

廃棄材を混和したポーラスコンクリートの物性ならびに植生に関する研究

鹿島建設 土木設計本部 正会員 ○柴田慶一郎
香川大学 正会員 松本直通 末永慶寛 フェロー会員 吉田秀典

1. はじめに

河川堤防など、周辺環境との調和が求められる護岸では、植栽基盤としてポーラスコンクリートが用いられる。昨今、強度を維持しつつ幅広い植物の成長を可能とするポーラスコンクリートの開発が進められているが、その課題として、空隙率と強度の両立や製造過程におけるコストなどが挙げられる。そこで、本研究では、これらの課題を解決するために植生用ポーラスコンクリートの開発を試みた。具体的には、コスト低減を目的に廃棄材を混和剤として使用し、物性試験と植生試験を通して開発ポーラスコンクリートの性能を評価した。使用する廃棄材料は廃シロップと FbP (Fishbone Powder, 廃棄魚骨を焼成することにより作製した多孔質材料, 著者らにより開発) である。廃シロップには糖が有する保水効果が、また、FbP には過度なミネラル成分の吸着と植物の育成に必要な不可欠なリン酸の供給により植物生育能力の向上効果が期待される。

2. 試験手法

ポーラスコンクリートとして必要な物性を有するか否かを検証するために、空隙率試験、透水試験、一軸圧縮試験を実施した。また、植物の生育に及ぼす影響を検証するために、屋内植生試験を実施した。それぞれの試験条件や手法について詳述する。

表 1 配合表

	C (kg)	G (kg)	S (kg)	F (kg)	W (kg)
blank	212	1709	0	0	55
syrup			0.53	0	
FbP			0	0.53	
S+F			0.53	0.53	
Volume (L)	66.95	654.7	0	0	55

2-1. 各種物性試験

本研究で作製したポーラスコンクリートの配合を表 1 に示す。なお、設計時の空隙率は 22.34%, W/C は 25.94%とした。供試体は $\phi 10 \times 20$ の円柱で、4 種のケースごとに材齢 7 日および 28 日でそれぞれ 3 本ずつ作製した。表中、blank は混和剤なし、syrup は廃シロップ混和、FbP は FbP 混和、S+F は廃シロップと FbP を混和した供試体である。FbP および廃シロップはセメント重量に対して 0.25%添加した。空隙率試験では質量法、透水試験では定水位透水試験法を参考に実施し、こうした試験を実施した供試体に対して一軸圧縮試験を行った。なお、本研究における物性試験の各目標値は、空隙率 21%以上、透水係数 2.5~5.0cm/s、圧縮強度 10N/mm²以上である。

2-2. 屋内植生試験

供試体は縦 10cm、横 10cm、厚さ 6cm の直方体で、ケースごとに 4 つずつ作製した。7 日間の水中養生後、スラリー状にしたピートモスをポーラスコンクリートの空隙に充填した。それらを並べ、これを植栽基盤とした。播種は、植栽基盤上に草花用培養土で覆土し、その上に均等になるよう西洋芝の種子を蒔いた後、同じ草花用培養土で目土を入れた。覆土の厚さは、本実験の生育観察期間が短いことから、西洋芝の根ができるだけ早く植栽基盤に到達するために、2cm とした。植生試験の実施期間は、2019 年 12 月から 2020 年 1 月であり、外気温が低いことから、温度を 20 度に設定した室内で試験を行った。給水は、発芽するまでの 1 週間は 1 日 1 回、発芽してからは 2 日に 1 回、葉長の測定は、播種後 14 日目から、1 週間に 1 度行った。測定方法は、同種のポーラスコンクリートの 5 箇所葉の長さを測定し、その平均値を葉長とした。枯れた葉は測定対象から除外した。植生試験の様子を写真 1 (写真は FbP の供試体) に示す。



写真 1 屋内植生試験

3. 各種物性試験結果

図1に、空隙率と透水係数の関係を示す。空隙率は、全ての供試体で設計値より約10%程度大きく、この理由として、供試体成形時に型枠に接する箇所の充填性が阻害される型枠のせき板効果¹⁾が考えられる。また、syrup, FbP, S+Fを混和した供試体において、養生期間が長くなるにつれ空隙率が上昇した。糖成分はコンクリート中に浸透した際に、セメント水和物からCaを溶出させて、水和組成をポーラスにする現象²⁾が認められており、これによって空隙率が上昇したと推察される。また、透水係数は、目標値を満たす、あるいは僅かに上回る結果となり、空隙率の増加にともなって透水係数も増加した。さらに、syrupやFbPを混和した供試体は空隙の増加分に対して透水係数の増加分が大きく、連続空隙が増加していると考えられるが、X線撮影で空隙の状態を詳しく調査する必要がある。

