

論文 再生骨材の緑化コンクリートへの適用性

黒田 保*¹・井上正一*²・吉野 公*³・田中 秀一*⁴

要旨：植生用に用いるポーラスコンクリートの骨材に再生骨材を使用することを目的に、再生骨材および砕石を使用したポーラスコンクリートの物性の比較・検討を行った。さらに、再生骨材を使用したポーラスコンクリートに各種の芝を植え付け、その生育状況を観察した。その結果、再生骨材を使用したポーラスコンクリートは、砕石を使用したものに比べ圧縮強度はやや小さくなることを考慮すれば、配合設計は砕石を使用した場合と同様に行える。また、ポーラスコンクリートに再生骨材を使用しても、十分に芝が生育することが確認された。

キーワード：ポーラスコンクリート、再生骨材、空隙率、圧縮強度、透水係数

1. はじめに

コンクリート構造物を解体する際に大量に発生するコンクリート塊の処理方法が、深刻な問題となっている。この建設副産物であるコンクリート塊の利用用途として、道路の路盤材料や、土木構造物の裏込材として使用されており、さらには、所要の品質を満足するコンクリート破砕物については、再生骨材としてコンクリートに再利用されている。コンクリート用骨材の枯渇化が問題となっている現在、コンクリート破砕物の再生骨材としての利用は、特に有効な利用方法の一つであると言える。

一方、自然との調和をはかる目的あるいは自然に優しいコンクリートとして、緑化コンクリートが開発されている。この種のコンクリートでは、透水性の良いコンクリートとするため、あるいは植物の根をコンクリート内部まで進入させるために、多孔質のポーラスコンクリートが使用される。この場合、護岸用のポーラスコンクリートでは 10N/mm^2 以上の強度が要求されるため、再生骨材を大きな空隙を持つポーラスコンクリートに適用するためには、より高強

度化の技術が必要不可欠となる。

そこで本研究では、コンクリート塊を有効に利用するために、緑化コンクリート用の骨材に再生骨材を使用することを目的として、まず、再生骨材を使用したポーラスコンクリートの物性と、砕石を使用したポーラスコンクリートの物性との比較・検討を行った。さらに、再生骨材には原コンクリートのモルタル分が付着しているため、砕石を使用した場合よりもポーラスコンクリートの pH が高くなり、植物の生育に影響を与える可能性があることから、再生骨材を使用したポーラスコンクリートに、実際に各種の芝を植え付けて、その生育状況を観察した。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

本実験に使用したセメントは普通ポルトランドセメント（密度： 3.15g/cm^3 ）である。混和材としては、主にコンクリートの pH 低減の目的で高炉スラグ微粉末（密度： 2.91g/cm^3 ，粉末度： $4320\text{cm}^2/\text{g}$ ）を、そしてペーストの粘性と強度を増加する目的でシリカヒューム（密度：

*1 鳥取大学助手 工学部土木工学科 工修（正会員）

*2 鳥取大学教授 工学部土木工学科 工博（正会員）

*3 鳥取大学講師 工学部土木工学科 工博（正会員）

*4 鳥取大学大学院 工学研究科土木工学専攻

2.20g/cm³、粉末度：200000cm²/g)を使用した。混和剤には、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。骨材には碎石と再生骨材の 2 種類を使用し、それぞれの骨材に対して、粒径は 5 ～ 20mm、5 ～ 13mm および 13 ～ 20mm の 3 種類とした。骨材の物理的性質を表-1 に示す。

コンクリートの配合は、セメント、高炉スラグ微粉末およびシリカヒュームの質量比を 45 : 45 : 10 と一定とした。水粉体比 (W/P) は 0.25 とし、高性能 AE 減水剤を、粉体質量に対して 1 % 使用した。なお、ポーラスコンクリートの配合設計時に目標とする空隙率（以下、目標空隙率と呼ぶ）は 20、25、30 および 35 % とした。また、単位粗骨材量は、かさ容積を 1m³ として求めた。そして、1m³ から骨材の絶対容積と目標空隙率を差し引くことによりペーストの体積を求め、水、セメント、高炉スラグ微粉末およびシリカヒュームの単位量を算定した。ポーラスコンクリートの配合例を表-2 に示す。

