

食品廃棄物再資源化材料を混合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

香川大学 賛助会員 ○久保祐輔, 小宅由似, 学生会員 山谷健介  
正会員 末永慶寛, フェロー会員 吉田秀典

1. はじめに

近年、河川の護岸では自然環境との調和が求められており、護岸に求められる透水性、植物との一体性、そして耐久性の観点から、ポーラスコンクリートが注目されている。しかしながら、強度および空隙の保持という要求項目の同時達成は容易ではない。肥料の三養素であるリンは植物生育能力の向上に、また、カルシウムはコンクリートの強度の向上につながるということが知られているため、主成分がリン酸カルシウムであるヒドロキシアパタイトをポーラスコンクリートに混合した場合、強度増加と植物生育能力の向上という 2 つの要求項目を同時に達成できる可能性がある。そこで本研究では、著者らの一部が開発した魚骨由来のヒドロキシアパタイト（Fishbone Powder, 以降 FbP と称する）を混合したポーラスコンクリートの物性ならびに植生について調査し、護岸施設等への適用の可否について検討することを目的とする。

2. 物性試験

表 1 に示す配合設計に従ってφ10×20 cm の円柱供試体を作製した。表中の Blank は FbP の混和無し、FbP-I は FbP を混和材（セメントに対して 0.25%混合）として使用した配合、FbP-II は FbP を結合材（セメントに対して 1%置換）として使用した配合である。また、W/C は 25%、設計時の目標空隙率は 26%で、そして養生期間は 7 日と 28 日とした。なお、本研究における物性の目標値は、空隙率 21~30%、透水係数 2.5~5.0 cm/s、圧縮強度 10 N/mm<sup>2</sup> 以上である。

表 1 示法配合

|        | C (kg/m <sup>3</sup> ) | W (kg/m <sup>3</sup> ) | G (kg/m <sup>3</sup> ) | AE (kg/m <sup>3</sup> ) | FbP (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Blank  | 337                    | 84                     | 1547                   | 3.37                    |                          |
| FbP-I  | 337                    | 84                     | 1547                   | 3.37                    | 0.8425                   |
| FbP-II | 333.63                 | 84                     | 1547                   | 3.37                    | 3.37                     |

図 1、図 2 に空隙率試験結果を示す。FbP-I、FbP-II とともに、供試体作製時に型枠に接する箇所の充填性が阻害されるせき板効果が確認され、配合設計時よりも僅かに全空隙率が大きくなった。連続空隙率は、養生日数に応じて空隙率が小さくなるという一般的な傾向が確認された。また、全空隙に占める連続空隙の割合が大きい。図 3 に透水試験結果を示す。FbP-I、FbP-II とともに、透水係数が連続空隙率の大きさに影響を受けることが確認された。また、目標範囲内であるが透水係数が高い値となったのは、先述したせき板効果により空隙率が設計時よりも大きくなったことが原因であると考えられる。図 4 に圧縮強度試験結果を示す。FbP-I、FbP-II とともに、目標値を上回る結果となり、養生日数の経過とともに強度が増加している点は、一般的なコンクリートの傾向と合致している。FbP-II では、セメント量を減じているため Blank よりも僅かに強度は劣っているが、目標値を上回っていることから、品質的に大きな問題は無いものと思われる。

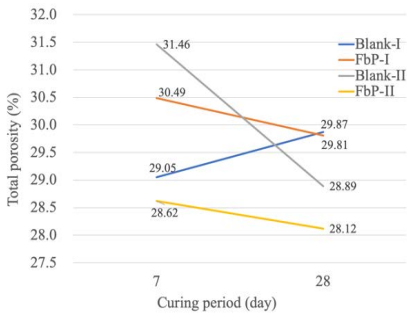


図 1 全空隙率試験結果

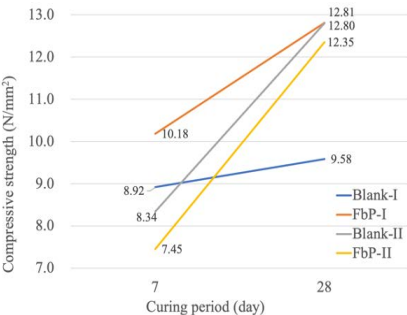


図 4 圧縮強度試験結果

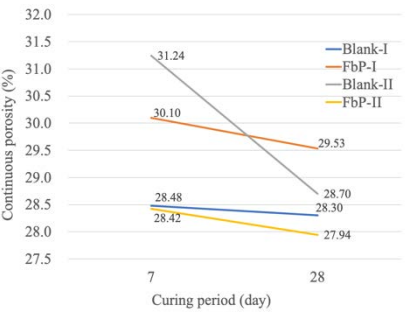


図 2 連続空隙率試験結果

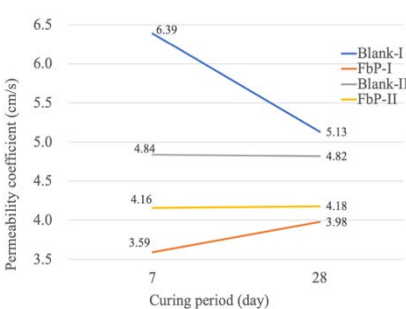


図 3 透水試験結果

3. 植生試験

角柱供試体（縦 10 cm，横 10 cm，厚さ 6 cm をそれぞれ 4 体）を作製し，屋外にて植生試験を実施した．なお，その配合と供試体のタイプ（Blank，FbP-I，FbP-II）は物性試験と同様である．28 日間水中養生を行った後，スラリー状にしたピートモスを可能な限りポーラスコンクリートの空隙に充填させ，これを植栽基盤とした．植栽基盤完成後にピートモスで覆土し，西洋芝を均一になるよう播種した．なお，覆土は西洋芝の根が早期にポーラスコンクリートへ到達するよう 2 cm とした．播種後 14 日目から，1 週間に 1 度，葉長を測定した．また，土壌の pH が植物の生育に影響を与える可能性があるため，土壌 pH テスターを用いて試験終了後に土壌の pH を計測した．採取した土壌は，覆土部分とポーラスコンクリートの空隙内部の 2 箇所である．

