

## ◆ 報 文 ◆

# ポーラスコンクリートのフレッシュ性状判定法の検討

片平 博\* 河野広隆\*\*

## 1. はじめに

うるおいのある河川事業を目指し、建設省は河川護岸に緑化のできないコンクリートを極力使用しない方針を打ち出した。ポーラスコンクリートは従来のコンクリート護岸に近い強度を有し、かつ空隙に緑化基盤材を充填することで緑化が可能であり、河川護岸への適用に関心が高まっている<sup>1)</sup>。

ポーラスコンクリートは単粒径の粗骨材とその表面を薄く覆うセメントペーストで構成される。粗骨材同士はセメントペーストによって点で結合される構造であり、「雷オコシ」状のコンクリートである(写真-1)。

この特殊な構造のため、従来のフレッシュコンクリートの品質管理試験法が適用できず、現場施工に適応した簡易かつ的確な品質管理試験法の確立が望まれている。特にポーラスコンクリートは乾燥の影響を受け易く、日照や風があると放置時間の経過とともにセメントペースト中の水分が急速に失われ、フレッシュ性状が大きく変化する。こうなるとパサパサの状態となり、締固めても骨材同士が十分に結合せず、硬化後の強度も著しく低下する。このため、良好な締固めが可能な性状であるかどうかを逐次、迅速に判定するための試験法を確立する必要がある。また緑化のためには適切な空隙率を確保することが必要であり、空隙率を迅速に測定する方法の確立が望まれている。

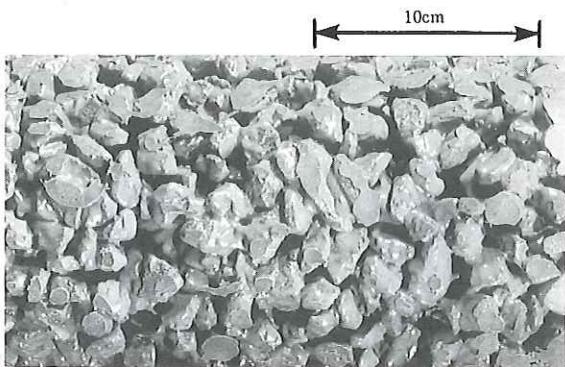


写真-1 ポーラスコンクリート

## 2. 目的

(1) 良好な締固めが可能なフレッシュ性状を有しているかどうかを迅速に判定するための試験法の確立

(2) 空隙率を迅速に測定するための試験法の確立

## 3. 実験方法

### 3.1 ポーラスコンクリートの配合

本研究では、まずポーラスコンクリートの配合条件や環境条件がフレッシュ性状に与える影響を把握する必要がある。このため表-1に示すように3ケースの比較試験を実施した。すなわち(1)粗骨材寸法の影響と細骨材の有無の影響の検討、(2)混和剤として用いる高性能AE減水剤の添加量の影響、(3)高性能AE減水剤の種類と放置条件の影響、について検討した。ここで放置条件とは、練り上がりのポーラスコンクリートを練り板上に厚さ10cm程度の厚さに敷き均し、ビニールシートで覆った条件を「湿潤」、ビニールシートで覆わない条件を「乾燥」とした。試験室の室温は20°C、湿度は50%である。

