とともに強度増加は見られず、25 倍希釈と 12.5 倍希釈リン酸水溶液との間に強度の差はなかった。しかし、G1 の試験結果の養生 14 日目と G2 の養生 4 日目の強度はほぼ同じであった。したがって、25 倍希釈、12.5 倍希釈リン酸水溶液は 50 倍希釈リン酸水溶液に比べ、カキ殻との化学反応が速く、リン酸カルシウム化合物が析出したと推察される。

G3 の試験では強度に影響を与える因子を見つけるため、養生方法に着目した。カラム底部をフィルムからペDESTAL に変更した。また、供試体中のリン酸水溶液が下部に移動するのを防止するため、ペDESTAL 下部にリン酸水溶液 19.3mL を注入した。養生方法を Photo.1 に示す。なお、G2 の試験よりリン酸の量が 25 倍~12.5 倍希釈の範囲で強度に影響を与えないことが確認されている。そのため、G3 の試験では 25 倍希釈リン酸水溶液 80mL を添加した。その結果を Fig.3 に示す。強度は 5 日養生で 14kN/m²、10 日養生で 11kN/m²であった。G2 の結果とともに比較すると、約 2 倍の強度となったことが分かる。このことから、養生方法がリン酸カルシウム化合物の析出・固化に影響したと考えられる。

G4 の試験では G3 の試験条件をもとに、カキ殻の粒径を 0.425mm 以下に変更した。粒径が小さいことによってリン酸水溶液との接触する領域が大きくなると判断したためである。結果は Fig.4 であり、5 日養生では 18kN/m²、10 日養生では 17~22kN/m² の強度を得た。一軸圧縮強度が G3 の試験結果よりも増加していることから、カキ殻の粒径が供試体の強度に影響を及ぼすことが分かった。

4. まとめ

本研究では、カキ殻とリン酸を用いたリン酸カルシウム化合物の析出による土の固化処理技術を検討し、室内試験を行った。本試験で最大の一軸圧縮強度を示した試験条件は、G4 であった。試験結果から、リン酸水溶液の濃度とカキ殻の粒径が、リン酸カルシウム化合物の析出に影響を及ぼすことが分かった。また、リン酸水溶液の濃度の増加とカキ殻の粒径の細粒化は、供試体の圧縮強度を増大させることが分かった。

カキ殻の質量混合比が 0.3、リン酸水溶液の添加が 1 回であることは現場に実用的である。しかしながら、十分な強度を発現するに至っておらず、高濃度のリン酸水溶液は強酸性であることから環境面への影響が懸念される。カキ殻の固化処理技術の現場への適用には、更なる改善と検討が必要である。また、G3、G4 の試験では、炭酸カルシウムとリン酸水溶液を混合させた際、副生成物である二酸化炭素が発生した。ガスが形成する空隙の増加によって供試体の強度が低下することから、二酸化炭素の処理方法も検討する必要がある。

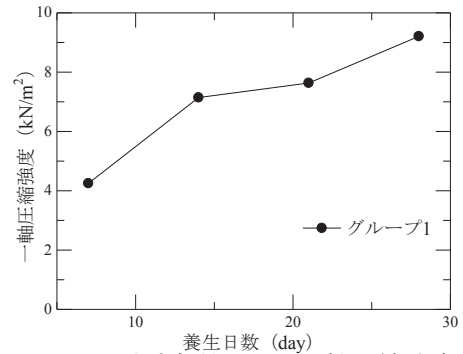


Fig.1 試験条件 G1 の一軸圧縮強度

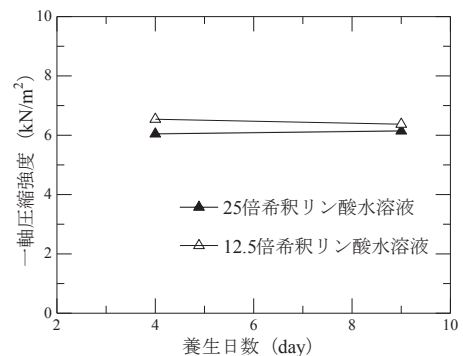


Fig.2 試験条件 G2 の一軸圧縮強度

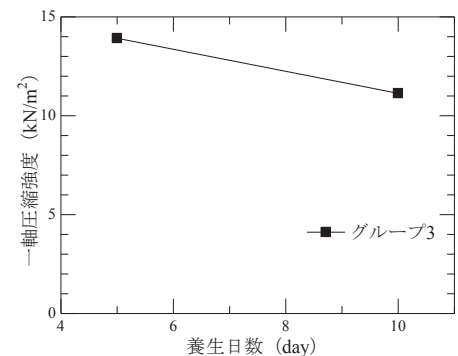


Fig.3 試験条件 G3 の一軸圧縮強度

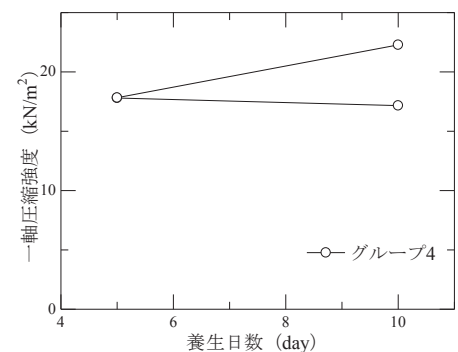


Fig.4 試験条件 G4 の一軸圧縮強度