

経年に伴うコンクリートの劣化機構の解明

湯浅 昇（建築工学科）

1. 研究目的

本研究は、第一に、経年に伴うコンクリートの劣化（中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応）機構について、表面から内部にわたる物理的・化学的品質変化を考慮して解明する。次に、解明された劣化機構に基づいて、材料、調合、養生の指針を提案するための実験研究を行う。第三に、実構造物のコンクリートの耐久性（寿命予測）を竣工時および必要に応じた任意の時期に評価する方法を確立させることを目的としている。

2. 平成13年度研究計画

平成13年度における研究項目及びその概要は、次に示す通りであった。

平成13年度は、当該研究者である湯浅が平成13年3月から平成14年3月まで日本大学長期派遣研究員として、英国 University of Dundee に派遣されるので、①海外における関連研究、規格等を調査し、本研究の考え方との整合性を検討し調整する。また、②暴露後におけるコンクリートの物理・化学的な品質の測定、③非（微）破壊による構造物のヘルスマonitoring方法の検討、④鉄筋コンクリート壁の不均質性に関する調査研究を行う。

3. 平成13年度実績報告

上記2①に対しては、(1) 英国でのコンクリート研究調査、(2) デンマーク Technical University of Denmark で開催された「コンクリートの初期性状に関する国際勉強会」に参加した。(1)については、英国 University of Dundee に客員研究員として所属し、英国のコンクリート研究の実態を調査した他、2002年1月25日、ロンドン近郊のユーロスター新規トンネル工事を視察した。(2)の2001年7月17日～23日に開催された勉強会では、14の国々（所属大学基準）の若い研究者（参加者の国籍は様々で20の国を超える）及びデンマーク、アメリカ等の権威者と、国際交流を図りながら、「コンクリートの初期性状」について、議論し、我々の開発・提案している方法など披露してきた。なお、その後、ここで講師を務めたデンマーク Aalborg University の Ole Mejlhede Jensen 教授は、平成14年度東工大の客員教授として3ヶ月間来日することが決まり、2002年2月デンマーク Aalborg University を訪問し、来日期間中における Jensen 教授と東京工業大学、日本大学の共同研究の打ち合わせを行った。

また、上記2②に対しては、(1) 英国 University of Dundee と日本大学生産工学部における同時暴露試験、(2) 日本各地に暴露した試験体の1年目試験、(3) 100年長期暴露試験の1年目試験を行った。(1)については、英国 University of Dundee と日本大学生産工学部において、それぞれ現地の材料及び方法によりコンクリートを練り混ぜ、Fig.1、Fig.2 に示す調合、乾燥開始材齢の異なるコンクリート試験体を作製した。これらの半数を交換し、同時に暴露し、暴露3ヶ月後に第1回目の供試体回収と試験を行った。その結果、コンクリートの製造方法、試験方法の違いを実感し、両地域における暴露環境がコンクリート物性へ及ぼす影響を明らかにする初期データを入手した。(2)については、昨年度に暴露した W/C=80%のコンクリート試験体（φ10×20cm）を、暴露1年目の試験を行うため、新潟県新発田市、静岡市、長野県南安曇郡豊科町、千葉県館山市、茨城県稲敷郡阿見町、埼玉県所沢市松ヶ丘、埼玉県鶴ヶ島市、船橋市、横浜市、滋賀県坂田郡米原町、埼玉県所沢市、東京都立川市、埼玉県川越市、埼玉県三郷市、埼玉県入間郡の屋外（屋

根無)、本学 20°C R.H.60% 恒温恒湿室、本学屋外 (屋根有)、本学屋外 (建物北側屋根無)、本学 20°C 水中、本学 NaCl 5% 溶液中から回収し、圧縮強度、中性化深さ、細孔構造の測定を行った。その結果、暴露環境によるコンクリート物性への影響が明らかになった。(3) については、昨年本学部 5 号館屋上に暴露した、W/C=30、40、60、80%、乾燥開始材齢 1、3、7、28 日の試験体の 1 年目試験を行った。その結果、調合、養生の違いがコンクリート物性に及ぼす 1 年目までの影響が明らかになった。

