

# リサイクル材料による地盤および路盤材の適用性について

秋田工業高等専門学校 技術教育支援センター  
技術職員 大友 渉 平

## 1. はじめに

本研究ではリサイクル材料として、クリンカおよびゴミ熔融スラグ（以下スラグと呼称する）に着目した。クリンカは石炭火力発電所のボイラ底部に落下した灰の塊を粉砕したもので、多孔質で密度が小さいため軽量であり、保水性や排水性に優れている。スラグは廃棄物や廃棄物の焼却灰などを1800℃以上の高温で熔融したものを冷却し固化させたもので、性状が砂と似ており、微粉砕による潜在水硬性が期待できる。いずれにおいても各分野で再資源として有効活用するための研究・開発が進められており、主にセメント・コンクリート分野、土木・建築分野で再利用されている。

そこで、本研究ではこのリサイクル材料のさらなる有効活用のため、クリンカおよびスラグに安定材として消石灰を添加した混合土を新たな地盤材料として開発し、宅地の地盤改良材および道路の路盤材としての活用性を検討した。また、この地盤材料には凍結融解繰返し試験も行い、東北や北海道などの積雪寒冷地での耐久性も調べた。

## 2. 試料および実験方法

用いた試料は、粒子同士の結合の観点からいずれも粒径を250μm以下に微粉砕したクリンカおよびスラグである。物理的性質を表-1, 2に示す。実施した試験はすべて一軸圧縮試験であり、以下の2種類の実験条件に基づいて行った。1) 通常の一軸圧縮試験。2) 凍結融解繰返し試験後の一軸圧縮試験。凍結融解繰返し試験とは、東北や北海道などの積雪寒冷地を想定した気候条件での負荷を、所定の条件下で実施するものである。本研究では-23℃以下で24時間凍結・温度21℃相対湿度100%の条件下で23時間融解を1サイクルとした12サイクルの条件下で実施した。なお、供試体は所定の条件下で突固めた直径50mm、長さ100mmであり、一軸圧縮試験のひずみ速度はいずれも1.0%/minと設定した。供試体作製はクリンカとスラグをクリンカに対するスラグの乾燥重量の割合で0, 25, 50, 75%混合し、安定材として用いた消石灰の添加率は5, 10, 15%とした。また、作製した供試体は湿潤状態で養生し、養生期間は3, 7, 10, 28, 90日に設定した。

表-1 クリンカの物理的性質

| 密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率(%) | 粒径(mm) |
|------------------------|--------|--------|
| 2.27                   | 29.0   | 5.00~  |

表-2 スラグの物理的性質

| 密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率(%) | 粒径(mm)    |
|------------------------|--------|-----------|
| 2.87                   | 0.60   | 2.36~0.15 |

## 3. 実験結果および考察

図-1は微粉砕したクリンカおよびスラグの混合土に消石灰を10%添加し、さらに養生期間を3, 7, 10, 28日毎にクリンカの一軸圧縮強度( $qu$ )<sub>c</sub>を基準とした一軸強度比 $qu/(qu)_c$ と混合土のスラグ混合割合の関係を示したものである（以下、スラグ25, 50, 75%の混合土を混合土25, 50, 75%と呼称する）。この図から分かるように、スラグ混合割合が増加するに伴って、一軸強度比が増大することが認められる。これはクリンカとスラグが消石灰添加によって水和反応が生じ結合したこと、消石灰と微粉砕したスラグのアルカリ作用により潜在水硬性が発揮され、骨格形成されたことが要因と考えられる。また、一軸強度比に若干ばらつきはあるが、養生期間が長くなるほどその傾向は顕著である。このようにクリンカの有効利用の観点から微粉砕したクリンカとスラグを混合し、消石灰添加によって地盤材料として強度の向上を得ることが確認された。図-2は混合土25%について、消石灰添加率をパラメーターとした養生期間の推移による一軸圧縮強度 $qu$ を示したものである。この図から分かるように、養生期間が長いほど、また消石灰添加率が多いほど一軸圧縮強度が増大する傾向を示した。図-3は図-2と同じ消石灰添加率、スラグ混合割合の下で凍結融解繰返し試験後の一軸圧縮強度 $qu$ と養生期間の関係を示したものである。図-2の通常の一軸圧縮試験と同様に、養生期間が長いほど、また消石灰添加率が多いほど一軸圧縮強度が増大する傾向を示した。

ここで、この地盤材料の活用目的である宅地の地盤改良材および道路の路盤材として要求される強度について試験結果と合わせて検討する。なお、宅地の必要強度は50kN/m<sup>2</sup>、道路の上層路盤材、下層路盤材の必要強度はそれぞれ980kN/m<sup>2</sup>、700kN/m<sup>2</sup>で