実験に使用した材料の物性は表-2のとおりである。

### 3.2 フレッシュ性状試験

ポーラスコンクリートのフレッシュ性状は主にペーストの性状によって決定される。このためペーストの性状を正しく把握することが重要である。

表-1に示す各配合で練り混ぜられた試料に対して、練り上がり直後、1時間後、2時間後、3時間後に切り返しを行い、以下の試験を実施した。

#### (1) 目視による判定

フレッシュ性状を目視により以下の4段階の評価点で判定する。

〈4〉ペーストが糸を引く(写真-2参照)。

〈3〉ペーストがやや糸を引く。

〈2〉ペーストは糸を引かないがやや粘りがある。

〈1〉粘りがなく、ぱさついてる

表-1 実験ケースと配合条件

実験ケース	配合NO.	水セメント比W/C (%)	目標空隙率(%)	使用粗骨材	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						放置条件	
					水W	セメントC	粗骨材G	細骨材S	高性能AE減水剤			
									種類	使用量		
1 骨材条件	1-1	25	25	4号	83	333	1478	—	標準型	2.66	湿润	
	1-2	25	25	5号	83	333	1487	—	標準型	2.66	湿润	
	1-3	25	25	6号	83	333	1482	—	標準型	2.66	湿润	
	1-4	25	23	5号	83	333	1456	82	標準型	3.76	湿润	
2 高性能AE減水剤の添加量	2-1	25	25	5号	83	333	1487	—	標準型	2.16	湿润	
	2-2	25	25	5号	83	333	1487	—	標準型	2.66	湿润	
	2-3	25	25	5号	83	333	1487	—	標準型	3.16	湿润	
	2-4	25	25	6号	83	333	1482	—	標準型	2.66	湿润	
	2-5	25	25	6号	83	333	1482	—	標準型	3.16	湿润	
3 高性能AE減水剤の種類と放置条件	3-1	25	25	5号	83	333	1487	—	標準型	2.66	湿润	
	3-2	25	25	5号	83	333	1487	—	標準型	2.66	乾燥	
	3-3	25	25	5号	83	333	1487	—	遲延型	2.16	湿润	
	3-4	25	25	5号	83	333	487	—	遲延型	2.16	乾燥	

表-2 材料物性

セメント	高炉セメント、比重 : 3.04、比表面積 : 3,830cm <sup>3</sup> /g
4号碎石	笠間産硬質砂岩、20–30mm、密度 2.67g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.47%
5号碎石	笠間産硬質砂岩、13–20mm、密度 2.67g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.48%
6号碎石	笠間産硬質砂岩、5–13mm、密度 2.67g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.72%
細骨材	大井川河床砂、0–1.2mm、密度 2.59g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 1.06%
高性能AE減水剤	標準型 : SP8HS、遅延型 : SP8HR

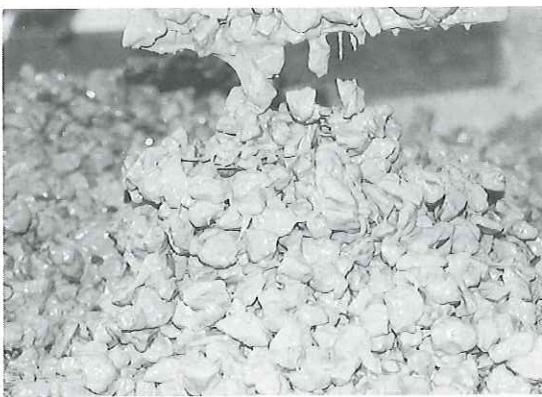


写真-2 ベーストが糸を引く状態

## (2) ベーストフロー試験

ポーラスコンクリートからセメントベーストを採取し、JIS A 5201 の方法によりフロー値を測定する。

## (3) ベースト落下量試験

受け皿を取り付けたフルイ目 10mm(6号碎石)に対してはフルイ目 5mm)、Φ20cm のフルイにポーラスコンクリートを約 2kg 採取し、振動を与えたときに落下するベースト量を測定する。

振動を与える装置として

は、現場で手軽に扱える装置としてフローテーブル (JIS A 5201、写真-3) と外面バイブレータ (振動板 12 × 15cm、振動数 9,000v.p.m、質量 3.5kg、写真-4) を選定した。

振動の与えかたは段階的に①振動を与えない段階、②フローテーブルにより 15 打の落下を与えた段階、③フローテーブルによりさらに 35 打(合計 50 打) の落下を与えた段階、④さらに外面バイブレータによる振動を試料上面から 5 秒間に与えた段階、⑤外面バイブレータによる振動をさらに 5 秒間(合計 10 秒間) 与えた段階、の計 5 段階とし、各段階ごとにベースト落下量を測定した。

