

## 多自然型河川づくりに関する研究 —ポラスコンクリートの製造技術について—

湯浅 幸久\*, 村上 和美\*, 前川 明弘\*, 小西 和頼\*  
松岡 敏生\*\*, 舟木 淳夫\*\*, 畑中 重光\*\*\*, 月岡 存\*\*\*\*

Study on the Nature Oriented River Work

by Yukihisa YUASA, Kazumi MURAKAMI, Akihiro MAEGAWA, Kazuyori  
KONISHI, Toshio MATSUOKA, Atsuo HUNAKI, Shigemitsu HATANAKA  
and Susumu TSUKIOKA

### 〔要旨〕

多自然型河川づくりに関する研究の中で、平成10年度はポラスコンクリートの製造技術に関して、ミキサの種類がセメントペーストの性状に与える影響について報告した。平成11年度は引き続きポラスコンクリートの製造におけるセメントペーストの性状と締固め条件の関係について調べた結果、セメントペーストの性状は流体としての物理量である粘性（降伏値）により表現でき、従来測定法のフロー値と降伏値の間に高い相関があることがわかった。またセメントペーストの軟らかさと締固めエネルギーの間に最適な条件が存在することがわかった。

また本報では、三重大学の協力を得て進めたコンクリート廃材の活用に関する経過についても報告する。

### 1. はじめに

河川における護岸工法には、様々な手法が試みられている。なかでも空隙を有するポラスコンクリートは緑化基盤と成り得ることから、自然環境に配慮した護岸資材として注目されている。しかしながら、製造および高性能化の技術が十分に確立していないため、普及には至っていない。本研究では、河川護岸の果たす役割としての治水・利水並びに環境への配慮を満足するための護岸資材として、高性能なポラスコンクリートの製造技術の確立と普及を図るとともに建設系廃棄物の有効利用についても検討している。本報では平成11年度に進めた研究の内容について、以下の分類に分けて報告する。

- 1) セメントペーストの性状がポラスコンクリートの物性に与える影響
- 2) コンクリート廃材のポラスコンクリート用骨材への利用(三重大学との共同研究)

### 2. セメントペーストの性状がポラスコンクリートの物性に与える影響

#### 2.1 実験の概要

ポラスコンクリートの強度性能を向上するためには、充填された骨材間をセメントペーストが連続的に結合することが望ましい。この状態をファニキュラーの第1領域と呼ぶが、この状態を形成するための要因については、これまでフロー値（流動性の1つの評価方法）のみで評価されていた。その結果、フロー値の最適値として180<sup>①</sup>、200<sup>②</sup>、280<sup>③</sup>mmなどの数値が提案されている。しかしながら、成型時の条件との整合性が取られていないため、一般論として確立されなかった。そこでペーストの性状の把

