

京都大学大学院 学生員 ○矢野 賢
 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

近年、有害建設廃棄物である建設混合廃棄物副産物やアスベスト含有建材の処理方法として、建材を微粉化させ、多硫化カルシウムを含浸させる常温分解処理方法が開発された¹⁾。本研究ではこの処理方法で二次的に発生する高含水比、微粉状の無害化処理物を地盤材料として有効利用することを目的に、試料自体の土壌溶出量、含有量を評価するとともに、水とセメントを添加し造粒することで粒度、強度特性の改善を試みた。具体的には、水、セメントの配合条件、造粒時間を変えて造粒し粒度試験、単粒子破碎試験を行うことでそれぞれの条件下での粒度評価、粒子強度評価を行った。本編ではこのうち造粒物の粒度評価について報告する。

2. 実験方法

2.1 試料 使用した試料はアスベスト含有建材を鋼球破碎するとともに多硫化カルシウム溶液で分解処理し、基準値以下のアスベスト含有量とした粉末状固形物である。試料の物理化学特性を表-1 に示す。本試料の特徴としては、細粒分 (75 μm 以下) 含有率が 90.7%、かつ 5 μm 以下の含有率が 35%程度であり、液塑性限界が高く水分保持性が高いことが挙げられる。また細乾燥状態では飛散のおそれがあるなどハンドリングが難しく、粒度の改善が求められる。化学組成については鋼球破碎に起因する鉄分が多く含有している。多硫化カルシウム溶液に起因する硫黄を多く含有しており、環境条件によっては硫化水素が発生する懸念があるが、造粒時のセメント添加によって高アルカリ条件を維持することで硫化水素の発生抑制効果が期待できる²⁾。土壌溶出量・含有量に関しては、いずれの項目も環境基準値を下回り、地盤材料としての適用が可能であると判断できる。

2.2 粒状化処理 湿式処理した無害化処理物を乾燥させ、団粒化している画分を粒径 2 mm 以下に調整した。その後、所定量の水を加えてミキサーで攪拌した後、ポルトランドセメントを所定量添加し、回転ミル装置で粒状化を行った。実験条件を表-2 に示す。一般的な造粒処理は、湿潤状態の材料に固化材を添加する方法が一般的であるが、本研究では含水比、セメント混合割合を明確に設定するために、乾燥試料を用いた。作製した造粒物の外観を写真-1 に示す。

表-1 無害化処理物の性質

項目	単位	測定値
土粒子密度	g/cm ³	2.752
初期含水比	%	220.6
粒度分布		
砂分	%	9.3
細粒分	%	90.7
液性限界	%	174.5
塑性限界	%	130.1
pH	-	8.01
主要化学成分	Fe, Ca, S, Si 等	
土壌溶出量試験		
鉛	mg/L	N.D.
カドミウム	mg/L	N.D.
ヒ素	mg/L	N.D.
セレン	mg/L	N.D.
六価クロム	mg/L	N.D.
土壌含有量試験		
鉛	mg/kg	N.D.
カドミウム	mg/kg	68.4
ヒ素	mg/kg	15.1
セレン	mg/kg	51.5
六価クロム	mg/kg	65.5

N.D.は定量下限値未満であることを示す

表-2 造粒条件

試料	配合 (無害化処理物 に対する質量比) (%)		造粒 時間 (h)
	水	セメント	
A	70	10	12
B	80	10	12
C	90	10	6
D	90	10	12
E	90	10	24
F	90	20	12
G	100	10	12

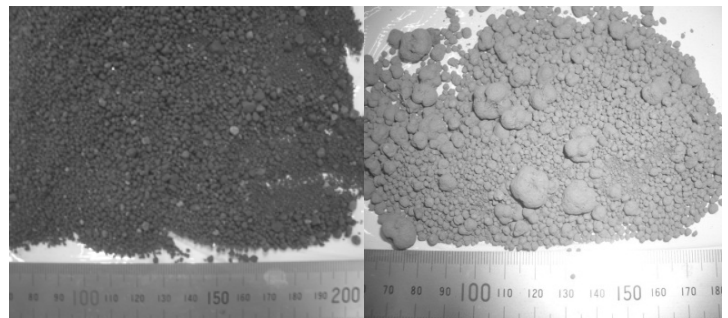


写真-1 造粒物の外観(左:試料 B[水 80%・セメント 10%・12 時間造粒], 右:試料 D[水 90%・セメント 10%・12 時間造粒])

2.3 造粒物の粒度試験 表-2 に示した配合や造粒条件が粒径に及ぼす影響を評価するために、土の粒度試験 (JIS A 1024) に準じた粒度試験を行った。なお、粒度の評価にあたっては、団粒化した造粒物の破碎は行わず、見かけの粒度として評価している。

