

委員会報告 ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会の活動

玉井元治^{*1}・水口裕之^{*2}・畑中重光^{*3}・片平博^{*4}・国枝稔^{*5}・中澤隆雄^{*6}・柳橋邦生^{*7}

要旨：本研究委員会は、土木・建築の両分野で進められているポーラスコンクリートに関する研究および技術開発の成果を、環境負荷低減分野、生物共生分野さらには耐久性に着目して系統的に取りまとめるとともに、ポーラスコンクリートの製造・施工指針（案）を提案した。さらには、ポーラスコンクリートの乾湿繰返し及びウォッシュアウトに対する抵抗性を確認する共通試験を実施し、乾湿繰返しについては試験方法（案）を提案した。また、エココンクリート研究委員会から提案されたポーラスコンクリートの各種試験方法を一部修正するとともに、新たな試験方法を提案した。

キーワード：ポーラスコンクリート、製造・施工、環境負荷低減、生物共生、耐久性

1. はじめに

ポーラスコンクリートはエココンクリートの1つとして、様々な適用が検討されている¹⁾。近年、ポーラスコンクリートに関する研究や製造、施工例が多くなってきたが、それぞれの機関において独自に進められているものが多く、ポーラスコンクリートの設計・施工法に関するガイドラインの作成が望まれている。

本研究委員会は、平成13年～平成14年度にかけて、土木・建築の両分野で進められているポーラスコンクリートに関する研究および技術開発の成果を系統的に取りまとめることを目的に、以下の5つの課題に関する調査・研究成果を「ポーラスコンクリートの設計・施工方法に関する委員会報告書²⁾」として取りまとめた。

- (1)ポーラスコンクリートの製造、設計、施工の現状と製造・施工指針（案）の作成
- (2)ポーラスコンクリートの環境負荷低減分野への適用事例の調査
- (3)ポーラスコンクリートの生物共生分野への

適用事例の調査

- (4)ポーラスコンクリートの耐久性に関するデータ収集と共通試験の実施
- (5)ポーラスコンクリートの各種試験方法（案）の提案

本報告では、委員会報告書²⁾をもとに、ポーラスコンクリートの製造・施工指針（案）を紹介する。また、環境負荷低減分野及び生物共生分野における適用事例、さらには、ポーラスコンクリートの耐久性に関する研究の現状と今後の課題についても紹介する。最後に、新たに提案されたポーラスコンクリートの各種試験方法の特徴とその要点について述べる。

2. 委員会活動

本委員会の構成を表-1にまとめる。本研究委員会では、前節(1)から(5)の内容について、以下のWGを設置し、活動を行った。

- (1) 製造・施工 WG：片平博主査（土木研究所）
- (2) 環境負荷低減 WG：中澤隆雄主査（宮崎大）

*1 近畿大学教授 理工学部社会環境工学科 工博（正会員）
 *2 徳島大学教授 工学部建設工学科 工博（正会員）
 *3 三重大大学教授 工学部建築学科 工博（正会員）
 *4 土木研究所 構造物マネジメント技術チーム（正会員）
 *5 岐阜大学助手 工学部社会基盤工学科 工博（正会員）
 *6 宮崎大学教授 工学部土木環境工学科 工博（正会員）
 *7 竹中工務店 技術研究所（正会員）

表-1 委員構成

委員長 ：玉井 元治（近畿大学）
副委員長 ：水口 裕之（徳島大学）、畑中 重光（三重大学）
幹事 ：片平 博（土木研究所）、国枝 稔（岐阜大学）、中澤 隆雄（宮崎大学）、柳橋 邦生（竹中工務店）
委員 ：浅野 嘉津真（佐藤道路）、石川 嘉崇（電源開発）、伊藤 康司（全国生コン工組連合会）、宇田川 義夫（フジタ、前 先端建設技術センター）、加形 護（鹿島道路）、梶尾 聡（太平洋セメント）、金子 文夫（大成建設）、鈴木 秀男（東亜建設工業）、田中 博一（清水建設）、出村 克宣（日本大学）、長岡 誠一（住友大阪セメント）、長谷川 拓哉（建築研究所）、舟橋 政司（前田建設工業）、堀口 剛（ネオジャグラス）、村田 浩三（宇部三菱セメント）、村田 芳樹（セメント協会）、山路 徹（港湾空港技術研究所）、湯浅 幸久（三重県科学技術振興センター）
通信委員 ：天羽 和夫（阿南高専）、大谷 俊浩（大分大学）、杉山 雅（北海学園大学）、張 日紅（和光コンクリート工業）、徳重 英信（秋田大学）、村上 聖（熊本大学）、Zouaghi Abderrazak（共和コンクリート工業）、朴 承範（忠南大学校）、D. Van Gemert（Katholieke Universiteit, Leuven）
事務局 ：松田隆（日本コンクリート工学協会）