\* 応用材料グループ

\*\* 製品開発グループ

\*\*\* 三重大学工学部

\*\*\*\* 三重大学生物資源学部

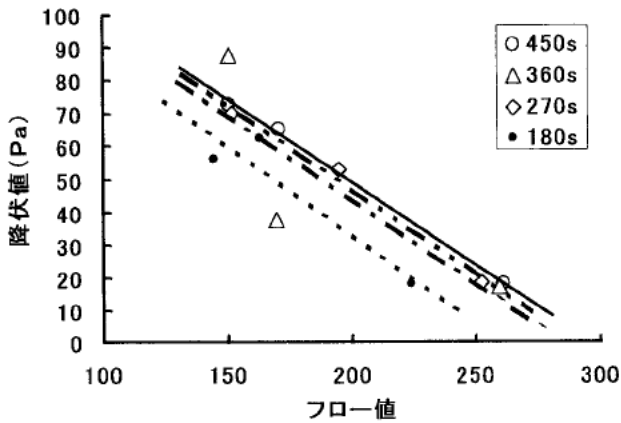


図1 セメントペーストの降伏値とフロー値の関係

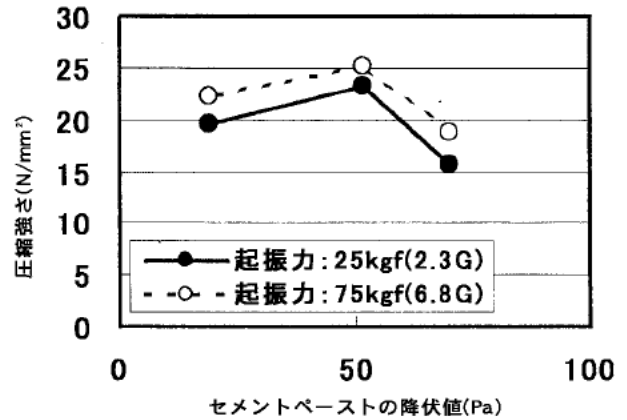


図3 セメントペーストの降伏値と作成したポラスコンクリートの圧縮強度の関係

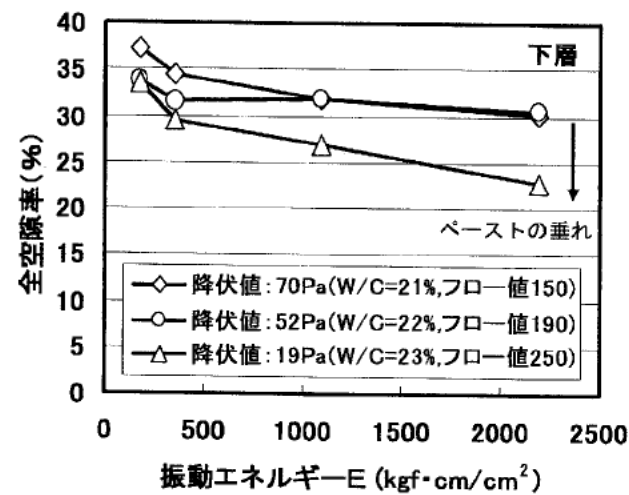
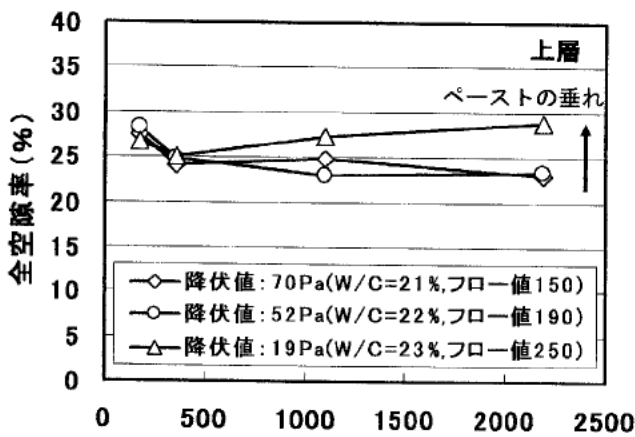


図2 締め固め時の振動エネルギーとポラスコンクリートの空隙率の関係

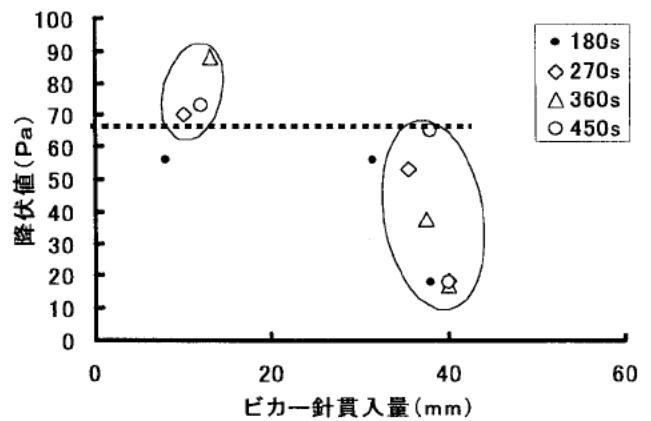


図4 セメントペーストのビカー針貫入量と降伏値の関係

2. 2 実験の結果

セメントペーストの流動性に関する表現方法としてフロー値を用いることが多い、しかしながら力学的に説明し難い方法である。そこでセメントペーストをビンガム流体(非ニュートン流体)として取り扱い、塑性粘度と降伏値により表現できることを確かめたうえで、従来のフロー値との関係を調べた結果、降伏値とフロー値に図1に示すような関係が得られた。図によれば、練混ぜが十分に行われたセメントペースト(練混ぜ時間: 270秒以上)では、ペーストの性状はビンガム流体の粘度定数(降伏値)で把握でき、フロー試験結果と高い相関が得られた。降伏値は静止流体が外力を受けて塑性変形する最小の力であり、締め固めによる外力と物理的に関係がある。しかしながら外力が直接的にペーストの変形を誘因するものでないことは、ポラスコンクリートの構造上、明らかである。そこで振動力と締め固め時間からエネルギーを算