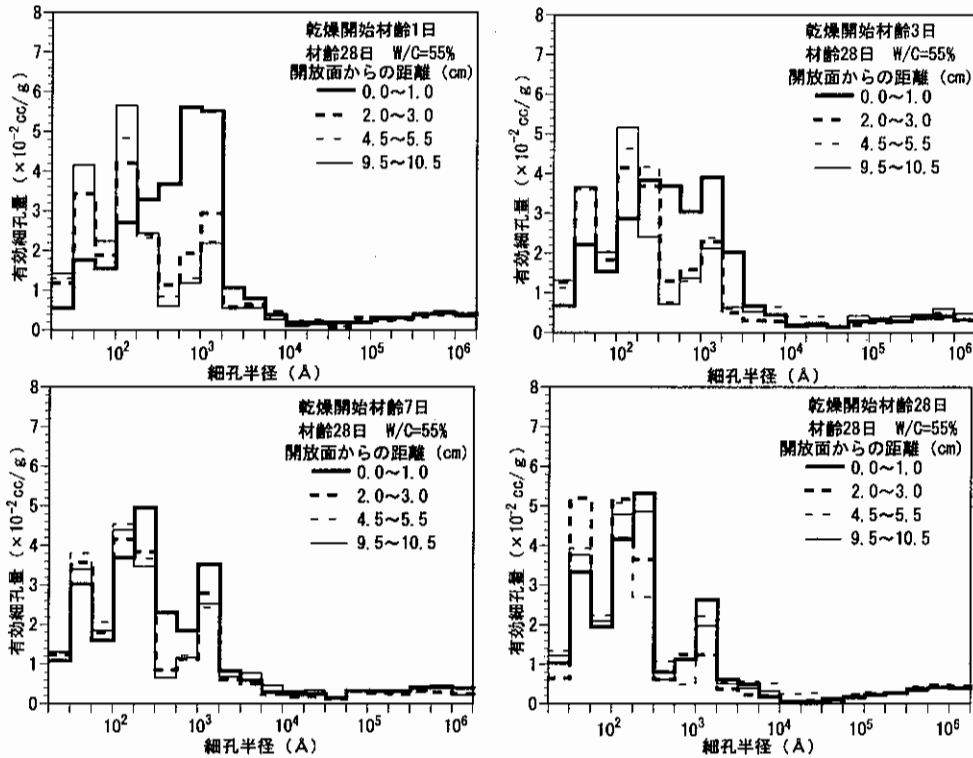


Fig. 1 英国 University of Dundee において作製したコンクリートの細孔構造 (材齢 28 日)

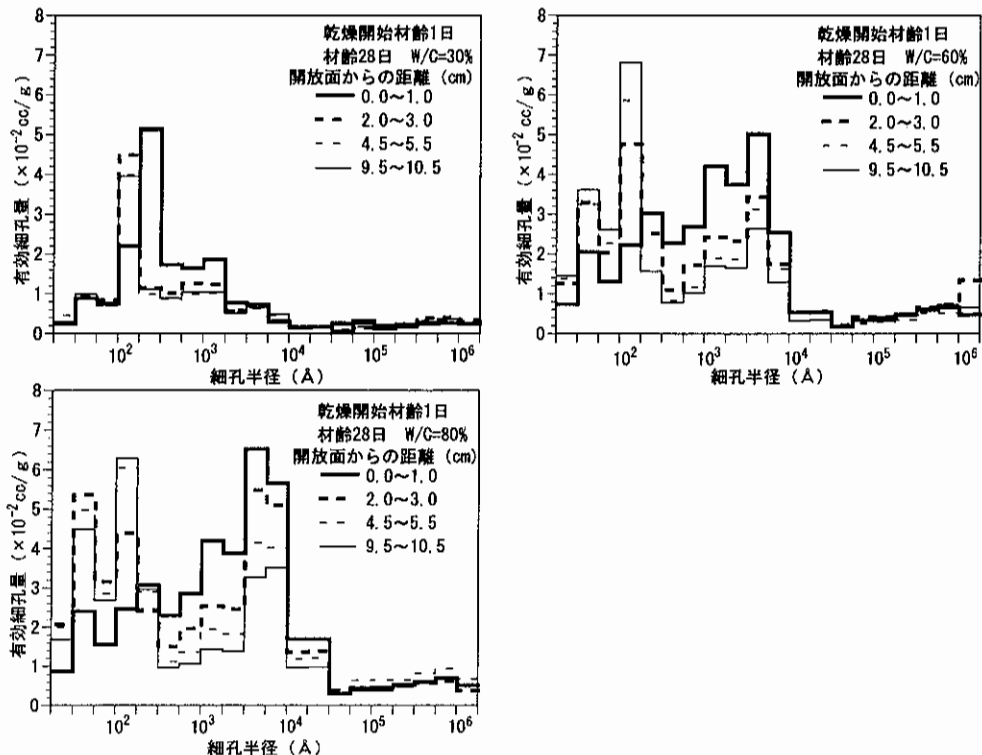


Fig. 2 日本大学において作製したコンクリートの細孔構造 (材齢 28 日)