表-2 開催されたシンポジウムの概要

第1回 ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム 日時：平成 14 年 5 月 29 日 場所：あいおい損保新宿ホール 参加者数：201 名 内容：委員会中間報告、特別講演（2 件）及び論文発表（24 件） 出版物：「ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム 委員会中間報告書・論文集（190 ページ、定価：6300 円、会員価格：5670 円）」
第2回 ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム 日時：平成 15 年 5 月 8 日 場所：あいおい損保新宿ホール 参加者数：227 名 内容：委員会報告、特別講演（1 件）及び論文発表（24 件） 出版物：「ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会委員会報告書（231 ページ、定価：7350 円、会員価格：6510 円）」 「ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム論文集（162 ページ、定価：3150 円、会員価格：2730 円）」

- (3) 生物共生 WG：柳橋邦生主査（竹中工務店）
- (4) 耐久性 WG：水口裕之主査（徳島大）
- (5) 試験方法 WG：国枝稔主査（岐阜大）

年 5 月 8 日には第 2 回シンポジウムを開催した。開催したシンポジウムの主な内容を表-2 に示す。

収集された情報や今後の方向性について、広く会員に情報提供する目的で、活動の 1 年目（平成 13 年度）には中間報告書を取りまとめ、第 1 回シンポジウムを開催した。さらに、活動の 2 年目（平成 14 年度）には、調査結果をふまえ共通試験を実施するとともに、製造・施工指針（案）の作成などを中心とした活動を行い、平成 15

3. 各 WG の活動の成果

3.1 製造・施工 WG

提案されたポーラスコンクリートの製造・施工指針（案）の主な内容を表-3 に示す。ポーラスコンクリートに使用されている材料やポーラスコンクリートのフレッシュ性状、強度等の

表-3 ポーラスコンクリートの製造・施工指針（案）の概要

1 製造方法

1.1 材料

- (1)セメント：普通ポルトランドセメント，早強ポルトランドセメント，高炉セメント等を使用する。
- (2)水：通常の水と同等の規準を満足する水を使用する。
- (3)骨材：粗骨材は空隙率確保のため，単一粒度が望ましい（例：緑化用途－5号碎石，舗装用途－6号碎石）細骨材は使用しないか，または少量の普通砂，細目砂を使用する。
- (4)混和剤：水セメント比を低く設定する場合には高性能A E減水剤等を使用する。
- (5)混和材：ポーラスコンクリートに与える影響を十分に把握したうえで使用する。

1.2 配(調)合

(1)配合条件の設定

- 1)空隙率と空隙径：ポーラスコンクリートにとって最も重要な条件であり，要求に見合った空隙率・径が得られるように，骨材径等を選定する。
- 2)設計基準強度の設定：強度は空隙率と密接に関係するために，用途に応じて適切に設定する。
- 3)配合強度：設計基準強度に品質のバラツキを上乗せして設定する。
- 4)耐久性：一般のコンクリートに比較してやや劣るので，低水セメント比で設計する。
- 5)コンシステンシー：配合や施工の条件によって適切なコンシステンシーの範囲が異なるので条件を配慮して設定する。