握に従来のフロー試験に、粘度測定や簡易測定法(ビカー針による貫入量の測定)を加えて、流動性の評価方法を比較検討するとともに締め固め条件がポラスコンクリートの性状に与える影響について調べた。

出し、ペーストの軟らかさと締固めエネルギーの関係がポーラスコンクリートの性状に及ぼす影響について調べた。その結果、図2に示すように、降伏値が70Pa (W/C=21%,フロー値=150mm) および52Pa (W/C=22%,フロー値=190mm) の場合には、表面振動機の振動を直接受ける試験体上層で目標空隙率である23%に近い空隙率を示したが、下層では空隙率が高く、ほとんど締固めが行われないことがわかった。この傾向は、超硬練りコンクリートにおける振動の伝わり方に似ているものである。一方、降伏値が19Pa(W/C=23%,フロー値=250mm)では、セメントペーストの垂れにより、上層では空隙率が増加し、下層では空隙率が減少した。したがって、セメントペーストに垂れを生じない程度の軟らかさが必要である。

また、硬化後のポーラスコンクリートの圧縮強度を調べた結果、図3に示すように52Pa(W/C=22%,フロー値=190mm)の場合に最も強度特性が優れていた。この理由は、ペーストの降伏値が70Paでは結合材の連続性が失われ、19Paでは垂れにより結合材の付着量が減少したため、骨材間を結合するペーストの軟らかさにペシマム条件が存在することを意味している。

以上のことから、セメントペーストの流動性と締固め条件の関係を明らかにすることは、製造上、最適条件を決定するために必要であることがわかった。

次にビカー針による貫入量試験結果と降伏値の関係を図4に示す。ビカー針試験は、通常セメントの凝結時間測定時にペーストの標準軟度を確認するために使用されるが、一定の荷重を加える試験であることから、降伏値の原理に近く、何らかの関係が得られるものと考えた。またフロー試験機が床に固定するのに対して、持ち運びができ、簡易試験法として利用できる可能性がある。

図4によれば、水セメント比に関わらず、ペーストの降伏値が一定の値以下となった段階で、ビカー針試験では、弾性変形から塑性変形に移行することがわかった。すなわち、ビカー針試験は一定の降伏値を簡易に表現するもので、貫入針に加わる荷重を変化させることで、ポーラスコンクリートに求められる軟らかさを判定できる可能性が得られた。