2.2 コンクリートの練混ぜおよび供試体の作製方法

コンクリートの練混ぜは、まず、セメント、高炉スラグ微粉末、シリカヒュームおよび高性能 AE 減水剤を加えた水をミキサに投入して 60 秒間練り混ぜた後、粗骨材を投入してさらに 120 秒間練り混ぜた。

供試体は、圧縮強度試験用に ϕ 10 × 20cm の供試体を 5 本、空隙率および透水係数測定用に ϕ 15 × 30cm の供試体を 2 本作製した。それぞれの円柱供試体は、3 層に分けて打設し、1

表-1 骨材の物理的性質

骨材の種類	粒径 (mm)	吸水率 (%)	比重	単位容積質量 (kg/ℓ)	実積率 (%)
碎石	5 ～ 20	0.80	2.69	1.54	57.2
	5 ～ 13	0.80	2.69	1.56	58.0
	13 ～ 20	0.80	2.69	1.59	60.9
再生骨材	5 ～ 20	4.78	2.44	1.37	56.1
	5 ～ 13	5.34	2.40	1.36	56.7
	13 ～ 20	5.05	2.42	1.40	57.8

層ごとに突き棒で 25 回突き、さらに木づちで型枠をたたいて締固めを行った。

植生試験用には、30 × 30 × 10cm の平板供試体を作製し、各芝ごとにその供試体を 4 枚敷き並べたものを植生基盤 (60 × 60 × 10cm) とした。

2.3 試験方法

(1) 空隙率の測定

ポーラスコンクリートの空隙率の測定は、エココンクリート研究委員会報告書のポーラスコンクリートの空隙率測定方法 (案)¹⁾ の容積法に準じて行い、全空隙率と連続空隙率を測定した。

(2) 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準じて行い、供試体の両端面には硫黄キャッピングを行った。

(3) 透水試験

透水試験は、エココンクリート研究委員会報告書のポーラスコンクリートの透水試験方法 (案)²⁾ に準じて行った。なお、透水試験にお

表-2 ポーラスコンクリートの配合例

骨材の種類	骨材の粒径 (mm)	W/P	目標空隙率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				W	C	Slag	SF	G	SP
碎石	5 ～ 20	0.25	25	60	108	108	24	1638	2.39
再生骨材	5 ～ 13	0.25	35	35	64	64	14	1360	1.41

Slag : 高炉スラグ微粉末, SF : シリカヒューム, SP : 高性能 AE 減水剤

ける水頭差は 8cm とした。

(4) 植生試験

植生基盤 (60 × 60 × 10cm) とするポーラスコンクリートの空隙に充填土壌 (黒ぼく, ベントナイトおよび水を混合したもの) を注入し, さらに, 供試体上面に厚さが 5cm の培養土 (パークたい肥, パーライト, ピートモス等) を敷いて, そこへ各種の芝 (高麗芝, 野芝, みやこ芝) を植え付けて, 屋外にてそれらの成育状況を観察した。なお, 植生基盤を 5cm のメッシュに分割して, その中から所定の 10 箇所を選び, それらの区画における芝の草丈を測定して, その平均値をその芝の草丈の代表値とした。また, 比較のために, それぞれの芝を同じ現場の自然土壌に植え付けて草丈の測定を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 空隙率

図-1 および図-2 に, 砕石を使用したポーラスコンクリートおよび再生骨材を使用したポーラスコンクリートの, 目標空隙率と全空隙率との関係を示す。図-1 より, 砕石を使用したポーラスコンクリートの全空隙率は, どの供試体においても目標空隙率以上になっていることがわかる。また, 同一の目標空隙率とした場合, 粒径が小さい砕石 (5 ~ 13mm) を使用したものよりも, 粒径が大きい砕石 (13 ~ 20mm) を使用したものの方が, 全空隙率が若干大きくなる傾向にあることがわかる。このように, 同一の目標空隙率としたにもかかわらず, 砕石の粒径の相違によって全空隙率の測定値が異なった原因については, 本実験において明確にすることができなかったため, 今後検討していく予定である。

