

CS 85

緑化コンクリートに使用する連続空隙硬化体の研究

(株) 竹中土木技術開発本部 正会員 安藤慎一郎
 竹中工務店技術研究所 正会員 米澤敏男 正会員 佐久間護
 正会員 柳橋邦生
 日本化学工業(株) 久松國男 半田栄一

1. はじめに

緑化コンクリートとは、直接植物の栽培が可能なコンクリートであり、コンクリート構造物へ自然をとり入れる技術として著者らが開発し、研究を進めているものである。緑化コンクリートの構成を図1に示す。緑化コンクリートの主要な構成材である連続空隙硬化体の性質は、植物が健全に生育する上で重要である。植物が健全に生育するためには、土壌の空隙率約50%、pHは8以下、悪くとも9.5以下であることが必要である¹⁾。緑化コンクリートでは連続空隙硬化体の目標空隙率を30%以上、硬化体から溶出する水のpHの目標値を9.5以下として開発を行った。

ここでは、結合材の種類や配合を変化させたときの緑化コンクリート用連続空隙硬化体の圧縮強度とアルカリ溶出量を調べた結果を報告する。

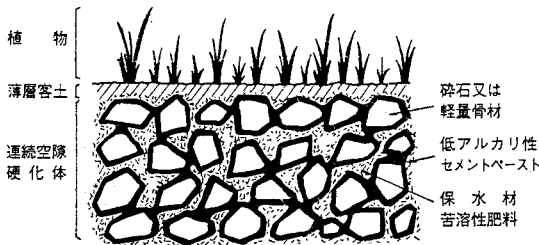


図1 緑化コンクリートの構成

2. 実験

2. 1 実験概要および要因と水準

表1に示す要因と水準で硬化体を作製し、圧縮強度、空隙率およびアルカリ溶出量を測定した。高炉スラグやシリカフュームは、セメントの水和により生成した水酸化カルシウムを消費して水和するのでアルカリの低減効果が期待される。また、磷酸マグネシウムセメントは磷酸と水酸化マグネシウムの中和反応により硬化するため、原理的に中性の硬化体を得ることができる。中和処理とは、弱酸性の磷酸二アンモニウムの溶液を連続空隙硬化体の硬化後散布し、硬化体表面の水酸化カルシウムは中和と、難溶性の磷酸カルシウムの生成によるアルカリ溶出の抑制を目的としている。

表1 実験の要因と水準

要 因	水 準
セメント種類	普通, 高炉B, 高炉C, 磷酸マグネシウムセメント
シリカヒュームの有無	無, 有 (10%置換)
粗骨材ペースト比 (vol%)	10, 15, 20, 30
中和処理	無, 有

2. 2 材料・配合および試験体作製方法

使用材料：粗骨材として人工軽量骨材（表乾比重1.63、絶乾比重1.29、吸水率26.0%、実績率62%）を、シリカフュームにA社製顆粒状シリカフューム（SiO₂ 94%）を

使用した。普通セメントおよび高炉B種セメントには市販品を使用し、高炉C種セメントは高炉B種セメントにS社製高炉スラグ（比重2.89、塩基度1.9）を6:4の割合で混合して使用した。磷酸マグネシウムセメント（比重2.3）はN社製のものを使用した。

養生条件：成型後80℃にて6時間蒸気養生を行い、さらに2日間水中養生を行った。ただし、磷酸マグネシウムセメントを使用した硬化体は3日間水中養生を行った。中和処理：磷酸二アンモニウム15%溶液を調整し、連続空隙硬化体1m³につき0.3m³噴霧した。

配合：普通セメント、高炉セメントおよびこれらにシリカフュームを混入したものは水結合材比を30%、磷酸マグネシウムセメントの場合は、水結合材比を9.5%とした。シリカフュームを添加する場合は各結合材の内割りで10%とした。なお、緑化コンクリートでは細骨材は使用していない。

2. 3 試験方法

圧縮強度：φ10cm×20cmの試験体を作製し、上下面をキャッピングし、JIS A 1108に準拠して試験を行った。空隙率：φ10cm×20cmの試験体を作製し、水中重量と気中重量の差により算出した。

アルカリ溶出量：φ5cm×10cmの硬化体を作製し2週間水中養生した後、淹水状態を模擬して上部より1日1回30mlの純水を散布し、下部に流出した水のpHをJIS Z 8802に準拠して測定した。

3. 実験結果

図2に普通セメントを使用した場合の粗骨材ペースト比（以下P/Gと略記する）と圧縮強度、空隙率の関係を示す。P/Gが増加するにつれて圧縮強度が増大し空隙率が減少した。空隙率の目標値を30%とするとP/Gが15%のときに約100kgf/cm²の圧縮強度が得られた。

図3にP/Gを15%としたときの各種硬化体の圧縮強度を示す。シリカフュームで置換した場合、普通および高炉B種セメントを使用した硬化体は強度が若干増加したが、高炉C種セメントを用いた硬化体の強度はやや低下した。