図 5，図 6 に植生試験結果を，表 2 に土壌の pH 測定結果をそれぞれ示す．FbP-I では葉長の測定において，測定開始から終了まで FbP-I が Blank よりも葉長が僅かに短い結果となった．FbP 混合によりコンクリートの pH がさらに高まった，すなわち，アルカリ度が増したため，植物の生育に悪影響を及ぼしたと推察される．FbP-II では葉長の測定において，測定開始から終了まで FbP-II が Blank よりも葉長がやや長い結果となった．これは，FbP-II ではセメント量を減じていることに起因してコンクリートの pH が低下したことが原因と考えられる．表 2 より，覆土と比較して空隙内部に充填されている土壌の pH が高くなっていることから，コンクリートによる土壌 pH 上昇の影響が考えられた．また，FbP-I，FbP-II とともに 42 日目以降も葉長の成長低下がみられないことから，Blank と比べて僅かだが植物の発育期間が長いことが確認された．これは，類推の域を出ないが，FbP 混合によって肥料の三要素の 1 つであるリンと関連があるものと思われる．

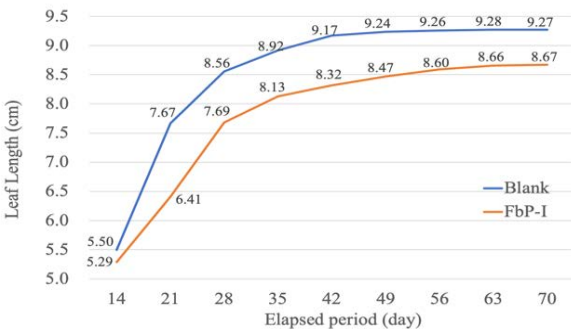


図 5 葉長の生育結果 (FbP-I)

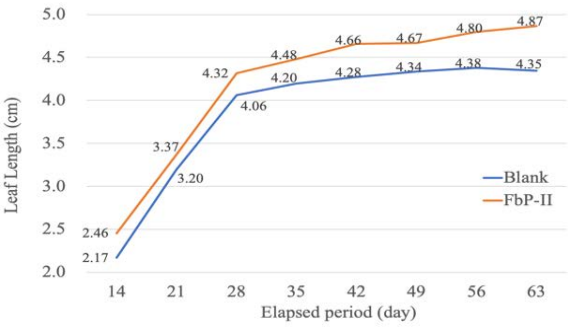


図 6 葉長の生育試験結果 (FbP-II)

表 2 土壌分級表

|             |      |      |           |      |      |              |      |      |            |      |      |
|-------------|------|------|-----------|------|------|--------------|------|------|------------|------|------|
| Blank-I.1   | 覆土   | 8.25 | FbP-I.1   | 覆土   | 7.95 | Blank-II.1   | 覆土   | 7.78 | FbP-II.1   | 覆土   | 7.66 |
|             | 空隙内部 | 8.45 |           | 空隙内部 | 8.55 |              | 空隙内部 | 8.16 |            | 空隙内部 | 8.05 |
| Blank-I.2   | 覆土   | 7.80 | FbP-I.2   | 覆土   | 8.05 | Blank-II.2   | 覆土   | 7.72 | FbP-II.2   | 覆土   | 7.65 |
|             | 空隙内部 | 8.41 |           | 空隙内部 | 8.52 |              | 空隙内部 | 8.01 |            | 空隙内部 | 7.85 |
| Blank-I.3   | 覆土   | 7.92 | FbP-I.3   | 覆土   | 8.11 | Blank-II.3   | 覆土   | 7.82 | FbP-II.3   | 覆土   | 7.64 |
|             | 空隙内部 | 8.63 |           | 空隙内部 | 8.55 |              | 空隙内部 | 8.06 |            | 空隙内部 | 7.85 |
| Blank-I.4   | 覆土   | 7.93 | FbP-I.4   | 覆土   | 8.01 | Blank-II.4   | 覆土   | 7.75 | FbP-II.4   | 覆土   | 7.72 |
|             | 空隙内部 | 8.39 |           | 空隙内部 | 8.43 |              | 空隙内部 | 7.95 |            | 空隙内部 | 8.06 |
| Blank-I Avg | 覆土   | 7.98 | FbP-I Avg | 覆土   | 8.03 | Blank-II Avg | 覆土   | 7.77 | FbP-II Avg | 覆土   | 7.67 |
|             | 空隙内部 | 8.47 |           | 空隙内部 | 8.51 |              | 空隙内部 | 8.05 |            | 空隙内部 | 7.95 |
| ピートモス (試験前) |      | 7.50 |           |      |      |              |      |      |            |      |      |

4. まとめ

FbP を混合させることで，ポーラスコンクリートの強度が増加することが明らかとなり，また，セメント量を減じて FbP を混合させることで，植物生育能力が向上する可能性が示唆された．今後は，セメントに対する FbP の置換量を増やした際の強度の増加率や，セメントに対する FbP の置換試験を夏季に行うことで FbP の混合が植物生育へ与える影響を調査する必要があると考える．

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及び圧縮強度に及ぼす型枠のせき板効果の影響，セメントコンクリート論文集，70 巻，1 号，pp.290-296，2016
- 2) 月岡存，米本剛理：植生型コンクリートを用いた芝草の生育実験，農業土木学会誌，74 巻，2 号，pp.127-130，2006