また, 図-2 の再生骨材を使用したポーラスコンクリートにおいても, 砕石を使用した場合と同様に, どの供試体においても全空隙率は目標空隙率以上になっており, また, 同一の目標空隙率とした場合, 粒径の大きい再生骨材を使

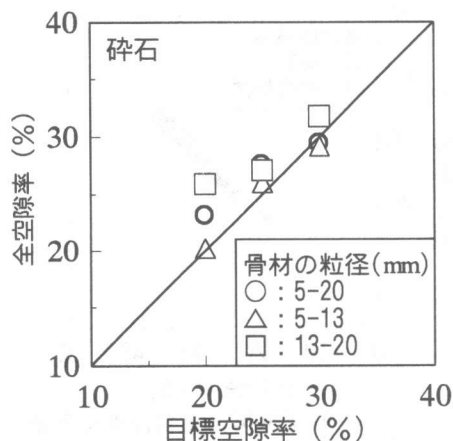


図-1 全空隙率と目標空隙率の関係

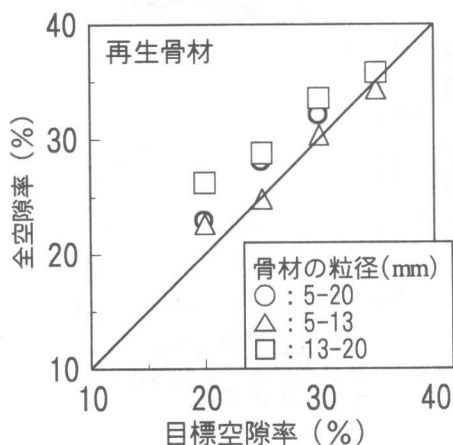


図-2 全空隙率と目標空隙率の関係

用したものの方が全空隙率が大きくなる傾向にあることがわかる。

図-3 に, 全ての粒径の砕石および再生骨材を使用したポーラスコンクリートの全空隙率と連続空隙率との関係を示す。連続空隙率は, ポーラスコンクリートの透水性や, 植物の根の進入深さに関係する。図より骨材の種類や粒径に関係なく, 全空隙率が大きな供試体ほど連続空隙率も大きくなっており, また両者には高い相関関係があることがわかる。

