

京都大学大学院 学生員 ○ 篠原 智志
 京都大学大学院 正会員 乾 徹
 京都大学大学院 正会員 高井 敦史
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

非飛散性アスベストを含有する建材は高度成長期に住宅建設等に利用されてきたが、建材試験センターによると老朽化等による建材の廃棄が今後 4000 万トン程度と見込まれている。近年、従来の埋立処分に替わる経済的で建設現場等でも実施ができるアスベスト含有建材の無害化処理技術の開発が行われている。そのひとつとして硫化カルシウムを用いた化学的分解処理があるが¹⁾、処理の際に湿式破碎を行うことから高含水比の微粒分主体の残渣が発生する。当該処理が埋立処分の代替技術として開発されていることを鑑みると、残渣を処分するのではなく循環資材として利用することが望まれる。本研究では、非飛散性アスベストを含有するスレート建材の無害化処理物を対象に安定化処理と粒状化処理による地盤材料としての再資源化を目的として、処理の適用性評価を行った。これら2つの処理方法は現場において高含水比残渣の脱水処理の実施状況によって選択することを想定しており、安定化処理は脱水処理を実施しない場合、粒状化処理では脱水を実施する場合に適用する。

2. 実験方法

2.1 使用材料 本実験で用いた試料は、スレート建材をボールミル等で破碎後、建材の質量比 5%の無機硫黄電解質溶液と質量比約 200%の水を添加し、破碎反応ミルを用いて 48 時間の間湿式破碎を行ったものであり、この過程によりアスベスト含有率は 5.4%から 0.1%以下に低減している。試料の性質を表-1 に示す。本試料は液・塑性限界が高く細粒分が 35%を超えている。図-1 に無害化処理物の粒径加積曲線を示す。また、安定処理、粒状化処理には普通ポルトランドセメントを用いた。

表-1 無害化処理物の性質

項目	単位	値
土粒子密度	g/cm ³	2.75
粒度分布		
砂分	%	64.8
細粒分	%	35.2
液性限界	%	139.8
塑性限界	%	96.2
pH	-	11.09

2.2 安定化処理 セメント添加後締固めを行わない方法 (CASE 1) とセメントによる水和熱と自然乾燥を利用して含水比を低下させてから締固めを行う方法 (CASE 2) の2パターンで供試体を作製した。CASE 1 では、JGS 0821-2009 に従い供試体を作製した。無害化処理物の含水比を 180%に調整し、セメントを加えたスラリー状の試料を直径 5 cm、高さ 10 cm のプラスチックモールドに充填した。CASE 2 では無害化処理物を締固めた際に得られた最適含水比 (93.2%) を参考に含水比を 93%に調整し供試体を締固めエネルギー約 550 kJ/m³ で締め固めて作製した。両

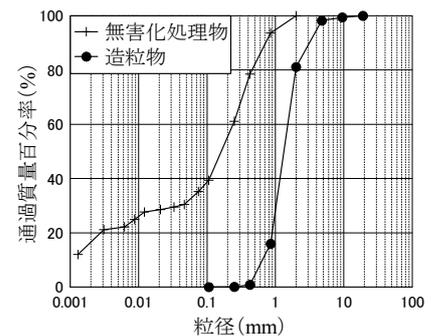


図-1 造粒前後での粒度分布

CASE ともセメント添加量は無害化処理物の乾燥質量に対し 10%、20%、30%とし、密閉養生を行った。養生日数 28 日後の供試体に対し、毎分 1%のひずみ速度で一軸圧縮試験を行った。

2.3 粒状化処理 無害化処理物を自然乾燥させることにより含水比を 80%程度まで低減させたものを試料として扱った。団粒化している部分を解きほぐし粒径 2 mm 以下に調整した。予備試験から、粒状化処理の配合は処理物の含水比 90%、セメントを処理物の乾燥質量に対し 20%とした。これらを攪拌機で 60 rpm で約 2 分間攪拌した後、回転ミル装置で 3 時間攪拌することで粒状化を行い、作製した造粒物を 28 日間密閉養

生したものを対象に定圧一面せん断試験を実施した。落下高さ 10 cm で空中落下法により供試体を作製し、垂直応力 σ を 50, 100, 150 kN/m² とした条件で試験を実施した。なお、せん断速度は 0.1 mm/min とした。