(2)配合計算の手順

- ①粗骨材量の決定，②空隙率に応じたモルタル量の設定，③細骨材量の決定，④単位水量およびセメント量の決定，⑤混和剤量の決定の順に行うことを標準とする。

1.3 練混ぜ

- (1)材料の貯蔵：ポーラスコンクリートは単位水量が少なく，骨材の使用量が多いので，骨材の表面水が安定するように配慮する。
- (2)材料の計量：1回の練混ぜ量が粗骨材計量器の容量やミキサーの負荷から制限される場合がある。
- (3)練混ぜ：練混ぜ効率の良いミキサーを使用し，練混ぜ方法について事前に確認を行う。
- (4)運搬：ダンプトラックまたはアジテータ車で運搬する。

2 現場打ち

2.1 河川護岸

- (1)現場内運搬：バックホウ，クレーン，ベルトコンベア，人力等で行う。
- (2)打込みおよび締固め：バックホウ，振動コンパクタ等の使用実績があり，施工中の乾燥に留意する。
- (3)養生：十分な湿潤養生を行う。

2.2 道路舗装

- (1)現場内運搬，打込みおよび締固め：主にアスファルトフィニッシャーを使用する。転圧には必要に応じて振動ローラやタイヤローラを使用する。小規模な場合は振動コンパクタ，ランマ等を使用する。乾燥に留意し，迅速に作業を行う。
- (2)養生：十分な湿潤養生を行う。

3 工場製品

- (1)成型：練混ぜまでの作業は1.1～1.3に従う。締固めはモルタルの分離が生じないように，振動時間等を適切に設定する。また，コテ仕上げは困難なため，表面仕上げに留意する。
- (2)養生：十分な養生を行う。蒸気養生では急速な温度変化を与えないよう配慮する。
- (3)脱型，運搬，現地施工：角欠け等に注意する。



図-1 バックホウを用いた荷卸しの例



図-3 舗装への適用例



図-2 自動化された施工の例



図-4 水質浄化への適用例

基本性状および施工方法（図-1, 2, 3 参照）を調査し反映させたものであり、河川護岸、舗装および二次製品を対象としたポーラスコンクリートの製造・施工指針（案）である。

3.2 環境負荷低減 WG

ここでは、ポーラスコンクリートが有する透水・排水・保水性能、水質浄化性能、吸音性能、温熱性能、調湿・吸着性能ならびにこれらの性能を積極的に活用した環境負荷低減分野での適用例を示す。

(1) 透水・排水・保水性能

透水・排水・保水性能は、車道・歩道・公園・建物外構などの舗装および雨水浸透型流出抑制施設（浸透トレンチ、浸透柵、浸透側溝など）や緑化基盤などで活かされている。特に舗装分野においては、1985 年頃から建物外構舗装、歩道、展示会場広場などに 500 万㎡以上の適用実



図-5 高速道路用吸音版への適用例

績があり、透水性・フルデプス型が多く適用されている（図-3 参照）。また、中・重交通路では排水性・複合型の適用が、重交通路線の高速道路料金所では、車輛の発進・停止の繰返しに対応すべく高い耐流動性・耐摩耗性・耐油性とともに排水機能を有するポーラスコンクリートを連続鉄筋コンクリート版上に付着一体化した複合型舗装の適用がなされている。その他、景観性・プレキャスト化による構造部材としての



図-6 屋上緑化への適用例

適用等の検討もなされている。雨水の一時貯留や地下への還元には、公園・住宅地・公共建築物外構などに使用される浸透トレンチ・浸透柵・浸透側溝などの製品にポーラスコンクリートが用いられている。

(2) 水質浄化性能

近年、都市部の河川、湖沼や大都市近辺の閉鎖性海域において、流入する生活排水や工場排水による水質汚染が著しく、環境破壊が問題化している。ポーラスコンクリートによる水質浄化は1種の礫間接触酸化法であり、内部まで連続した空隙を有するため多様な生物相が形成されることによって、生物による水質浄化機能が付加される。したがって、ポーラスコンクリートを河川護岸や沿岸域に適用すれば、微生物をはじめとする様々な生物相による水質浄化が期待できる（図-4 参照）。

適用例の1つとして、曝気装置を内包するポーラスコンクリートブロックによる水路浄化の例があり、窒素、リンなどの吸収も期待されている。また、礫間接触酸化法による生物浄化や、水質浄化を兼ね多様な生物が集まるビオトープとしての施設も作られている。