次に, 図-4 に全空隙率と全空隙に占める連続空隙の割合 (連続空隙率/全空隙率) との関係を示す。図より全ての供試体において, 全空

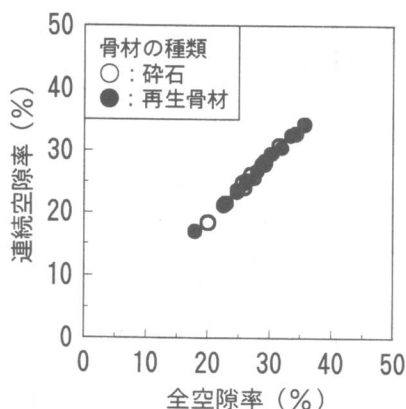


図-3 連続空隙率と全空隙率の関係

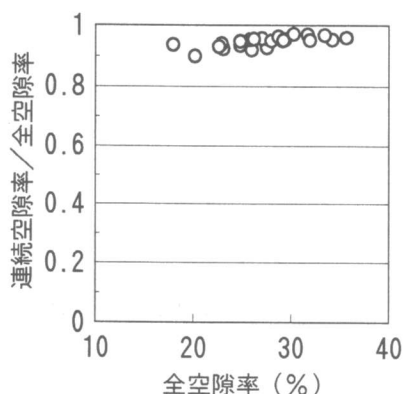


図-4 連続空隙率/全空隙率と全空隙率の関係

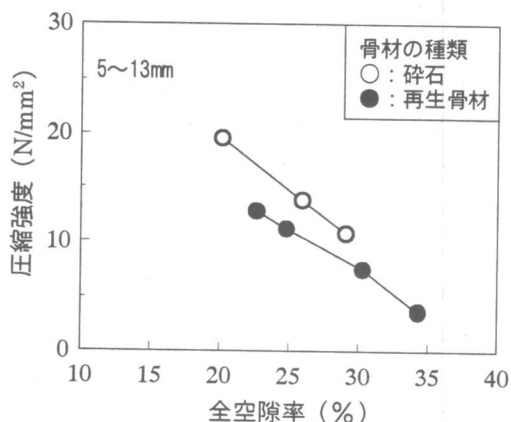


図-5 圧縮強度と全空隙率との関係

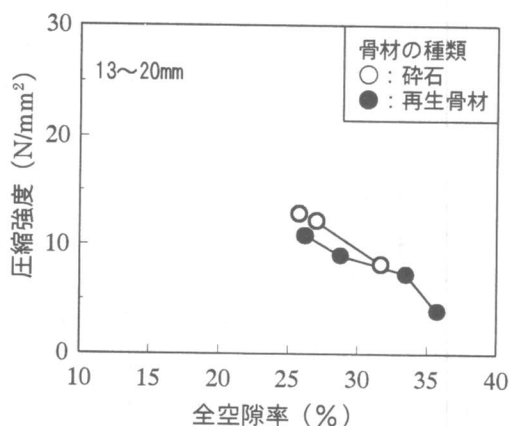


図-6 圧縮強度と全空隙率との関係

隙に占める連続空隙の割合は 90 %以上あることがわかり、その平均値は 95 %である。したがって、本実験に使用した再生骨材を使用したポーラスコンクリートにおいても、十分な連続空隙が形成されていると言える。

3.2 圧縮強度

図-5および図-6に、使用した骨材の粒径ごとに、全空隙率と圧縮強度との関係を示す。図より、全空隙率の増加にともない圧縮強度が小さくなることがわかる。また、再生骨材を使用したポーラスコンクリートの圧縮強度は、砕石を使用したポーラスコンクリートの圧縮強度よりも小さくなる。さらに、粒径の小さい骨材（粒径 5 ～ 13mm）を使用したものの方が、粒径の大きい骨材（粒径 13 ～ 20mm）を使用し

たものよりもその差が大きくなっている。このように、再生骨材を使用した供試体の方が砕石を使用した供試体よりも圧縮強度が小さくなった原因としては次のようなことが考えられる。再生骨材のまわりには原コンクリートのモルタルが付着しており、そのモルタルが骨材自体の強度よりも弱いため、再生骨材を使用したポーラスコンクリートの圧縮強度の方が、砕石を使用したものよりも小さくなったと考えられる。また、表-1に示すように、再生骨材の吸水率を粒径別に見てみると、粒径 5 ～ 13mm の再生骨材の方が粒径 13 ～ 20mm のものよりも吸水率が大きくなっており、粒径 5 ～ 13mm の再生骨材の方が付着しているモルタルの厚さが厚いと考えられる。したがって、骨材周辺に骨

材自体よりも強度が小さいモルタル層がより厚く付着している粒径の小さい再生骨材（粒径 5 ～ 13mm）を使用したポーラスコンクリートの方が、粒径の大きい再生骨材（粒径 13 ～ 20mm）を使用したものよりも圧縮強度が小さくなったと考えられる。