3. 実験結果と考察

3.1 水添加量が粒度に及ぼす影響 図-1 に条件 A、B、D、G の粒度分布を示す。これらの条件は同じセメント添加量、造粒時間で水添加量を変化させたものである。この結果から、水を 70%、80% 加えたケースでは平均粒径が 1 mm 前後で大きな違いが見られないが、90%、100% と増えるにつれ平均粒径がそれぞれ 2.2 mm、9.7 mm と顕著に増加している。これは水添加量が多くなる程粒子同士が相互に付着・凝集しやすいためである。水 80% 加えたケースでは均等係数が 3.1 であるのに対し 100% 加えたケースでは一部の造粒物の過度な団粒化の進行により均等係数も 9.1 と相対的に高い値を示し、均一度が低く、粒度幅の広い造粒物が作製されることが確認された。

3.2 セメント添加量が粒度に及ぼす影響 図-2 に条件 C、D、E、F の粒度分布を示す。ここに示す D と F の粒度分布を比較することで、水添加量 90%、造粒時間 12 時間でのセメント添加量が造粒物の粒径に及ぼす影響を調べた。D と F の平均粒径はそれぞれ 2.2 mm、2.1 mm と変化は表れなかった。これは、セメント添加量 10% と 20% 程度の違いではセメント添加後の処理物のコンシステンシー変化が少ないためであり、本研究で行った条件下ではセメント添加量が粒度に及ぼす影響は小さいといえる。

3.3 造粒時間が粒度に及ぼす影響 図-2 に示す C、D、E の結果より、造粒時間が 6 時間、12 時間、24 時間と長くなるにつれ平均粒径も 1.3 mm、2.2 mm、4.7 mm と増大している。24 時間造粒を行ったケースでは、均等係数が 25 と高い値を示した。水を多く加えた場合、粒子同士が相互に付着しやすいため、造粒時間に応じ平均粒径に変化が表れること、長時間の造粒は、試料の乾燥、破碎により細粒分も増加し、粒径が均等にならないことが確認された。

4. おわりに

本研究で得られた結果から、造粒物の粒径に影響を及ぼす因子は主に水添加量と造粒時間であることがわかった。水添加量の増加に伴い、処理物のコンシステンシーが変化し、平均粒径が大きくなること、水添加量が多い場合、造粒時間の増加に伴い、粒子が相互に付着し合うことで平均粒径が大きくなることが確認された。ただし、高含水比で 24 時間程度の造粒を行うと均等係数が上がり、造粒物が均等にならないと想定される。これらを考慮し、利用目的に応じた適切な造粒条件を設定する必要がある。

謝辞： 本研究は平成 23 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金事業「常温処理済アスベストの安全・安定化に関する研究（研究代表者：田端正明（佐賀大学）」の一貫として実施した。実験試料の準備、提供にあたっては、庄野章文 氏（環境アネトス）のご尽力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 田端正明・庄野章文・納富啓一 (2011): 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.
- 2) 遠藤和人・中川美加子・肴倉宏史・井上雄三・井真宏・杉原元一 (2010): 廃石膏・石灰系地盤改良における硫化水素ガス発生ポテンシャル試験に関する考察, 第 9 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.181-184.

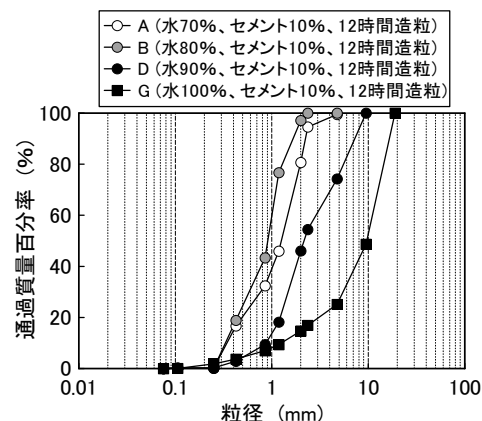


図-1 水添加量が粒径に及ぼす影響

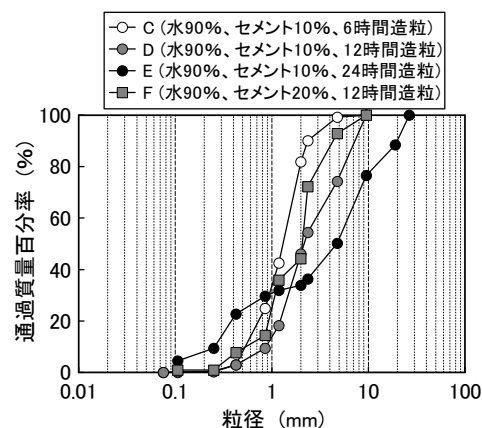


図-2 造粒時間、セメント添加量が粒径に及ぼす影響