(3) 吸音性能

多孔質材料は、優れた吸音機能を有しており、古くから吸音材料として用いられてきている。ポーラスコンクリートも多孔質材料の1つであり、従来は遮音効果しか期待できなかったコンクリート製品に吸音効果を保持させるべく、ポ

ーラスコンクリート製プレキャスト吸音板の開発も積極的に行われている。防音壁、高架裏面、トンネル内部に設置する吸音材として実用化が進みつつある（図-5 参照）。

(4) 温熱性能

ポーラスコンクリートの温熱性能とは、熱的要素に関して環境を緩和・向上する性能をいう。ポーラスコンクリートの温熱性能に関する研究は緒に就いたばかりである。また、ポーラスコンクリートの温熱性能に関する施工事例については試験施工から実施工物件に移行する段階にあり、事例としては舗装関連および屋上緑化に関していくつか見受けられるのみである（図-6 参照）。

(5) 調湿・吸着性能

ポーラスコンクリートにおいては、骨材自体の吸湿性、空隙量、空隙内表面性状、バインダー特性等の影響が大きいとされており、使用する骨材やバインダー、調合等の調整により、優れた調湿性能とすることも可能であり、調湿性が必要な建設物への活用が考えられる。

ポーラスコンクリートは表面積が大きいので、骨材や結合材に SO_x 、 NO_x 等を吸着させる材料（例えばゼオライト）を用いることで大気中の有害ガスを吸収し無害化できる吸着性能を有している。また、酸化チタン等の光触媒を塗布することで、有害ガスを酸化させ、固定化または無害化をさらに促進させることができる。

3.3 生物共生 WG

ここでは、ポーラスコンクリートが有する緑化性能、昆虫・動物棲息性能、海生生物、微生物に着目した生物共生分野での適用例を示す。

(1) 緑化性能

図-7 に示すように、ポーラスコンクリートに植物を生長させる場合、根の伸長空間の確保、有効保水量の確保、環境条件や施工方法によっては、溶出アルカリ量の低減、肥料成分の保持が必要と考えられる。

根の伸長空間の確保については、現時点での

推奨値は、初期から植生を期待する場合の連続空隙率で 25%以上、長期的な植生を期待する場合の連続空隙率で 21%以上、植生の可能な連続空隙率で 18%以上とした。また、空隙の大きさを左右する使用骨材は、4~6 号碎石、20~05mm, 20~15mm, 25~15mm が適用可能である。

有効保水量の確保に関しては、ポーラスコンクリートそのものの有効保水量は低いため、補助的にポーラスコンクリートの空隙部分に保水性材料の充填か、表層に覆土を行って保水性の向上を図ることが望ましい。

蒸気養生を行う 2 次製品では必要はないが、現場打設後短期間で張芝を行うような場合は、アルカリ溶出量の低減を図ることが望ましい。具体的には、潜在水硬性やポゾラン反応によるアルカリ分の消費が期待できる高炉セメントやフライアッシュセメントなどの混合セメントを利用する方法や、普通ポルトランドセメントを使用して、水中や気中で一定期間馴致期間を置く方法、普通ポルトランドセメントを使用して、蒸気養生を行う方法、ポーラスコンクリートの硬化後に中和処理を行う方法などが考えられる。

肥料成分の供給については、植物に必要な窒素、リン、カリウムといった栄養素は、ポーラスコンクリートにほとんど含まれていないため、固形や液体の肥料を用いて施肥することが望ましい。

(2) 昆虫・動物棲息性能

水際域の陸上昆虫類、淡水中の水生昆虫、底生生物に関しては、ポーラスコンクリートの空隙部が幼虫などのハビタット（生息空間）として機能する。ポーラスコンクリート河川護岸において植生を達成するためには、空隙率は 18%以上、空隙径は 1~2mm（6 号碎石）、3~4mm（5 号碎石）であるので、この大きさ・規模にあった体長・太さの生物のハビタットになる。特に空隙径の大きさは重要なファクターであり、空隙率 22%，空隙径 3~4mm（5 号碎石）のポーラスコンクリート河川護岸において、ケラの幼虫（体長約 1cm，太さ約 3mm）が確認された



