コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, 2001

論文　ポーラスコンクリートのフレッシュ時における品質管理方法

田中博一*1・栗田守朗*2・江渡正満*3・戸栗智仁*4

要旨：ポーラスコンクリートのフレッシュ時における性状を把握する試験方法を検討した。現場の施工管理への適応性を考慮し，フレッシュ時の性状を定量的に把握でき，かつ原理が比較的単純で迅速に実施できることを目標とした。その結果，ポーラスコンクリートに紙タオルをあてた後，振動を加えて紙タオルにモルタルを付着させ，その付着したモルタル量を測定する方法（モルタル付着試験）により，フレッシュ性状を把握できることを示し，振動時間，試料量，単位水量の増減量等を要因とした実験を実施し，その特性を明らかにした。

キーワード：ポーラスコンクリート，フレッシュ性状，品質管理，施工管理

1. はじめに

ポーラスコンクリートは，連続した空隙を有する多孔質なコンクリートであり，その空間を活かし，環境負荷を低減したり，動植物との調和を可能とすることを期待されており[1]，植生基盤材[2]，排水性舗装材[3]，吸音材，水質浄化材[4]等への適用が検討されている。筆者らは，植物の生育が可能なポーラスコンクリートについての研究[5]を行い，レディーミクストコンクリート工場で製造できて場所打ち施工が可能なポーラスコンクリートを開発し，いくつかの現場にも適用している[6]。

現場へ適用する場合，良好な性状のポーラスコンクリートを安定して供給する必要がある。ポーラスコンクリートは，単位粗骨材量が多いので，粗骨材の表面水の変動に伴う単位水量の増減に大きく影響を受ける。単位水量が増加する場合，締固め時に接合材（モルタルあるいはセメントペースト等）がだれて空隙が目詰まりすることが考えられる。一方，単位水量が減少する場合，接合材が硬くなり圧縮強度が低下する可能性がある[8]。そのためにフレッシュ性状を的確に評価する方法を確立する必要がある。

ポーラスコンクリートのフレッシュ性状を評価する試験方法としては，「セメントペーストフロー試験」がある[7]。しかし，筆者らが開発したポーラスコンクリートは，締固め時にだれることを抑制するために硬練りとしているため，粗骨材と接合材を分離させることが困難であり，この方法は適用できない。このため，フレッシュ性状を評価する別の方法を検討する必要が生じた。

上記の試験方法以外でフレッシュ性状を評価するために予備的な実験を行った。現場の施工管理への適応性を考慮し，定量的に評価でき，かつ原理が比較的単純で迅速に測定できることを目標とした。その結果，ポーラスコンクリートに紙タオルをあて，振動を加えてモルタルを付着させ，付着前後の紙タオルの質量差を測定する方法（以下モルタル付着試験）が有効である可能性が示された。そこで，モルタル付着試験によるフレッシュ性状の評価方法を確立する目的で，単位水量の増減量，振動時間，試料量等を要因とし実験的検討を実施した。

*1 清水建設(株)技術研究所土木研究開発部　工修（正会員）
*2 清水建設(株)技術研究所土木研究開発部　主任研究員　工修（正会員）
*3 清水建設(株)土木本部技術第1部　主査　工博（正会員）
*4 清水建設(株)土木本部技術第1部　（正会員）

2. 実験概要

2.1 モルタル付着試験の測定手順

試験の手順は，図ー1に示すように底面に紙タオルを設置した容器にポーラスコンクリートを投入し，上面にも紙タオルを設置した後，コンクリート上面全体を覆う大きさの合板を設置した上から振動機を用いて振動を与えて紙タオルにモルタルを付着させ，付着前後の紙タオルの質量差を求める。1回の試験につき，上面および下面について3回ずつ測定を行い，その平均値をモルタル付着量とした。

2.2 測定器具

測定器具はなるべく簡単に入手できることを考慮し，試料を投入する容器はJIS A 1128に規定されている空気量を測定する容器を用い，紙タオルはたて38cm×よこ33cm×厚さ0.5mmのK社製のものを4つ折にして用い，振動機は型枠振動機（9000～10000vpm）を用いた。

