

下水汚泥溶融スラグのレジンコンクリートへの有効利用の研究

千葉工業大学大学院工学研究科建築都市環境学専攻 ○学生会員 三上 淳
 千葉工業大学工学部建築都市環境学科 菅澤 益宏
 千葉工業大学工学部建築都市環境学科 正会員 渡邊 勉

1. 研究背景

近年、我が国の下水汚泥発生量は下水道普及率の増加に伴い年々増加し、処分場不足などの問題となっている。また、下水汚泥のリサイクル率は年々増加しているが、建設資材としての利用は遅れている。そこで、下水汚泥の焼却灰及び下水処理場から排出される汚泥の埋立処分量を減量化するために溶融スラグ化が行われている。溶融スラグをコンクリート用骨材として利用することが出来れば最終廃棄物量の減量化、自然環境保全の一環として有意義である。

2. 研究目的

本研究では、コンクリートの物性に悪影響をもたらす可能性のあるスラグがレジンコンクリートへどのような形で適用できるかの検討を行なう。スラグと碎石を混合させたものの骨材比率を変化させながら使用する。骨材比率の違いによる力学特性の変化などを考察することを目的とする。また、レジンコンクリートに使用されている樹脂は高価なためスラグを使用することにより樹脂比率を下げ、コスト削減することを目的とする。

3. レジンコンクリートとは

レジンコンクリートとは、セメント系結合材の代わりに、ポリマーである不飽和ポリエステル樹脂を用いて骨材を固めたコンクリートである。結合剤として液状レジン、充填材としてフライアッシュなどの充填材および細骨材（いずれも含水率0.5%以下）を用いて作製する。一般的なレジンコンクリートの性質は圧縮強度 80～160(N/mm²)、引張強度 8～10(N/mm²) 程度得られる。また、耐薬品・耐水性に優れているという特徴をもっている。表-1 にレジンコンクリートの性能を示す。その特長を生かして、上下水道／情報通信等の分野で主に地下構造物(管)に使用されている。劣っている点は、耐火性が小さい、高価である、などが挙げられる。

表-1 レジンコンクリートの性能

日本レジン製品協会

性能	レジン コンクリート
単位容積質量(kN/m ³)	22
圧縮強度(N/mm ²)	100(90※)
曲げ強度(N/mm ²)	20
引張強度(N/mm ²)	10
耐硫酸(10%)	◎
耐塩酸(10%)	◎
耐水酸化ナトリウム(10%)	○
耐軽油	◎
耐中性洗剤	◎

(※：日本下水道協会規格)

◎：良好 ○：良 △：やや不良 ×：不良

4. 不飽和ポリエステル樹脂とは

レジンコンクリートの結合材である不飽和ポリエステル樹脂とは、不飽和ポリエステルを重合性単量体に溶解した流動性のある粘性液体で、有機過酸化剤（硬化剤）を加えて加熱するか、または有機過酸化剤と促進剤を加えて室温に放置すると、誘導時間の経過後、発熱重合反応を起こしてゲル化した後に、不溶不融の硬質ないし弾性を持った樹脂状に硬化する性質を持っている。

5. 実験概要

5. 1 使用骨材

スラグ(0～5mm)：下水処理場の汚泥の焼却灰を1200℃で溶融したもの(密度 2.910g/cm³、粗粒率 2.59)(表-2)

碎石(0～5mm)：栃木県産(密度 2.70g/cm³)

表-2 スラグの物性値

試験項目		物性値
単位容積質量	kg/L	1.58
絶乾密度	g/cm ³	2.91
表乾密度	g/cm ³	2.94
吸水率	%	1.49
粒径判定実績率	%	54.6
微粒分量	%	0.2

キーワード レジンコンクリート、下水汚泥溶融スラグ、日本下水道協会規格、樹脂比率

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 建築都市環境学専攻 渡邊研究室

TEL：047-478-0442 E-mail：s0424306LJ@it-chiba.ac.jp

5. 2 実験方法

骨材はスラグと砕石を混合したものを使用し供試体(φ75×150mm)を作製する。レジンコンクリートの配合例(骨材比率スラグ75%・砕石25%, 樹脂比率11%)を表-3に示す。配合は骨材とフライアッシュを合計したものが4200gになるように設定する。

スラグと砕石の置換率は乾燥質量比0, 25, 50, 75, 100%とする。供試体作製後、圧縮強度試験・耐薬品性試験・吸水率試験(JSWAS)を行なう。

表-3 レジンコンクリートの配合例

骨材			フライアッシュ		樹脂	
比率(%)	質量(g)		質量(g)	質量(g)	比率(%)	
スラグ	75	2646	672	519.1	11	
砕石	25	882				