(a) のり面緑化の例



(b) 緑化イメージ図

図-7 緑化への適用例

事例もある。

(3) 海生生物

海性生物に関しては、ポーラスコンクリートの利用により表面の粗度が大きくなり、海草や海藻、貝類が付着しやすくなる。これらの海性生物は、ポーラスコンクリートの表面に棲息するため、空隙率や空隙径について特に推奨すべき値は明らかではないが、ポーラスコンクリートの内部に海性生物の棲息を期待する場合は、空隙率は 18%以上、使用する骨材は 6 号碎石、望ましくは 5 号碎石以上の大きさのものが適していると考えられる。

(4) 微生物

近年、閉鎖性水域の港湾や湖沼では、植物プランクトンの異常発生である赤潮やアオコによる水質汚濁が深刻な問題になっている。この主な要因は、流入負荷が増大し水質の富栄養化が

進行したことによる。ポーラスコンクリートは、碎石を骨材にして造られており、骨材の径によって表面粗度の大きさが様々である。このようなポーラスコンクリートを濁水中に接触させておくと、外壁部の生物膜は好気性菌はもちろんのこと嫌気性菌も棲息していることが報告されている。この僅かな凹凸に付着する生物膜には、マイクロ環境の嫌気条件も存在しているといえる。したがって、表層だけでなく、ブロック内部をより嫌気環境にできれば、脱窒効果が促進されるため、好気性菌と嫌気性菌の両方が棲息できるように。ポーラスコンクリートに使用する骨材を選択することが望ましい。

3.4 耐久性 WG

ポーラスコンクリートの適用事例の増加に伴い、乾湿繰返しや淡水・海水の影響（ウォッシュアウト）、凍結融解などによるポーラスコンクリートの劣化に関する研究や事例について取りまとめるとともに、乾湿繰返し³⁾とウォッシュアウト⁴⁾については、委員会内にて共通試験を実施した。以下に、その概要を示す。

(1) 淡水・海水の影響（ウォッシュアウト）

水質浄化用もしくは藻場造成用の基盤としてポーラスコンクリートを使用する場合を想定し、水道水と人工海水を用いた流水中にポーラスコンクリートを浸漬する試験を実施した。その結果、相対動弾性係数の低下はわずかであること、質量の変化は、淡水では低下し、人工海水ではやや増加すること、水酸化カルシウムも溶脱し、水酸化カルシウム濃度が低下することが明らかとなった。

一方、自然海水中に浸漬した場合には、圧縮強度は初期材齢では20%程度上昇し、182日ではピーク値から10～15%低下すること、強度低下はシリカフュームを添加すると改善されること、骨材径が小さい方が優位な結果となることが明らかにされている。この理由としては、自然の海域では藻類や微生物膜がポーラスコンクリートの内・外部の表面に付着し、強度低下を

阻止する傾向を示すものと考えられる。淡水や海水による劣化については、さらに長期的な試験データが必要であり、今後の検討が期待される。

(2) 乾湿繰返し

雨水や湿分により乾燥環境と湿潤環境の相互の乾湿繰返し作用によりペーストまたはモルタルが伸縮作用を受け、粗骨材との乾燥収縮率や熱膨張係数の差により、微視的なひび割れなどの劣化現象が生じることが懸念されている。従来、様々な試験方法の適用が試みられているが、試験結果が試験方法に大きく依存することが知られている。一般的には、細骨材の使用や径の小さな粗骨材の使用により乾湿繰返し抵抗性が向上すること、空隙率だけでなく空隙の径が乾湿繰返し抵抗性に大きく影響を及ぼすこと、短繊維の使用により乾湿繰返し抵抗性が向上する場合があることが報告されている。