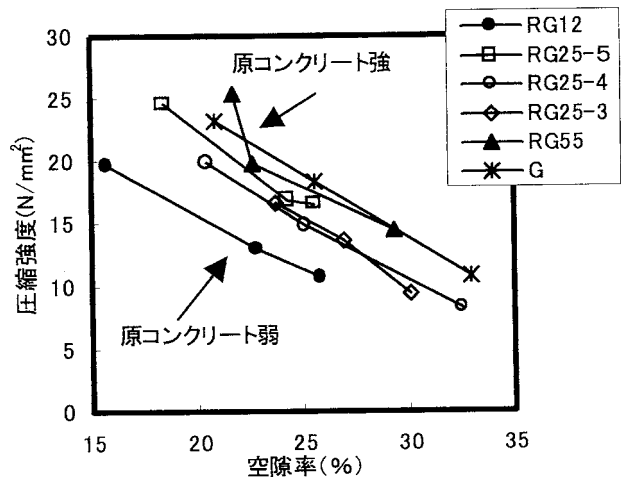


図5 空隙率と圧縮強度の関係

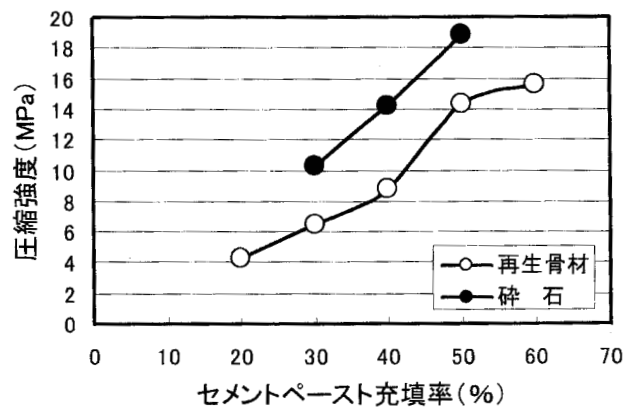


図6 セメントペーストの充填率と圧縮強度の関係

3. コンクリート廃材のポーラスコンクリート用骨材への利用
3. 1 再生骨材を使用したポーラスコンクリートに及ぼす骨材品質の影響
3. 1. 1 実験の概要

コンクリート廃材は、現在約1,000万 $m^3$ 余り発生しているが、その大半は路盤材などに再利用されている。しかしながら2010年は2,000万 $m^3$ に、2020年には2,500万 $m^3$ にも達すると予測されている。これは現在の生産量にも匹敵する量であり、現状の利用法だけでは消化できないことが明らかになっている。特に高度成長期の建物の解体が今後急増することが予測されるため、利用法の検討が急務となっている。実験では解体コンクリートをポーラスコンクリート

用骨材として用いるための基礎実験として、原コンクリート強度および再生骨材の処理方法の影響について基礎実験を行った。

### 3. 1. 2 実験の結果

解体コンクリートの強度性能が一定していないことを想定して、実験では、10, 25, 50 N/mm<sup>2</sup>の強度レベルの原コンクリートを破碎して製造した再生骨材、および原コンクリートに使用した川砂利を破碎して製造した碎石について各種物性を測定し、これをポーラスコンクリート用骨材として用いた場合の強度特性等について検討した。25N/mm<sup>2</sup>については、現在コンクリートへの利用の際に用いられるすりもみ処理を行い、付着セメント硬化体を取り除いたものも作成し、試験に用いた。

その結果、図5に示すように原コンクリート強度が、通常の建築物などに使用されている25N/mm<sup>2</sup>程度以上であれば、ポーラスコンクリート用骨材として利用できることがわかった。また、この程度の強度があればすりもみ処理は行わなくても使用できることから、通常のコンクリートへの利用に比べて、より適しているものと考えられる。

## 3. 2 コンクリート廃材のポーラスコンクリート用骨材への利用

### 3. 2. 1 実験の概要

建設廃材のなかでコンクリートを中心とする構造部材の一部は、中間処理業者により破碎され、路盤材などに利用されている。本実験ではコンクリートを中心にアスファルトや軽量気泡コンクリートなどの不純物を含みサイクル材料をポーラスコンクリート用骨材として用いた

場合の基礎的物性を調べた。

### 3. 2. 2 実験の結果

ポーラスコンクリートを河川護岸用緑化ブロックとして使用する場合、現行では最低限10N/mm<sup>2</sup>以上の強度が必要とされている。そこで、所定の強度を得るために必要とされる結合材量を知るため、セメントペースト充填率と圧縮強度の関係を調べた結果、図6に示すように10N/mm<sup>2</sup>の強度を満足するためにはセメントペーストの充填率は45%以上となることがわかった。

実験の範囲では、空隙率20~25%では強度の確保も可能であり、植生型ポーラスコンクリートの材料として使用できる可能性が得られた。

## 4. まとめ

本研究は、護岸資材の開発、緑化技術の確立、水質浄化技術の検討など多岐にわたるため、本報告では緑化基盤となるポーラスコンクリートに関する研究成果を報告した。

## 参考文献

- 1) 柳橋邦生ほか：“倉吉オケ崎護岸における緑化コンクリートの施工”。コンクリート工学. Vol.37, No.2, p.30-34(1999)
- 2) 添田政司ほか：“ポーラスコンクリートへの再生骨材の適用性に関する実験的研究”。コンクリート工学年次論文報告集. Vol.20, No.2, p.1117-1122(1998)
- 3) 柳橋邦生ほか：“緑化コンクリートに関する研究および施工”。コンクリート工学年次論文報告集. Vol.16, No.1, p.871-876(1994)