## (4) 圧縮強度試験

Φ15×30cm の供試体を 2 本ずつ作成する。作成方法は 3 層に分けて試料を詰め、各層当たり突き



写真-3 フローテーブル



写真-4 外面バイブル

棒により 25 回の突き固めを行う。作成した供試体は上下をキャッピングした後に水中養生を行い、材齢 14 日後に圧縮強度試験を実施する。

これによって得られる圧縮強度をポーラスコンクリートのフレッシュ性状を評価するための指標とした。

### 3.3 空隙率測定試験

以下の 2 通りの方法によりポーラスコンクリートの空隙率を測定し、操作性と精度について比較した。なお、この比較試験は表-1 に示す 1-3 配合に対して実施した。

(1) 試験法 A : フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法 (JIS A 1128) に準拠し、エアメータ容器内に試料を詰める。次に試料の空隙に静かに水を注入し、水面が容器上縁に達した時点での注水量を測定する。次にエアメータの蓋を締め、空気量を測定する。注水量に相当する空隙を連続空隙率、これに空気量測定値を加えた値を全体空隙率とする。

(2) 試験法 B : (1) 同様に容器内に試料を詰めた段階で空隙に水を注水する。注水後に容器側面を木づちで叩き、試料内の気泡を追い出す。気泡が完全に出なくなった状態で、水面が容器上縁に達するまで注水を行い、注水量を測定する。この注水量に相当する空隙を全体注水量とする（ただし実際には空気を完全追い出すことは困難であるので、蓋を締め空気量も測定する）。

## 4. 実験結果

### 4.1 配合・環境条件がポーラスコンクリートのフレッシュ性状に与える影響

各実験ケースごとの、セメントペーストのフロー値と圧縮強度の経時変化を図-1~6 に示す。これより以下のことが明らかとなった。

- (1) フロー値、圧縮強度とともに時間の経過とともに下する傾向を示した。
- (2) 骨材条件の違いでは、5 号碎石と 4 号碎石とでは差異は認められなかった。6 号碎石を使用した配合のフロー値は小さいが、これは比表面積が大きいためにペースト厚が薄く、ペーストの採取に長時間を要したことが影響していると考えられる。また、細骨材を有する配合の強度がやや大きいが、これは細骨材によって空隙率が減少したためと考えられる。
- (3) 高性能 AE 減水剤の使用量を変化させたケースでは、添加量が多いほどフロー値が大きくなる傾向を示した。圧縮強度もフロー値が大きくなるほどやや増加する傾向を示したが、フロー値が大きいと、締固め時にペーストが分離する傾向が認められた。
- (4) 高性能 AE 減水剤の種類を、標準型と遅延型とで比較した結果では有意な差は認められなかった。これに対して放置条件の影響は顕著に現れており、経時変化については乾燥条件の影響が支配

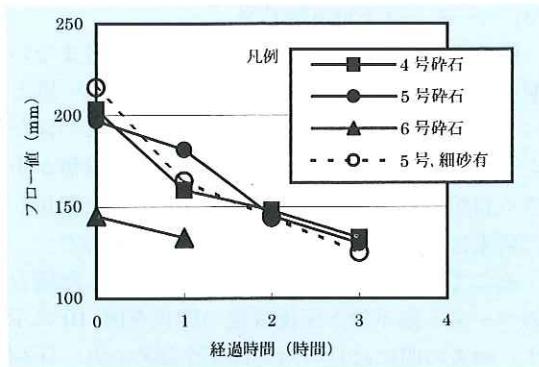


図-1 骨材条件とフロー値の関係(ケース1)

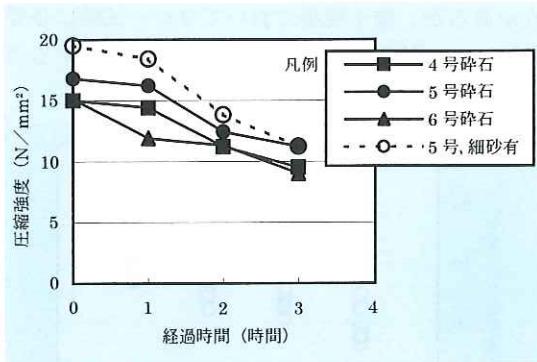


図-2 骨材条件と圧縮強度の関係(ケース1)