3. 実験結果とその考察

3.1 安定化処理物の一軸圧縮強さ 図-2 に CASE 1、および CASE 2 の養生期間 28 日の応力-ひずみ関係のグラフを示す。比較として、無害化処理物を含水比 93.2%、締固めエネルギー約 550 kJ/m³ として作製した供試体のデータを示す。CASE 1 ではセメント添加量を増やすことで剛性・一軸圧縮強さの改善が行われていることがわかる。しかし、セメント添加量 10%では改良効果は小さく、細粒分含有率が 35%と高いことが強度改善効果は小さくなった一因²⁾と考えられる。CASE 2 では、破壊に至るまでの圧縮曲線はセメント添加量に関わらず同じような傾きであることがわかる。剛性に関してはセメントの影響よりも締固めによる影響が大きいことが考えられる。また、セメント添加率の増加に伴い、一軸圧縮強さが増加していることからセメント添加による強度改善が確認された。CASE 1 ではセメント 30%添加、CASE 2 では全ての添加量で無害化処理物よりも強い一軸圧縮強さを示した。

3.2 造粒物のせん断挙動 図-1 に造粒前後での粒度分布を示す。この図から粒状化処理により粒度が改善され、砂質土に似た分布となっている。この試料のせん断応力-せん断ひずみ関係と、せん断時の垂直変位を図-3 に示す。垂直変位についてはどの垂直応力でもせん断初期に負のダイレイタンスが生じその後正のダイレイタンスが生じている。これは粒子の破碎や団結に起因する可能性も考えられるが、挙動としては密に詰まった砂のせん断挙動と似たような傾向となっている。また、垂直応力の増加に伴いダイレイタンス変化の挙動が小さくなっているがこれは砂と同様な挙動である。そこで以上の挙動が粒子破碎を伴うものであるか調べるために試験前後の粒度分布を測定した。例として垂直応力 150 kN/m² での試験前後の粒径加積曲線を図-4 に示す。試験前後で全体的には大きく粒子破碎は起こっていない様子が伺える。一面せん断試験結果から推定される内部摩擦角 ϕ は 45.9°となり、砂質土と同程度であることから強度についても砂と同等であることが明らかになった。

4. おわりに

安定化処理ではセメント添加により強度、剛性の改善効果が得られ、粒状化処理で得られた造粒物は砂質土と類似した挙動、強度特性を示した。これらの結果から、非飛散性アスベスト含有建材の無害化処理物は地盤改良の実施により地盤材料としての利用可能性を有するといえる。

参考文献

- 1) 田端正明・庄野章文・納富啓一：アスベストの常温分解における生成物の同定と分解機構の研究，廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，Vol.22，pp.239-240 (2011)。
- 2) 三井隆・吉川正・池田昭彦・青山要・中川浩二：細粒分含有率が異なる改良土の室内配合試験による基礎的研究材，土木学会論文集，No.693/VI-53，pp.117-129 (2001)。

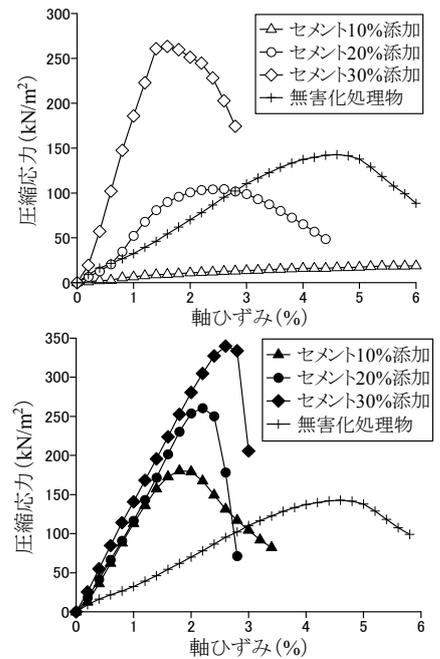


図-2 安定処理材料の応力-ひずみ曲線(上: CASE 1, 下: CASE 2)

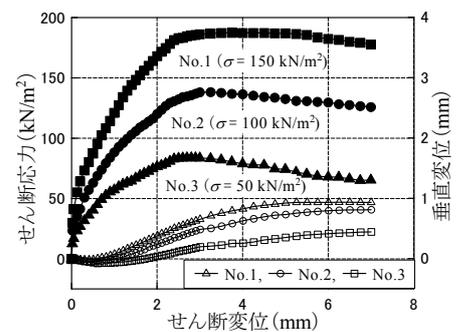


図-3 粒状化処理材料のせん断変位-せん断応力・垂直変位関係

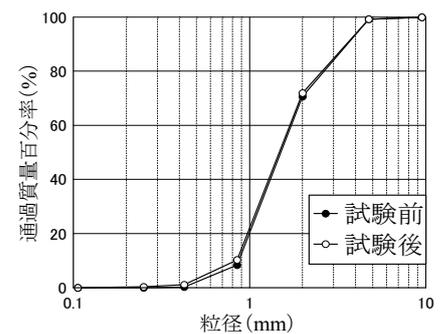


図-4 せん断試験前後の粒度分布 (垂直応力 150 kN/m²)