ある。図-2から宅地の地盤改良材としては混合土25%、消石灰添加率5%の配合条件下で養生3日、道路の上層路盤材としては混合土25%、消石灰添加率10%の配合条件下で養生10日、道路の下層路盤材としては混合土25%、消石灰添加率5%の配合条件下の養生10日でそれぞれ必要強度が認められた。また、図-3から凍結融解繰返し試験を行った場合には、宅地の地盤改良材および道路の上層路盤材、下層路盤材としての強度は混合土25%、消石灰添加率5%の配合条件下の養生3日のみで必要強度が認められた。

次に、通常の一軸圧縮試験による強度 $q_u$ と凍結融解繰返し試験後の一軸圧縮強度 $q_u$ を比較検討する。図-4は消石灰を10%添加した養生期間の推移による一軸圧縮強度 $q_u$ を示したものである。この図から分かるように、養生期間に関わらず凍結融解繰返し試験後の一軸圧縮強度の方が、通常の一軸圧縮試験による強度よりも高い値を示すことが確認された。一般に凍結融解繰返し試験を行った場合、供試体内部の間隙水が凍結融解を繰返すことにより、

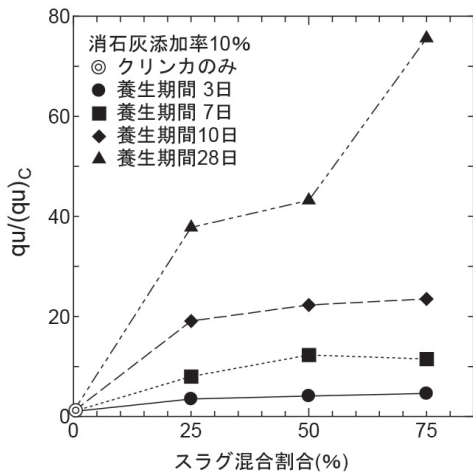


図-1 一軸強度比～スラグ混合割合

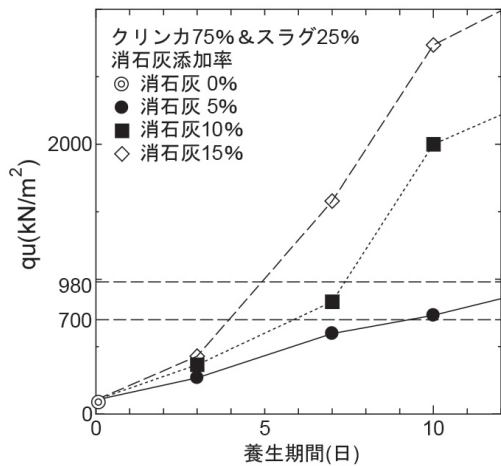


図-2  $q_u$ ～養生期間

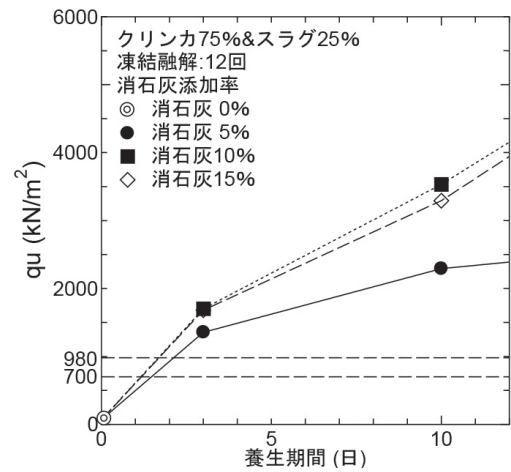


図-3  $q_u$ ～養生期間（凍結融解繰返し後）

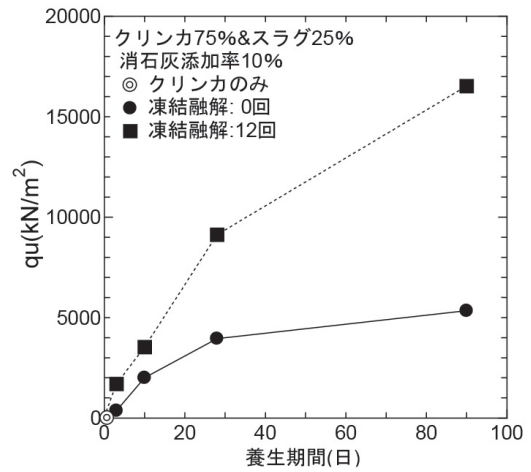


図-4  $q_u$ ～養生期間

土粒子間の結合を弱め供試体の強度を低下させることが考えられる。しかし、本研究ではスラグを微粉碎することによる潜在水硬性の増加と、さらに消石灰を添加したことにより骨格形成され強度が増大したことが要因となり、凍結融解繰返し試験による強度低下がみられなかったと考えられる。

#### 4. 消石灰添加による環境評価

スラグ含有の重金属など特定有害物質については土壤環境基準が適用されている。含有量試験・溶出量試験において、微粉碎前のスラグ単体および微粉碎した混合材料から、鉛とカドミウムについては環境基準に合格できることが確認された。

#### 参考文献

- 1) 土木工学会：土質試験の方法と解説
- 2) 社団法人・日本道路協会：舗装施工便覧
- 3) 社団法人・日本道路協会：舗装設計施工指針