2.3 要因と水準

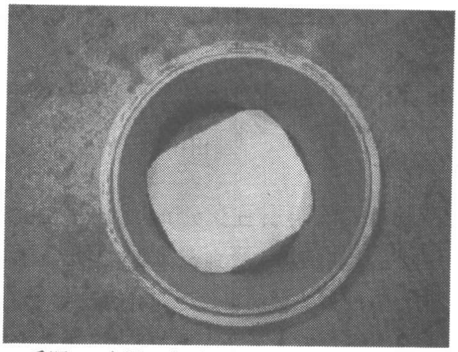
表ー1に実験の要因と水準を示す。試料量は，エアメータの容積の約30%，50%，100%程度になるように設定した。また，ポーラスコンクリートが粗骨材の表面水の変動により，その性状に大きく影響を受けることを考慮し，単位水量を増減させた。今回の実験では，降雨等の影響により考えられる粗骨材の表面水の変動が大きくても1.0%程度であることを考慮し，単位水量の増減量を単位粗骨材量の0.5%および1.0%とした。

2.4 使用材料

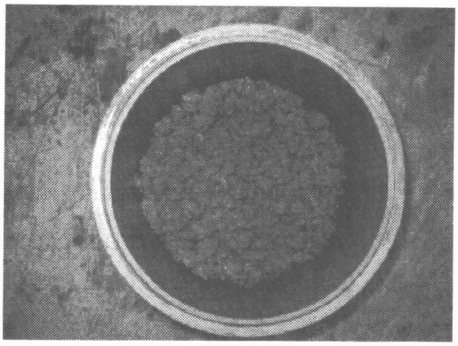
セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm^3），細骨材は，千葉県万田野産の山砂（表乾密度：2.62g/cm^3），粗骨材は，東京都青梅産の硬質砂岩砕石（表乾密度：2.67g/cm^3，粒径5～20mm），混和剤は，オキシカルボン酸系のAE減水剤を使用した。

2.5 配合

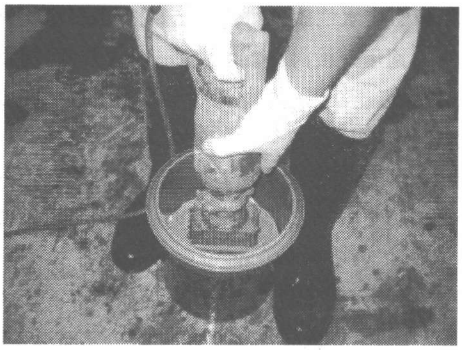
配合を表ー2に示す。配合上の全空隙率を21%，水セメント比（W/C）を30%，モルタル粗骨材容積比（m/g）を36.4%とした。なお，



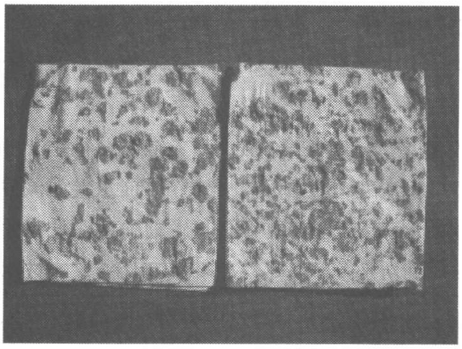
手順1：容器の底面に紙タオルを設置する。



手順2：試料を投入し，上面にも紙タオルを設置する。



手順3：振動機を用いて振動を加える。



手順4：モルタル付着前後の紙タオルの質量差を測定する。

図ー1 モルタル付着試験の手順

本配合は，締固め時に振動を与えた場合，だれるのを抑制するために細骨材を使用しているところに特徴がある。

単位水量を増減する場合は，単位粗骨材量の1.0%（15.46kg/m³）および0.5%（7.73kg/m³）に相当する水量を増減させた。

2.6 測定項目

(1) モルタル付着量

モルタル付着量は2.1に示す方法により，上面および下面に設置した紙タオルのモルタル付着前後の質量差を0.1gまで測定した。1回の試験で測定を3回行い，その平均値をモルタル付着量とした。

(2) 圧縮強度

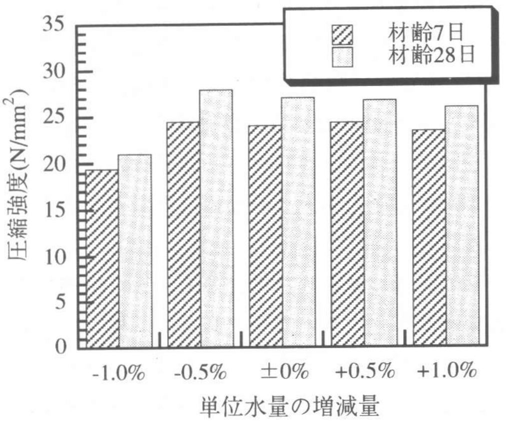
供試体は，形状をφ10×20cmの円柱とし，あらかじめ算定した型枠容積分の質量のコンクリートを計量し，ほぼ等しい3層にわけて突き棒により各層10回程度突き，3層目を突いた後，型枠振動機（9000～10000vpm）を用いて打込み面が平坦になるまで5秒間程度締め固め，各材齢につき3本ずつ作製した。材齢1日で脱型し，所定の材齢まで20℃の水中で養生した。圧縮強度試験は，JIS A 1108に準拠し材齢7日および28日で実施した。なお，両端面はキャッピングを行った。