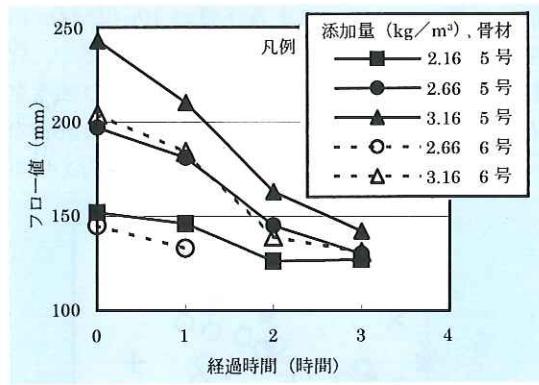


図-3 高性能AE減水剤の添加量とフロー値の関係(ケース2)

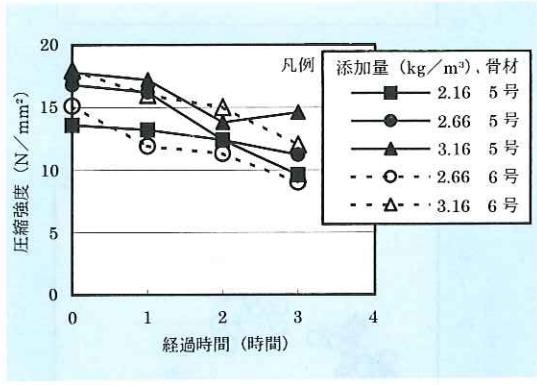


図-4 高性能AE減水剤の添加量と圧縮強度の関係(ケース2)

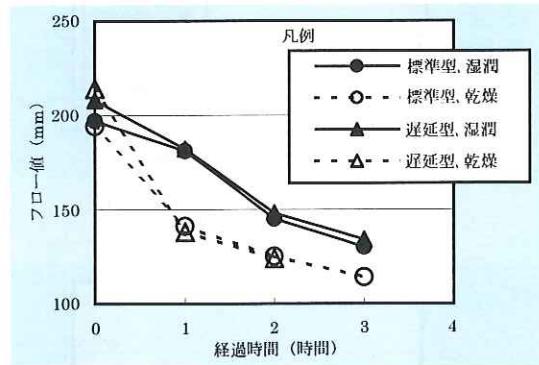


図-5 高性能AE減水剤の種類、放置条件とフロー値の関係(ケース3)

的であることが分かった。

#### 4.2 フレッシュ性状試験結果

##### (1) 目視による判定結果

目視による評価点と供試体の圧縮強度との関係を図-7に示す。これより、ポーラスコンクリートのフレッシュ性状の良否は目視によって判定できることが分かる。しかし、目視は主観的なものであり個人差があるため、これに代わる試験法の確立が必要である。

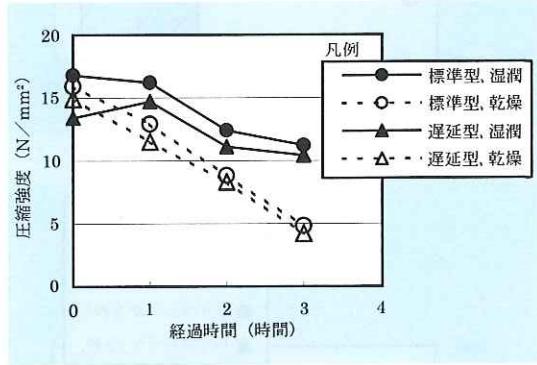


図-6 高性能AE減水剤の種類、放置条件と圧縮強度の関係(ケース3)

##### (2) ペーストフロー試験結果

セメントペーストのフロー値と圧縮強度の関係を図-8に示す。これより、圧縮強度はフロー値と良く対応している。フロー値が小さくなるにつれて圧縮強度は徐々に低下する傾向を示し、特にフロー値が150mm以下になると強度の低下傾向も大きくなっている。