5. 3 評価方法

レジンコンクリートの評価方法は日本下水道協会規格に準じて行なう。日本下水道協会規格の基準値を以下の表-4に示す。

表-4 日本下水道協会規格

圧縮強度試験	90(N/mm ²)以上
耐薬品性試験	質量変化率±0.1(%)以内
吸水率試験	質量変化率±0.3(%)以内

6. 実験結果

・圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図-1に示す。樹脂比率を現行材同等の11%とし、供試体を作製した。5条件中4条件が日本下水道協会規格の90[N/mm²]以上を満たすことができた。その後、樹脂比率を下げ10%・9%を作製した。樹脂比率を下げることで強度は多少下がったものの顕著な差は見られなかった。しかし、樹脂比率9%の全ての条件において日本下水道協会規格の値を下回るものとなった。これは、強度発現に必要な樹脂の量が足りずに供試体の成形状態が悪くなってしまい強度が下がったと考えられる。

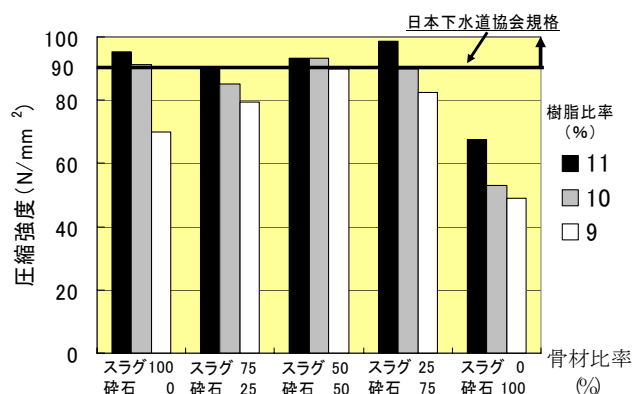


図-1 レジンコンクリートの圧縮強度試験結果

・耐薬品性試験・吸水率試験

耐薬品性試験の結果を図-2, 吸水率試験の結果を図-3に示す。耐薬品性・吸水率試験共に樹脂比率が低くなるにつれ質量変化率が増加する傾向が読み取れる。耐薬品性試験では骨材比率(%) [スラグ25 砕石75]のときに全ての条件で日本下水道協会規格の質量変化率0.1[%]以内を満たすことができた。これは、骨材比率が良好で締固まりや供試体の成形状態が良く薬品による侵入を防げたことが考えられる。吸水率試験では、全ての骨材比率及び樹脂比率において日本下水道協会規格の質量変化率0.3[%]以内を満たすことができた。

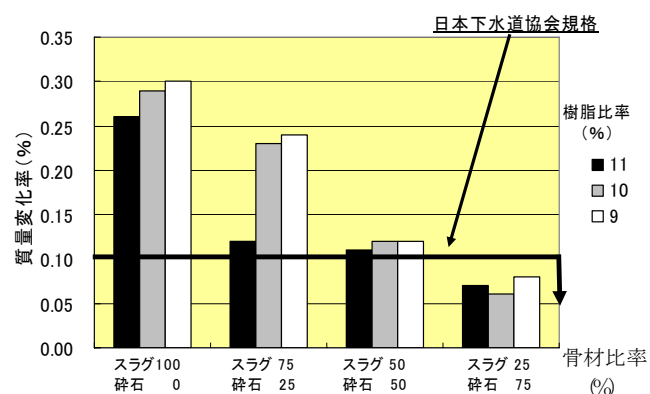


図-2 耐薬品性試験結果

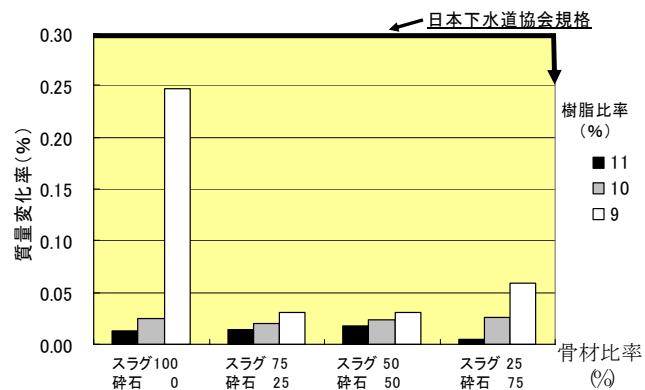


図-3 吸水率試験結果

7. まとめ

本研究の結果より、下水汚泥溶融スラグを用いたレジンコンクリートは骨材比率・樹脂比率を考慮すれば日本下水道協会規格の値を満たすことができることがわかった。コストの面を考える場合[スラグ25 砕石75]樹脂比率10%のときに最もコストダウンできる。しかし、スラグの有効利用を考え、骨材比率をより詳細に設定し研究をしていく必要がある。

参考文献

1) ポリマーセメントコンクリート/ポリマーコンクリート, シーエムシー出版, 大濱嘉彦, 出村克宣