(3) 凍結融解

ポーラスコンクリートは連続空隙率を有した構造体であるため、容易に雨水などの水が浸入し、構造体内部および外部で凍結融解作用が起こるため、普通コンクリートに比べ劣化が生じやすいことが懸念されている。一般的には、内部の水圧が高まることによるものとされている。しかし、熱伝導率やコンクリート中の水分の凍結、融解時の潜熱やコンクリートの熱的性質の影響が考えられ、氷とセメントペーストの線膨張係数差による劣化メカニズムで説明できるとの報告もある。凍結融解に対する抵抗性を評価するために、様々な試験方法や試験条件が提案されているが、各試験方法により結果が大きく異なる為、利用に応じた試験方法の選定が重要である。一般的には、粗骨材の粒径が小さい場合、凍結融解抵抗性が低下する傾向にある。凍結融解抵抗性を向上させる方法には、AE剤の使用、シリカフュームや混和材の添加による緻密化、骨材界面との付着改善、繊維の添加によるじん性向上などが挙げられる。

(4) 中性化

ポーラスコンクリートが中性化する主な原因には、二酸化炭素の浸入による炭酸化やコンクリート表面からのカルシウム分溶出による pH の低下が挙げられる。ポーラスコンクリートが無筋コンクリートとして使用される場合が多く、鉄筋などの鋼材で補強するという用途がなかったため、中性化に関する研究事例や劣化の事例はほとんどないのが現状である。

(5) すり減り作用

粗骨材に薄層で被膜されたバインダーが物理的な作用を直接的に受けるため、すり減り量が大きくなることが懸念される。舗装などの用途では、車に装着されたタイヤやタイヤチェーン等によるすり減り、河川護岸などの用途では、水の流れに伴う砂礫の衝突等によるすり減りが想定される。エロージョン摩耗においては、摩耗損失率は普通コンクリートに比べて小さく、粗骨材最大寸法が大きい方が摩耗損失率が小さいという結果が得られており、同一粗骨材では圧縮強度が高いほど耐摩耗性が向上する。骨材飛散抵抗性（カンタプロ試験、質量損失率）に関しては、空隙率が大きくなれば損失率が大きくなること、粗骨材の最大粒径が小さい方が損失率は小さいことが明らかにされている。

(6) 繰返し荷重

舗装などへの適用を想定し、繰返し荷重に対する抵抗性について検討された事例がある。ポーラスコンクリートの圧縮疲労特性は、普通コンクリートより個々の試験結果のばらつきが大きい、水中疲労抵抗性は上限応力が低い領域で普通コンより高いことが知られている。ポーラスコンクリートの曲げ疲労特性は、気中環境に比べ水中環境の疲労寿命が低下するが、ポーラスコンクリートの疲労寿命は普通コンクリートと同程度であることが指摘されている。

(7) 植物の影響

ポーラスコンクリートに及ぼす植物の影響としては、根の成長圧による破壊および根分泌物の有機酸による浸食が考えられる。しかし、現在までにこのような事例の報告は見られない。

根の成長圧の影響に関しては、木本類の植生実績が少なく、植生経年数が5年程度であること、ポーラスコンクリートの圧縮強度は土壌硬度に比べてかなり大きく、根の成長に伴う膨圧を上回る引張強度を有していることによると考えられている。

根分泌物の有機酸による影響に関しては、有機酸は弱酸が多いので無機酸と比較してコンクリートに対する浸食作用弱いことや、ポーラスコンクリートは水セメント比が20～30%と極めて低いため、耐化学薬品性に優れることによるものと考えられる。

(8) アルカリ骨材反応

ポーラスコンクリートに関してはアルカリ骨材反応による損傷の事例やアルカリ骨材に対する検討を行った報告は見当たらない。アルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張メカニズムを考えた場合、アルカリ骨材反応により膨張しても、10%以上存在する空隙に吸収され、膨張圧は発生せず損傷は生じない可能性が考えられる。一方、ミクロな領域、すなわちセメントペーストあるいはモルタルと粗骨材の界面においては、ひび割れや付着切れが発生し、強度低下等の損傷が生じることなどが考えられるため、今後の検討が待たれる。