このように、フロー値によってポーラスコンクリートのフレッシュ性状を適切に評価し得る可能

性があるが、施工現場においてフロー試験に必要なペースト量を採取し、フロー試験を実施するのには容易ではない。

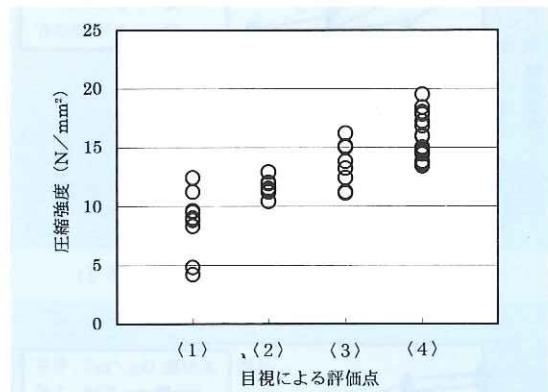


図-7 目視による評価と圧縮強度(無振動)

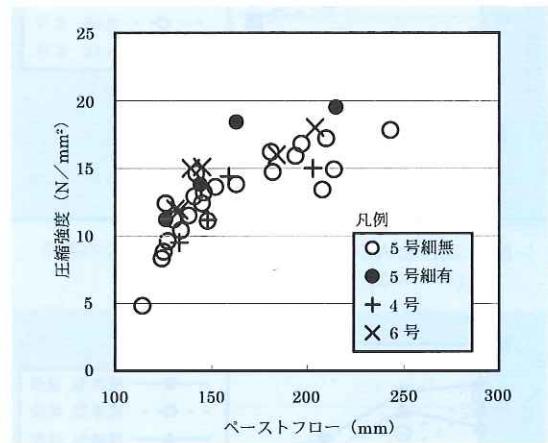


図-8 フロー値と圧縮強度の関係

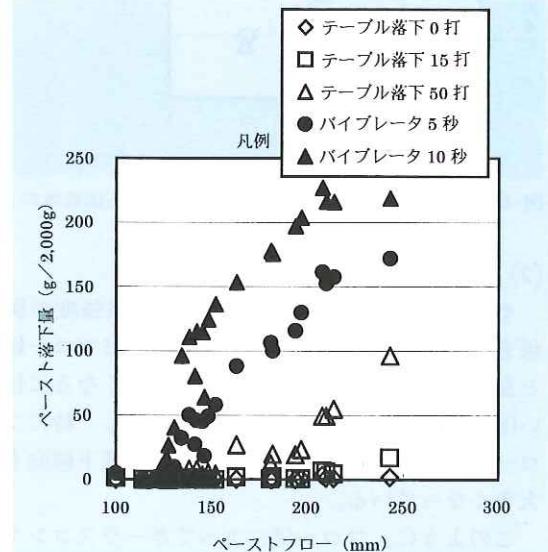
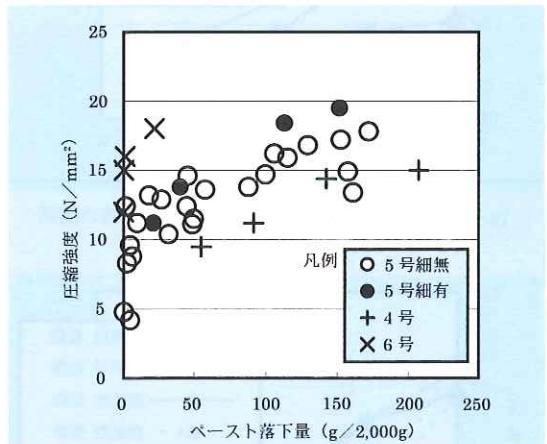
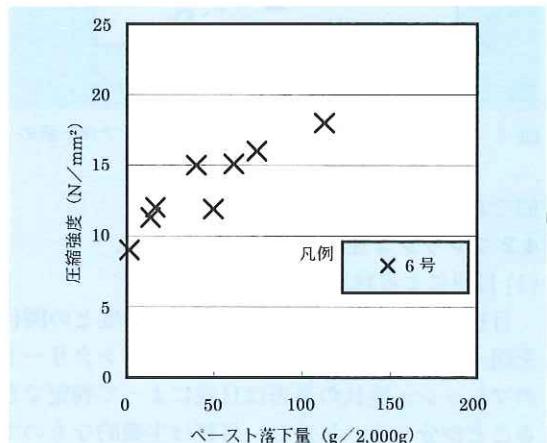