上記2③に対しては、(1) 細孔構造を指標とした硬化コンクリートの水セメント比評価方法の提案、(2) 引っかき傷による圧縮強度管理方法の提案を行った。(1) は、構造体コンクリートの水セメント比を評価するもので、これまで有効な方法がなかったものであり、使用したセメント種類ごとに $W/C=30\sim 120\%$ の範囲で、水セメント比を推定する近似式を実験で求め、試験方法として整理した。(2) は、圧縮強度用供試体を用いて、建設現場で、非破壊で、耐久性を確保する見地から検査時点での圧縮強度を推定するものであり、実験によりキャリブレーションカーブを確定し、試験方法として整理した。

そして、上記2④に対しては、昨年度採取した昭和 10 年竣工「松竹大船撮影場第二スタジオ」、昭和 40 年竣工「西寺尾第二小学校」、昭和 62 年竣工「松竹大船撮影場ネガ倉庫」、平成 7 年竣工「鎌倉シネマワールド」のコンクリートコアについて、主に細孔構造を測定し、コンクリート壁の上下及び横方向の不均質性を明らかにした。

4. 発表論文

(1) コンクリートの物性に関する発表論文等

- 1) 湯浅昇、コンクリートスラブの品質、工文社、月刊建築仕上技術、Vol. 26, No. 309, pp. 54-66、平成13年 4月
- 2) 名和豊春、出雲健司、矢野めぐみ、湯浅昇、モルタル硬化体中の湿度変化と自己収縮の関係、セメント協会、第 55 回セメント技術大会、pp.192-193、平成 13 年 5 月
- 3) 成田弾、名和豊春、湯浅昇、大沼博志、高強度コンクリートの強度発現と耐凍害性に及ぼす高性能 AE 減水剤の影響、セメント協会、第 55 回セメント技術大会、pp.222-223、平成 13 年 5 月
- 4) 大島明、松井勇、湯浅昇、逸見義男、コンクリートの汚れ機構に関する研究 (生物系による汚れ調査、第 3 報)、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.49-50、平成 13 年 9 月
- 5) 篠崎幸代、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、山田徹、構造体コンクリート壁の不均質性に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.141-142、平成 13 年 9 月
- 6) 木村重紀、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、西山直洋、榊田佳寛、構造体コンクリートの塩化物イオン浸透 (海岸暴露 3 年目までの結果)、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.477-478、平成 13 年 9 月
- 7) 畑中重光、山本景司、和藤浩、小林広実、湯浅昇、村松昭夫、山口武志、建築床スラブ下地コンクリートの表層部の性能改善 その 4 内部強度分布と要因分析、2001 年大会学術講演会研究発表論文集、日本建築仕上学会、pp.117-120、平成 13 年 10 月
- 8) 大島明、松井勇、湯浅昇、逸見義男、コンクリートの汚れ機構に関する研究 (生物系による汚れ調査第 3 報) 日本大学生産工学部第 31 回学術講演会、
- 9) 篠崎幸代、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、山田徹、構造体コンクリート壁の不均質性に関する研究、日本大学生産工学部第 34 回学術講演会、pp.191-194、平成 13 年 12 月
- 10) N Yuasa, Y Kasai, I Matsui and E Kamada, Freeze-Thaw Resistance of Concretes Subjected to Drying at Early Ages, Challenges of Concrete Construction, Concrete Technology Unit, University of Dundee, 投稿中, September 2002