図2に空隙率と圧縮強度の関係を示す。全供試体にて、圧縮強度は目標値の10N/mm²を超えなかった。空隙率が設計値より大きくなったことが原因であると考えられる。廃シロップを混和した供試体は他の供試体より圧縮強度が高くなり、この要因として、廃シロップが減水剤のような役割を果たし、材料の均一性が向上したことが挙げられる。また、一般的に、圧縮強度と空隙率は負の相関になるが、FbPを混和した供試体のみ正の相関を示した。この結果から、FbPは空隙と強度を共に増加させる効果を持つことが示唆された。

4. 植生試験結果

植生試験の結果(図3)より、最終的な葉長はFbP, syrup, S+F, blankの順に高いことが確認された。ポーラスコンクリートを植栽基盤として利用する場合、植物の生育に影響を与える大きな要素は空隙率である。物性試験により、syrupとFbPを混和した供試体は空隙率が材齢と共に増加することがわかっており、空隙が根の伸長を促したと考えられる。特に、FbPを混和した供試体では、FbPが植物の生育に必要不可欠なリン酸を供給し、植物の成長を補助した可能性が考えられる。

5. まとめ

以上より、植生用ポーラスコンクリートの混和剤として、FbPが有用であることが明らかになった。本研究では目標強度に達しなかったが、強度増加と空隙の確保を両立する可能性を示した。今後は、配合条件や試験条件を変えて試験を繰り返し、さらに、測定期間を年単位に延長して、強度と植生に及ぼす長期的な影響を調査する必要がある。その成果は、これまでは困難であった流速が大きい河川堤防などに多様な植生の実現につながるものと思われる。

参考文献

- (1) 齋藤俊克, 出村克宣: ポーラスコンクリートの空隙率および圧縮強度に及ぼすせき板効果の影響, セメント・コンクリート論文集 (2016), Vol. 70, No. 1, pp. 290-296.
- (2) 吉田清司: 屋上防水コンクリートの劣化原因分析, 第一工業大学研究報告 (2014), No. 26, pp. 51-56.

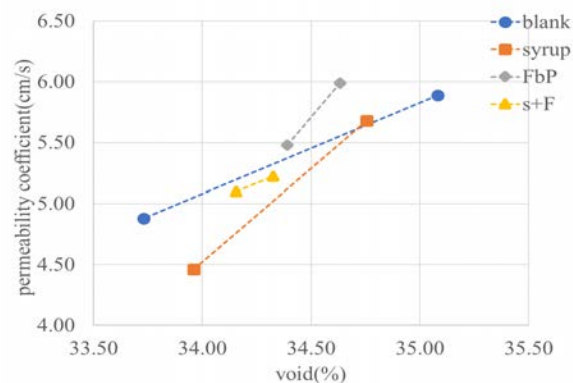


図1 空隙率と透水係数の関係

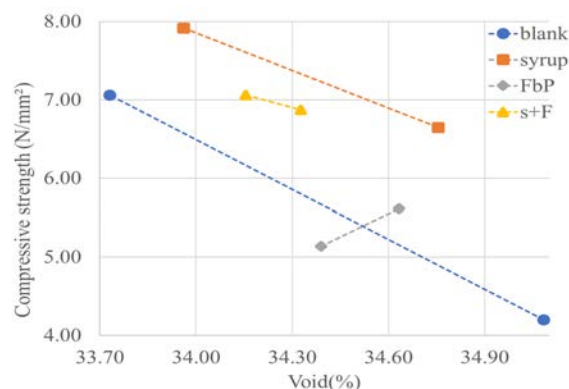


図2 空隙率と圧縮強度の関係

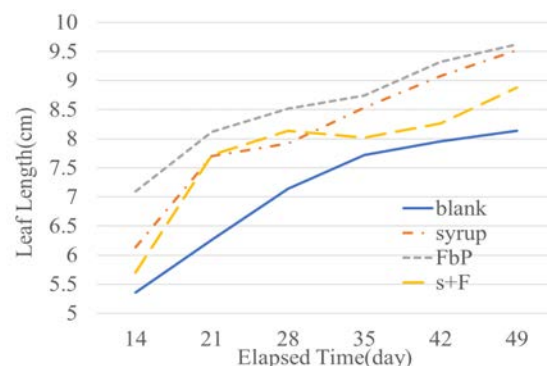


図3 葉長の測定結果