表－1 実験の要因と水準

要因	水準
振動時間	3秒，5秒，10秒
試料量	3kg，5kg，10kg
単位水量の増減量	単位粗骨材量に対し，-1.0%，-0.5%，±0%(基準)，+0.5%，+1.0%

表－2 配合

全空隙率(%)	W/C (%)	m/g (%)	単位量(kg/m³)				AE減水剤 (C×%)
			W	C	S	G	
21	30	36.4	85	284	94	1546	0.25



図－2 単位水量の増減量と圧縮強度の関係

3. 結果および考察

3.1 単位水量の増減が圧縮強度に及ぼす影響

図－2に単位水量の増減量と材齢7日および28日における圧縮強度の関係を示す。

単位水量の増減量が単位粗骨材量に対し－0.5%～＋1.0%の範囲では，材齢7日，28日ともに圧縮強度はほぼ一定であるが，単位水量の増減量が－1.0%の場合では，圧縮強度が基準（増減量±0%）と比較し，材齢7日，28日ともに20%程度低下した。一方，単位セメント量を一定としているので，水セメント比は単位水量が増加するのに伴い増加し，単位水量の増減量が－1.0%で24.5%，－0.5%で27.2%，＋0.5%で32.7%，＋1.0%で35.4%になった。

以上の結果から，単位水量が単位粗骨材量の1.0%（15.46kg/m³）まで増加する場合でも，水セメント比に関わらず，圧縮強度は低下しないが，単位水量が単位粗骨材の1.0%程度減少した場合は，圧縮強度が20%程度低下することが明らかになった。圧縮強度が低下するのは，水セメント比の影響ではなく，単位水量が減少することにより，モルタルが著しく硬くなり，締固め時に振動を加えてもモルタルが流動せず，粗骨材同士の接点におけるモルタル量が少なくなるためと考えられる。

3.2 モルタル付着量

(1) 単位水量の増減の影響

図－3に単位水量の増減量とモルタル付着量

の関係を示す。単位水量の増減量とモルタル付着量は相関性が高く，基準（増減量±0%）と比較し，単位水量が増加するに伴いモルタル付着量は増加し，単位水量が減少するに伴いモルタル付着量は減少している。このことから，モルタル付着量により単位水量の増減によるフレッシュ性状の変動を定量的に評価できることが示された。また，単位水量の増減量が＋1.0%の場合，振動を与えた際に粗骨材周囲のモルタルがだれて空隙が目詰まりする傾向が目視観察により認められた。

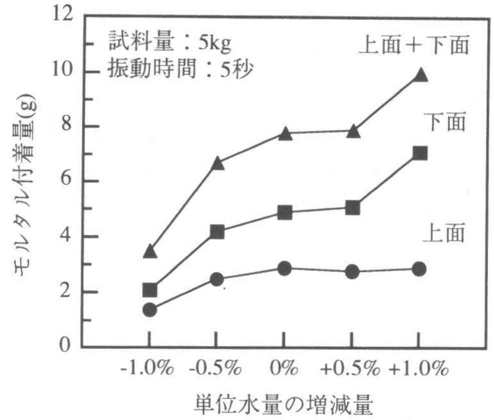
上面と下面を比較すると，上面より下面の方がモルタル付着量が大きく，単位水量が増減した場合のモルタル付着量の変動量も大きくなった。上面より下面のモルタル付着量が多くなるのは，測定時に振動を加えると流動性が高くなりモルタルが下面の方に移動すること，下面の方がポーラスコンクリートの自重分だけ紙タオルにかかる圧力が大きくなることなどが考えられる。

単位水量の増減した場合のモルタル付着量の変動幅がより大きい方がフレッシュ性状の変動を評価しやすいと考えられるので，モルタル付着量は上面と下面の紙タオルの質量差の和として求めることとした。