(2) 試験方法の確立に関連する発表論文等

- 1) 池永博威、太田資郎、小林幸一、三上藤美、森濱和正、湯浅昇、鉄筋コンクリート構造物の非破壊検査法の現状と動向、日本非破壊検査協会 009 特別研究委員会資料、pp.10-17、平成 13 年 6 月
- 2) 湯浅昇、構造体コンクリートの微破壊試験方法 (小径コアを用いた調合推定とドリル削孔を用いた耐久性評価、日本非破壊検査協会、非破壊検査、Vol.50, No.7, pp.434-439、平成 13 年 7 月
- 3) 笠井芳夫、湯浅昇、セメント・コンクリート試験装置調査研究委員会報告、日本コンクリート工学協会、コンクリート工学、Vol.39, No.7, pp.54-62、2001 年 7 月
- 4) 石上康史、松井勇、湯浅昇、永井香織、レーザー照射による落書き除去方法に関する研究 (その 1 モルタルへの適用)、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.47-48、平成 13 年 9 月
- 5) 石上康史、松井勇、湯浅昇、永井香織、レーザー照射による落書き除去方法に関する研究 (その 2 落書

きの除去温度について)、日本大学生産工学部第34回学術講演会建築部会講演概要集、pp161-164、平成13年12月

6) Isamu MATSUI, Kaori NAGAI, Yasushi ISHIGAMI and Noboru YUASA, REMOVING GRAFFITI ON CONCRETE SURFACE BY A LASER, Challenges of Concrete Construction, Concrete Technology Unit, University of Dundee, 投稿中, September 2002

5. 平成14年度研究計画

平成14年度は、下記の5つを骨子に定め、研究を行う予定である。

①**構造体からの試料の採取及び処理方法の確立** (どこから代表的な試料を採取するか。コンクリートの3次元的不均質性の把握。また採取作業、試料作成マニュアルの作成)

①-1 2, 3のRC造構造物の解体に際し、高さ方向及び水平方向の細孔構造の不均質性の傾向を把握する

①-2 これまでに行った表面から内部にわたる不均質性の研究及び上記①-1の結果をもとに、構造物の3次元的不均質性を表現し考察する

①-3 「構造体からの試料採取の考え方とそのマニュアル・同解説(案)」の作成(既に研究室としてのマニュアルが存在する。これをもとに細部を検討し立案。地震被災コンクリート塊の採取の考え方にも言及の予定)

①-4 「細孔構造用試料の作製及び保存マニュアル・同解説(案)」の作成(既に研究室には、北海道大学[※]鎌田グループのマニュアルを踏まえた独自のマニュアルが存在する。これをもとに細部を検討し立案)

②**細孔構造測定方法の確立** (試料中の骨材の扱い「有効細孔量」の概念化の確立。試料中の骨材量の測定方法のマニュアルの作成)

②-1 「コンクリート試料の水銀圧入法による細孔構造測定マニュアル・同解説(案)」の作成する

②-2 「有効細孔量」の概念について、他大研究者と議論を重ね、第3者理解用に整理・文章化する

②-3 「石灰石・海砂を含まない細孔構造用試料の溶解率測定及び有効細孔量算出マニュアル・同解説(案)」及び「石灰石もしくは海砂を含む細孔構造用試料の溶解率測定及び有効細孔量算出マニュアル・同解説(案)」を作成する

③**評価方法の確立** (細孔構造と耐久性との関係付け確立。細孔構造から実際に行われたコンクリートの仕様(材料、調合、養生)の推定。他の非及び微破壊試験の併用による総合評価法の確立。耐久性シュミレーションに供する指標の提示及びシュミレーションの適性判断。プログラミング)

③-1 細孔構造による水セメント比推定方法を確立する

③-2 これまでに行った表面から内部にわたる不均質性の研究をもとに、養生推定方法の立案及び確認実験を行う。

③-3 細孔構造と中性化の関係を整理する

③-4 細孔構造と塩分浸透の関係を整理する

③-5 既存のシュミレーション適性を判断する

③-6 シュミレーションに必要な細孔構造以外の指標及びその測定方法の整理、必要に応じてマニュアル化する

③-7 長期暴露試験体の設置(日本大学)

③-8 日本国内数カ所において環境要因別暴露試験体設置

④**耐久性評価支援プログラムの検討** (提示方法。プログラミング。第3者評価)

④-1 ホームページでの提示方針を検討する

⑤**国際的な視野でのシステム開発** (要求性能、材料、製造法、環境条件の違いへの対応)

⑤-1 英国 University of Dundee 及び日本大学での同時暴露供試体(既に平成13年日英双方で打設、半分を交換済:1年)回収及び測定

⑤-2 海外の環境情報及び材料情報の収集