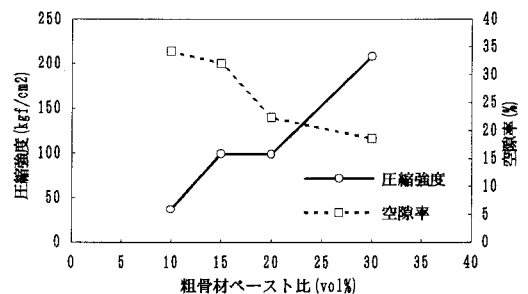


図2 普通セメントのP/Gと圧縮強度、空隙率の関係（普通セメントの場合）

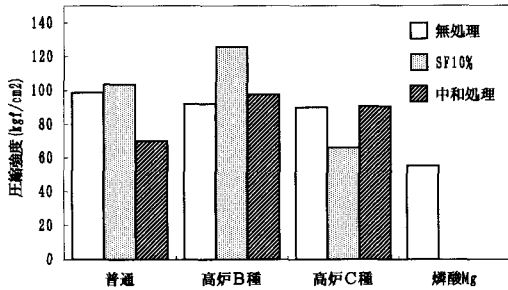


図3 各種硬化体の圧縮強度

中和処理を行った場合は普通セメントの硬化体の強度は無処理品に比較して減少したが、高炉B種およびC種では圧縮強度の差は見られなかった。また、燐酸マグネシウムセメントは他のセメントに比較して圧縮強度は低かった。

図4にP/Gが15%のときの各種固化材を使用したときの溶出アルカリ量の測定結果を示す。アルカリ溶出量は徐々に低下するが、約2週間でアルカリ溶出量は一定になる。固結材の種類では燐酸マグネシウムセメント<高炉C種<高炉B種<普通の順にアルカリの溶出が少なかった。

高炉C種の場合はシリカヒュームによるアルカリ溶出の抑制効果を確認できたが、普通と高炉B種ではその効果は認められなかった。

図5には、普通、高炉B種、高炉C種の各セメントを中和処理した場合のアルカリ溶出量を示す。中和処理を行った場合は3日目までは中性域からアルカリの溶出が増加し、その後ほぼ一定となった。

図6に2週間経過時のアルカリ溶出量を示す。アルカリ溶出の抑制効果が最も高かったのは高炉B種、高炉C種を使用した硬化体に中和処理を行ったもの、次いで燐酸マグネシウムを使用した硬化体であり、これらは目標pHである9.5以下であった。

4. まとめ

以上の実験結果を以下にまとめる。

- 1) 空隙率の目標値を30%とすると、硬化体の圧縮強度は50~100kgf/cm²が得られた。
- 2) 溶出アルカリ量の目標値を達成できた組み合わせは、結合材に燐酸マグネシウムを使用した場合と高炉B種または高炉C種セメントを使用し中性処理を行った場合であった。
- 3) 普通セメントを用いた硬化体に中和処理を行ったものや高炉C種にシリカヒュームを組み合わせた結合材を使用した硬化体のアルカリ溶出量は目標値に近い値が得られたが、圧縮強度は他の結合材と比較して小さかった。

<参考文献>

- 1) 興水肇，建築空間の緑化手法，1985

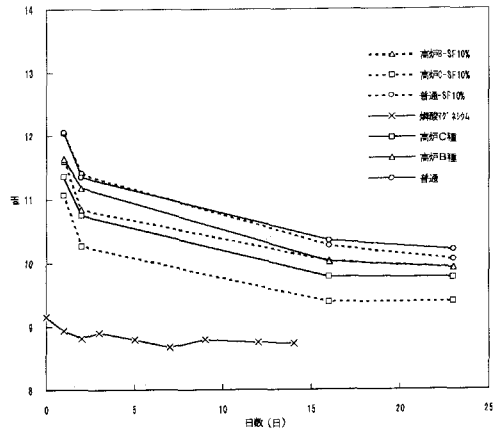


図4 各種固化材を使用したときの溶出アルカリ量の経時変化

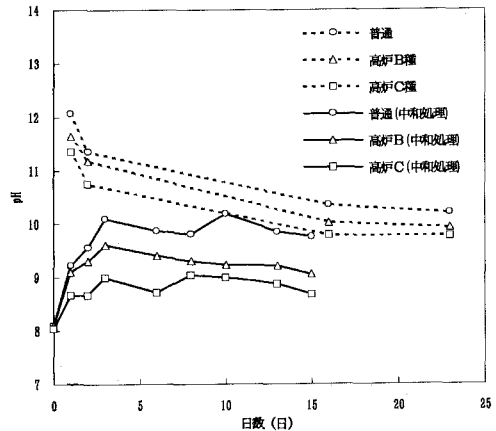


図5 中和処理を行ったときの溶出アルカリ量の経時変化

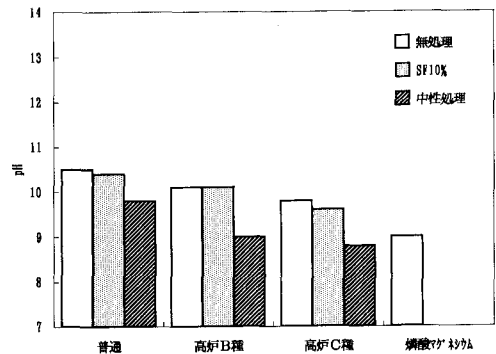


図6 溶出アルカリ量の比較（2週間後）