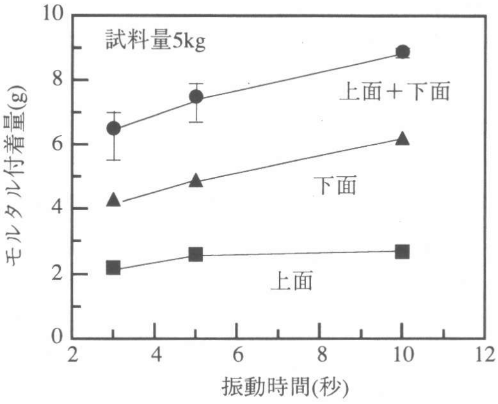
(2)　振動時間の影響

図－4に振動時間とモルタル付着量の関係を示す。なお，上面＋下面については，3回の測定の平均値の他に最少値および最大値を示している。

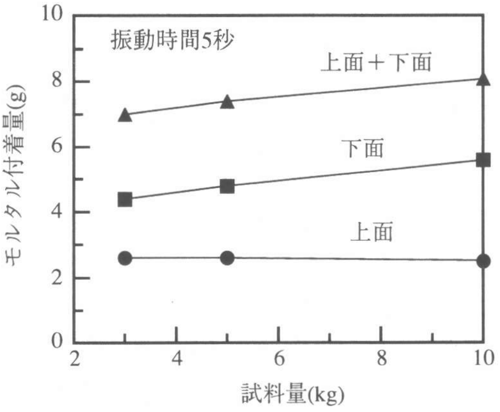
振動時間が長くなるほど，上面，下面および上面＋下面のいずれの場合においても，モルタル付着量はほぼ直線的に増加した。振動時間の増加に伴うモルタル付着量の増加は，上面ではわずかであり，下面において顕著であった。これは，振動時間が長くなるほど，粗骨材に付着したモルタルが流動し下部に集中するためと考えられる。また，振動時間が長くなるほど，3回の測定値の最大値と最小値の幅が小さくなりばらつきが小さくなった。



図－3　単位水量の増減量とﾓﾙﾀﾙ付着量の関係



図－4　振動時間とモルタル付着量の関係



図－5　試料量とモルタル付着量の関係

振動時間が長いほど試験のばらつきは小さくなる反面，試験時間が長くなること，また，振動時間5秒の場合で最大と最小の差が1.0g程度であることを考慮し，モルタル付着試験の振動時間は5秒間とすることとした。

(3) 試料量の影響

図－5に試験に用いる試料量とモルタル付着量の関係を示す。試料量が増加するに伴い，モルタル付着量はほぼ直線的に増加したが，その差は最大で1.1gとそれほど大きくないので，試料量がモルタル付着量に及ぼす影響は小さいと考えられる。

上面と下面を比較すると，上面は試料量によらずほぼ一定であり，下面は試料量が大きくなるほどモルタル付着量が増加した。これは，試料量が大きくなる程，下面の紙タオルにかかる力がポーラスコンクリートの自重の分だけ大きくなるためと考えられる。

試料量がモルタル付着量に及ぼす影響が小さいことが明らかになったので，モルタル付着試験の試料量はエアメーターの容積の半分を目安とした5kgとすることとした。

3.3 モルタル付着量と圧縮強度の関係

図－6に単位水量が増減した場合のモルタル付着量と材齢28日の圧縮強度の関係を示す。

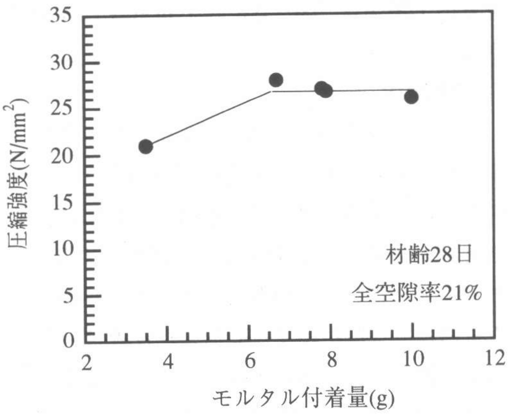
今回の検討範囲では，モルタル付着量が7g～10g程度では，圧縮強度はほぼ一定であり，7gより小さくなると圧縮強度が低下する傾向が認められた。ただし，使用材料あるいは配合等により，モルタル付着量と圧縮強度の関係は変化することが考えられるので，モルタル付着量の許容値は実際に使用する材料および配合により製造した試料を用いて設定する必要がある。