3.3 透水係数

ポーラスコンクリートの透水係数は、独立した空隙よりも連続した空隙と関係があると考えられる。そこで、図-7～9に、使用した骨材の粒径ごとに、ポーラスコンクリートの透水係数と連続空隙率との関係を示す。図より、連続空隙率が大きな供試体ほど透水係数が大きくなっていることがわかる。また、連続空隙率が同じであれば、使用した骨材が砕石であっても再生骨材であっても透水係数はほぼ同程度の値となることがわかる。また、再生骨材の粒径別に、透水係数と連続空隙率の関係を示したものが図-10である。図より、供試体の連続空隙率が同じであれば、粒径が最も小さい 5 ～ 13mm の再生骨材を使用したポーラスコンクリートは、他の粒径の再生骨材を使用したものに比べて、透水係数の値が小さくなることがわかる。これは、粒径の小さい骨材を使用したポーラスコンクリートほど空隙の数は増加するが、個々の空隙の径は小さくなり³⁾、その結果、水が浸透しにくくなるからであると考えられる。この傾向は、砕石を使用したポーラスコンクリートにおいても認められる。したがって、連続空隙率だけではなく、骨材の粒径も透水係数や、さらには植生を行うときの根の進入深さに影響を与える要因であると考えられる。

3.4 植生試験

粒径 13 ～ 20mm の再生骨材を使用して、目標空隙率 25 % のポーラスコンクリートを作製し、それを植生基盤として各種の芝を植え付けた。図-11は、芝の草丈の育成状況を示したものである。図より、それぞれの芝を植え付けてから 180 日を経過した時点では、みやこ芝、野芝はポーラスコンクリートに植え付けた場合

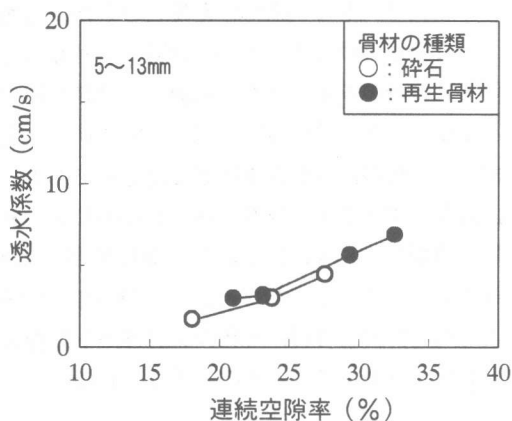


図-7 透水係数と連続空隙率の関係

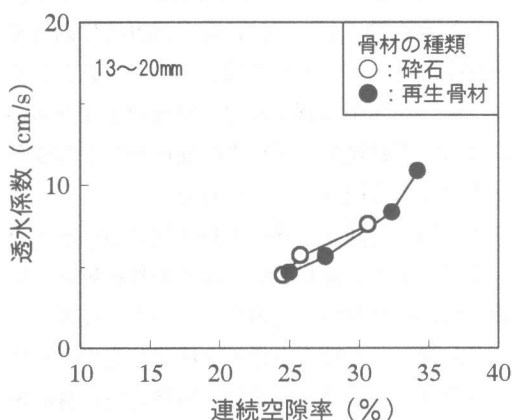


図-8 透水係数と連続空隙率の関係

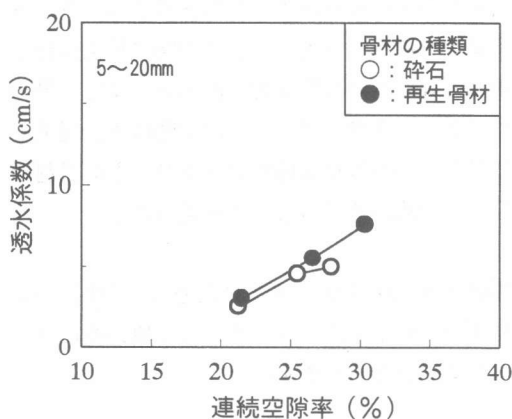


図-9 透水係数と連続空隙率の関係

と自然土壌に植え付けた場合とでは、草丈の高さに大きな差はなく、高麗芝に関してはポーラ

スコンクリートに植え付けた場合の方が、自然
 土壤に植え付けるよりも草丈が若干高くなっ
 ていることがわかる。また、写真-1は芝を植生
 してから180日後にポーラスコンクリートを
 割って、根の侵入状況を観察したものである。
 図より、ポーラスコンクリートの空隙には、充
 填土壌が良く注入されており、根も空隙に十分
 侵入していることがわかる。したがって、本実
 験に用いた再生骨材は緑化コンクリートの骨材
 として十分適用できるものと考えられる。