3.5 試験方法 WG

JCI エココンクリート研究委員会において、ポーラスコンクリートの物性試験方法（案）¹⁾が提案され、様々な場面において利用されている。しかしながら、この試験方法が運用されるにつれて、いくつかの改善すべき点が明らかにされている。ここではそれらの試験方法の修正案を提案するとともに、整備が望まれている試験方法として、「ポーラスコンクリートのフレッシュ時の空隙率試験方法(案)」、「ポーラスコンクリートの静弾性係数試験方法(案)」、「ポーラスコンクリートの乾湿繰返し試験方法（案）」をそれぞれ提案した。

(1) 供試体の作り方（案）

表－4 粗骨材の最大寸法と直径 10cm の円柱供試体の適用範囲との関係の目安

粗骨材の最大寸法	φ10×20cm
25mm 以上	型枠際の空隙の影響が大きく不適切
15mm 以上 25mm 未満	使用可（ただし型枠際の空隙の影響を事前に確認する）
15mm 未満	使用可

a) 供試体の寸法について

近年、供試体型枠面付近の空隙の影響が顕著であることが指摘されており、これらの空隙が各種試験結果に及ぼす影響をできるだけ低減させる必要がある。円柱供試体の場合には、粗骨材の最大寸法が 40mm 以下の場合には、原則として直径 15cm もしくは 12.5cm の円柱供試体を使用することとした。粗骨材の最大寸法と直径 10cm の円柱供試体の適用範囲との関係の目安を表－4 に示す。直径 10cm の場合、供試体の取り扱いが簡単となるが、粗骨材の最大寸法が 15mm 以上 25mm 未満の場合の適用性については不明な点が多く、試験時には注意が必要である。

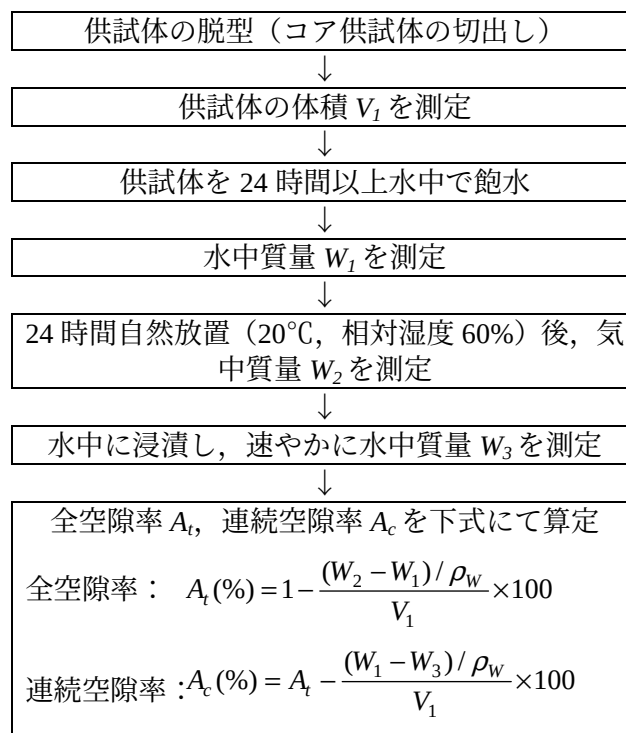
b) 供試体の作製方法について

複数層に分けてポーラスコンクリートを詰め、締固めを行った後の面が平滑になると、型枠面近傍と同様、空隙の多い領域が生じ、強度低下をもたらしたり、空隙率が大きくなるなど各種試験結果に影響を及ぼす可能性がある。

(2) 空隙率試験方法（案）

a) 用語の定義について

連続空隙率とは「供試体全体の体積に占める、連続空隙の割合。連続空隙は、供試体表面からみて連続している空隙であり、容易に水で飽水、排水される空隙。」とし、全空隙率とは、「供試体の体積に占める全ての空隙の割合。全空隙は、連続空隙と独立空隙の和として計算される。独立空隙とは、供試体表面からみて、独立している空隙であり、水で飽水、排水するには若干の時間を要する空隙」と定義した。なお、全空隙率は、水切りを行った後、24 時間自然放置した際の気中質量を使用して算定される空隙率と定義した。