4. モルタル付着試験

以上の検討結果から得られた「モルタル付着試験」の試験方法の詳細を以下に示す。

4.1 測定手順

1）下面に設置する紙タオルの質量を0.1gまで測定する。



図－6 モルタル付着量と圧縮強度の関係

2）空気量を測定する容器の底に1）の紙タオルを設置する。

3）ポーラスコンクリートを5kg計量し，紙タオルを設置した容器に投入する。

4）上面に設置する紙タオルの質量を0.1gまで測定する。

5）4）の紙タオルを3）のポーラスコンクリート上に設置し，その上にコンクリート表面全体を覆う大きさの合板を設置する。

6)合板の上から型枠振動機を用いて5秒間振動を加える。

7）振動を加えた後，2枚の紙タオルを取り出し，質量を0.1gまで測定する。

4.2 測定結果

モルタル付着量は，上下面に設置した2枚の紙タオルの付着前後の質量差の和とする。なお，1回の試験につき3回の測定を行い平均値を求める。

4.3 モルタル付着量の許容値の考え方

現場の施工管理におけるモルタル付着量の許容値の考え方を以下に示す。

(1)下限値

モルタル付着量の下限値は，圧縮強度の許容下限値から設定する。例えば，今回の実験において，圧縮強度の許容低下値を基準（単位水量の増減±0kg/m^3）の90%とすると，モルタル付

着量の下限値は，図ー6より5.5g程度に設定できる。

(2)上限値

モルタル付着量の上限値は，粗骨材周囲に付着したモルタルがだれて空隙が目詰まりしない程度に設定する。例えば，今回の実験では，単位水量が単位粗骨材量の1.0%増加した場合，モルタルがだれて空隙が目詰まりする傾向が認められた。したがって，モルタル付着量の上限値は，図ー3より10.0g程度に設定できる。

以上より，今回の実験の範囲では，モルタル付着量の許容範囲は，5.5g～10.0gとなった。なお，モルタル付着量は，使用材料および配合により変動する可能性があるので，モルタル付着量の許容値は実際に使用する材料および配合により製造した試料を用いて設定する必要がある。

5. まとめ

ポーラスコンクリートのフレッシュ性状を評価する目的でモルタル付着試験を提案し，その試験方法を確立するために実験的検討を行った。以下に、本実験の範囲で得られた結果を示す。

(1)ポーラスコンクリートは，粗骨材の表面水の変動に伴う単位水量の増減により，大きく影響を受ける。単位水量が増加する場合，締固め時に空隙が目詰まりすることがある。一方，単位水量が減少すると，圧縮強度が低下する傾向が認められた。本実験の範囲では，単位水量が単位粗骨材量の1.0%(15.46kg/m^3)減少した場合，圧縮強度が基準（増減量±0kg/m^3）に対し約20%低下した。

(2)単位水量を増減させてモルタル付着試験を実施した結果，モルタル付着量によりフレッシュ性状の変動を評価できることが明らかになった．

(3)モルタル付着試験について，振動時間を長くするほどモルタル付着量は大きくなり，かつ3回の測定値のばらつきも小さくなった。

(4)モルタル付着試験について，本実験の範囲では，試料量がモルタル付着量に及ぼす影響は小さい。

(5)モルタル付着試験の試験方法および許容値の設定に対する考え方を示した。

参考文献

1）玉井元治：地球環境とコンクリートーポーラスコンクリート，エココンクリートのはたす役割ー，セメント・コンクリート，No.619，pp.1-9，1998.9

2）近藤三雄：河川環境とコンクリート空間緑化のあり方を考える，セメント・コンクリート，No.634，pp.1-6，1999.12

3）下山善秀・梶尾聡・野田悦郎：透・排水性コンクリート舗装の現状と課題，月刊生コンクリート，Vol.19，No.6，pp.28-35

4）林正浩・水口裕之・上月康則・宮川恒夫：ポーラスコンクリートの水質浄化機能に及ぼす高炉スラグおよびゼオライトの効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.1，pp.253-258，1999

5）田中博一・今井実：緑化コンクリートの強度特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.1，pp.283-288，1999

6）田中博一・上野久・中野慎一・栗田守朗：場所打ち緑化コンクリートの河川護岸への適用，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.22，No.2，pp.1231-1236，2000

7）柳橋邦生・米澤敏男・安藤慎一郎・楠田建夫：倉吉オヶ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，Vo137，No.2，pp.30-34，1999.2

8）田中博一・上野久・中野慎一・萩原運弘・栗田守朗：河川護岸における場所打ちポーラスコンクリートの施工，土木学会第55回年次学術講演会講演概要集，V-243，2000.9