4. まとめ

本実験において得られた結果を以下に示す。

(1) 本実験においては、配合設計時における
 目標空隙率を同一とした場合、ポーラスコンク
 リートの空隙率の測定値は、粒径の小さなもの
 に比較して粒径の大きなものを使用した方が若
 干大きくなる傾向が認められた。

(2) 同一空隙率、同一水粉体比のポーラスコ
 ンクリートの圧縮強度は、再生骨材を用いた場
 合には、砕石を用いた場合より小さくなる。

(3) 砕石および再生骨材を使用したポーラス
 コンクリートの透水係数は、使用した骨材の粒
 径に影響されるが、粒径が同じであれば両者の
 透水係数はほぼ同程度の値となる。

(4) 再生骨材を使用したポーラスコンクリー
 トに芝を植生した場合、自然土壤に植え付けた
 芝と同等以上の生育状況であった。また、芝の
 根はポーラスコンクリートの空隙に十分侵入し
 ており、再生骨材は緑化コンクリートの骨材と
 して十分適用できるものと考えられる。

謝辞： 本実験を遂行するにあたり、(株)チュ
 ウプの小柴雅央氏、塚根圭司氏に協力を得た。
 ここに謝意を表します。

参考文献

- 1)エココンクリート研究委員会報告書、(社)
 日本コンクリート工学協会、pp.54-56、1995.11
- 2)エココンクリート研究委員会報告書、(社)

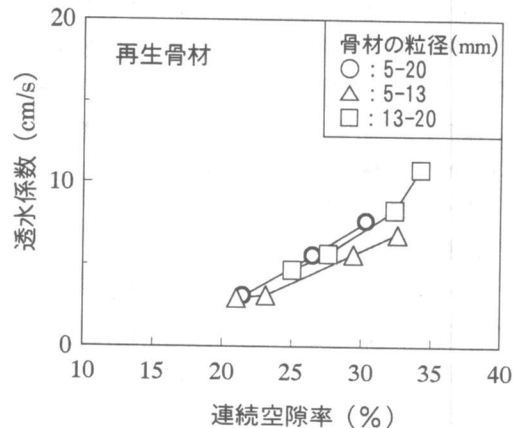


図-10 透水係数と連続空隙率の関係

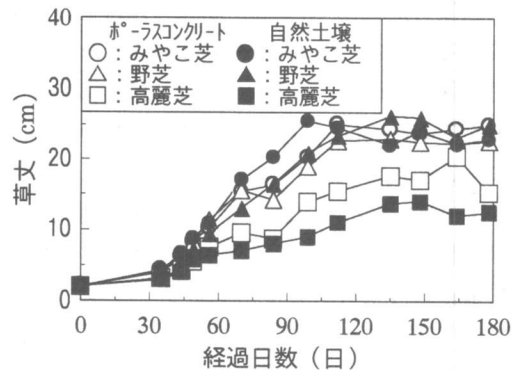


図-11 芝の生育状況

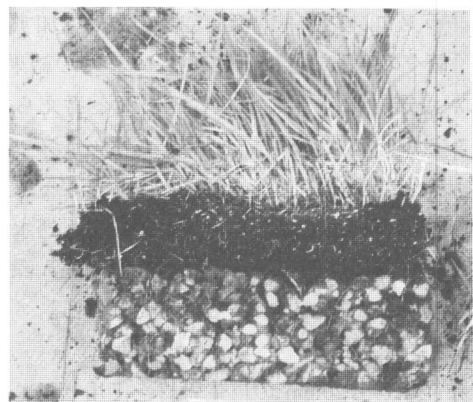


写真-1 根の進入状況

- 日本コンクリート工学協会、pp.56-58、1995.11
- 3)吉森和人ほか：ポーラスコンクリートへの植
 栽技術、コンクリート工学年次論文報告集、
 Vol.18, No.1, pp.1011-1016、1996