図－8 空隙率試験方法（案）のフロー

b) 気中質量の測定方法と空隙率の求め方について

全空隙率と連続空隙率を算定するフローを図－8 に示す。なお、円柱供試体だけでなく角柱供試体を用いた試験方法についても付属書に記載した。両者の値の互換性などについては、今後データの蓄積が必要である。

(3) 透水試験方法（案）

旧試験方法では、円柱供試体のみを対象とした透水試験であった。本試験方法では、従来までの円柱供試体に加えて、角柱供試体の試験も実施できるよう付属書に記載した。

(4) フレッシュ時の空隙率試験方法（案）

本試験方法案は、練混ぜ直後のポーラスコンクリートの空隙性状を迅速に判定するために、土木研究所資料「ポーラスコンクリートのフレ

ッシュ性状迅速判定マニュアル⁵⁾」を参考に作成した。基本的な考え方は、所定の方法によりエアメータ容器に詰められたポーラスコンクリートの上面から水を注入し、注水量を容器の容積で除することにより求められる空隙を連続空隙とした。さらに注水後のポーラスコンクリートに対して、JIS A 1128による空気量を測定し、求められた空気量と先の空隙率との和を全空隙率とした。なお、これらはいくまでも簡易的にフレッシュ時の空隙率を測定するためのものであり、ポーラスコンクリートの配合などに用いる空隙率は、硬化後の供試体の空隙率を採用する必要がある。

(5) 静弾性係数試験方法（案）

本試験方法は、基本的に JIS A 1149 コンクリートの静弾性係数試験方法に準じている。ポーラスコンクリートの応力-ひずみ曲線の算定結果では、ポーラスコンクリートにおいては最大応力時のひずみは普通コンクリートのそれと比較して小さいものの、最大応力の約 1/3 程度までは線形弾性体として挙動しているものと考えられる。本試験方法においても、供試体の応力-ひずみ曲線において、最大荷重の 1/3 に相当する応力と供試体の縦ひずみ 50×10^{-6} のときの応力とを結ぶ線分のこう配として与えられる割線静弾性係数を求めることとした。

(6) 乾湿繰返し試験方法（案）

本試験方法は、ポーラスコンクリート供試体に乾燥、湿潤環境を繰返し与えることにより生じる劣化を、相対動弾性係数及び質量減少により評価する試験方法である。乾湿繰返し試験を行う条件としては、供試体寸法、湿潤条件及び乾燥条件時の温度、継続時間などに加えて、各条件への移行速度などが挙げられる。これらについて、適切な条件を見出すまでには至っていないのが現状である。本試験方法案では、一般の試験機で対応できること、及び共通試験の結果を勘案し、湿潤条件を 20℃の水中（1 日）、乾燥条件を 40℃の乾燥炉内（2～3 日）とした。

試験終了回数についても、ポーラスコンクリ

ートを使用する環境条件に依存するが、現段階では 30 サイクルとした。ただし、30 サイクル終了時の劣化の程度が、通常の暴露による劣化に対してどの程度に相当するかなど、さらなるデータの蓄積が必要である。

4. まとめ

ここでは、JCI ポーラスコンクリートの製造・施工ガイドラインを紹介するとともに、環境負荷低減分野及び生物共生分野における適用事例を紹介した。さらに、ポーラスコンクリートの耐久性に関する研究の現状と今後の課題についてまとめた。今回提案された製造・施工指針（案）や試験方法（案）により、舗装や河川護岸への適用事例がますます増加するとともに、さらに新しい適用の可能性の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：エココンクリート研究委員会委員会報告書，1995
- 2) (社)日本コンクリート工学協会：ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会委員会報告書，2003
- 3) 梶尾聡，水口裕之，片平博：ポーラスコンクリートの乾湿繰返し抵抗性に関する研究，ポーラスコンクリートの設計・施工法と最近の適用例に関するシンポジウム論文集，(社)日本コンクリート工学協会，pp.139-142，2003
- 4) (社)日本コンクリート工学協会：ウォッシュアウト共通試験，ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会委員会報告書，pp.203-207，2003
- 5) 河野広隆，片平博：ポーラスコンクリートのフレッシュ性状迅速判定マニュアル（案），土木研究所資料，第 3765 号，2000