図-9 フロー値とペースト落下量の関係

### (3) ペースト落下量試験結果

粗骨材に5号碎石を使用し、細骨材を含まない配合について、セメントペーストのフロー値とペースト落下量との関係を図-9に示す。この図からテーブルフローの落下による試験結果は値が小さく判然としないが、外面バイブレータを使用した結果はフロー値と非常に良い対応を示した。

そこで、バイブレータを5秒間使用した場合のペースト落下量と圧縮強度の関係を図-10に示す。両者の間には良い対応関係が認められ、圧縮強度は、ペースト落下量の減少に伴ってほぼ直線的に低下し、ペースト落下量が10g/2,000g以下で大きく低下する結果となった。ただし、骨材の条件によって傾向が多少異なり、同じ強度を有するものであっても、4号碎石を用いた配合のペースト落下量はやや多く、逆に6号碎石を用い

図-10 ペースト落下量と圧縮強度の関係  
(バイブレータ 5秒)図-11 ペースト落下量と圧縮強度の関係  
(バイブレータ 20秒)

た配合のペースト落下量は極端に少ない結果となつた。

このため 6 号碎石を用いた配合については外面バイブレータによる振動時間を更に延長し 20 秒とした結果を図-11 に示すが、ペースト落下量と圧縮強度の間に良い関係が得られた。

以上のように、外面バイブルーラーを用い、ペースト落下量を求める試験によって、ポーラスコンクリートのフレッシュ性状を迅速かつ的確に評価し得ると考えられる。

#### 4.3 空隙率測定試験結果

試験法 A および B の試験結果を表-3 に示す。

試験法 A では静かに投入した水の質量から得られる連続空隙率は 21.9%、空気量測定値は 4.0% であり、全体空隙率は 25.9 % となつた。

一方、試験法 B では容器を叩いて空気を追い出したときの注水量から全体空隙率 24.9% を得たが、空気は完全には抜け切れてはおらず、空気量を測定した結果 0.8% が残留していた。このため全体空隙率は 25.7% と考えられる。

以上の結果から、試験法の違いによる全体空隙率の差は認められなかつた。試験法 B での気泡の追いだし作業が容易ではないことを考慮すると、試験法 A が優れていると考えられる。

表-3 空隙率試験結果 (1-3 配合)

試験法 A	連続空隙率	21.9%
	全体空隙率	25.9%
試験法 B	全体空隙率	24.9% + Air 0.8% = 25.7%

#### 5. まとめ

(1) ポーラスコンクリートのフレッシュ性状は骨材寸法や細骨材の有無、高性能 AE 減水剤の種類、添加量等によっても変化するが、練上がり後の時間の影響を受け、特に乾燥による影響が大きい。

(2) ポーラスコンクリートのフレッシュ性状を簡易に判定する方法として、外面バイブルーラーを使用し、振動によって落下するペースト量を測定する方法が適していると考えられる。

(3) ポーラスコンクリートの空隙率を簡易に測定する方法としては、エアメータの容器に試料を詰め、空隙に静かに注入した水量を測定し、さらに蓋をして空気量を測定する方法が適していると考えられる。

#### 6. おわりに

今回、ポーラスコンクリートのフレッシュ性状と空隙率を現場到着時に簡易に測定する方法を提案した。今後は実際の施工現場等で同試験法の適応性と精度を検証していくとともに、評価基準を確立していく必要がある。

また、ポーラスコンクリートは乾燥による影響を強く受け、また部分的な品質のバラツキも大きいため、施工にあたっては特に入念な施工管理が望まれる。

#### 参考文献

- 岡本享久、安田登、増井直樹、佐藤文則：ポーラスコンクリートの製造・物性・試験方法、コンクリート工学、Vol.36, No.3, 1998.3

片平 博\*



建設省土木研究所  
材料施工部  
コンクリート研究室研究員  
Hiroshi KATAHIRA

河野広隆\*\*



同 コンクリート研究室長  
Hirotaka KAWANO