

## 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12年度研究計画

平成12年度における研究項目及びその概要は、次に示す通りである。

- ①日本建築学会及び建設省では、鉄筋コンクリート構造物の計画供用期間の最大を100年と定め、それに対応した構造物のあり方を模索している。そこで、最大2100年までの暴露を想定した供試体を作製し、暴露を開始する。また、材齢28日における物理・化学的な品質を測定する。
- ②非（微）破壊による構造物のヘルスマonitoring方法を確立するための実験を行う。

### 3. 平成12年度実績報告

上記2①に対しては、（1）長期耐久性試験マニュアルの作成を行い、（2）長期耐久性試験試験体を作製し暴露を開始した。

（1）長期耐久性試験マニュアルの作成にあたり、まず、問題点を抽出するため、W/C=80%のコンクリート試験体（φ10×20cm）を作製し、材齢3日から新潟新発田市、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、埼玉県鶴ヶ市、船橋市、横浜市、滋賀県坂田郡米原町、埼玉県所沢市南永井、千葉県立川市、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℃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℃水中、本学NaCl5%溶液中に暴露し、2、6ヶ月目に試験体を回収し、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（別紙卒業論文概要「コンクリート暴露試験」）とともに、第3者に試験体の暴露・回収を依頼するときの問題点を抽出し、これをマニュアルに反映させた（別紙卒業論文概要「コンクリート長期耐久性暴露試験方法の提案」）。更に、本学部内で、暴露環境を異ならせ、W/C=80%の乾燥開始材齢の異なるコンクリート試験体（φ10×20cm）を作製し、主に試験方法の確立を図った。その結果、回収した試験体を試験するときの手順をマニュアル化した。なお、納品の遅れていた動ヤング率測定装置が平成12年度末納品され、これを用いて、非破壊で暴露試験体の品質を評価することも取り入れた。

（2）はじめての長期耐久性試験本試験体として、平成12年12月19日、W/C=30、40、60、80%、乾燥開始材齢1、3、7、28日の試験体を作製し、材齢28日目から本学部5号館屋上に暴露した。また、

暴露直前（材齢 28 日）の各種物性初期値を測定した。

上記 2 ②に対しては、(3) 試験方法の整理、(4) 試験方法の普及活動を行った。

(3) 試験方法の整理では、これまで、当研究室で 10 年以上にわたり開発研究してきた下記の「構造体コンクリートに適用可能な微破壊試験方法」を整理し、多くの論文を発表するとともに、その方法の普及を目的にパンフレット（別紙）を作成した。

●φ 10mm のドリル削孔を用いた

中性化試験方法

塩化物イオン量試験方法

透気性試験方法

吸水性試験方法

●φ 50mm 以下の小径コンクリートコアを用いた

圧縮強度試験方法

単位セメント量試験方法

単位水量試験方法

●その他

引っかけ傷幅による表面強度推定試験方法

含水率測定方法

(4) 試験方法の普及活動としては、湯浅が委員を務める委員会等に試験方法を提出し議論した結果、これらの試験方法は、簡便性や非破壊性に加え、安価な機器のみで行えるため、国内外で広く普及できるものと評価され、国土交通省総プロスツック長命化技術の開発検討委員会既存マンション診断技術、日本非破壊検査協会規格に採用され、日本建築学会 R C 造建築物耐久設計指針に規定する技術、都市基盤整備公団の耐久性評価技術としても現在採用を検討中である。また、JICA の講師として、これらの方法をアジア各国の高級技術者に紹介し、大きな関心を受けた。更に、(財)日本建築総合試験所が主催する R C 構造物の診断技術講習会の講師を務め、技術の詳細説明と実演を行い関西地区の技術者へ普及を図った。

また、平成 12 年 11 月 21 日に開催された日本大学 N U B I C において、生産工学部の新技術として産業界からの参加者にこれらの試験技術を紹介した。更に平成 12 年 11 月 24 日～26 日に幕張メッセで開催された、産業メッセ 2000 in MAKUHARI に試験方法を出展し、千葉県民をはじめとする市民に広く試験方法を紹介した（別紙建築工学科「築」）。

#### 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) INHOMOGENEOUS DISTRIBUTION OF COMPRESSIVE STRENGTH FROM THE SURFACE LAYER TO INTERNAL PARTS OF CONCRETE IN STRUCTURES, N. YUASA, Y. KASAI and I. MATSUI, CANMET/ACI/JCI, Fifth International Conference on Durability of Concrete, pp.269-281, 2000.6
- 2) 表層コンクリートの半透過性に関する研究、湯浅昇、田中享二、東京工業大学、応用セラミックス研究所、平成 11 年度共同利用研究報告書、No.4, pp.185-186、平成 12 年 6 月
- 3) Inhomogeneous Distribution of Moisture Content and Porosity in Concrete, N. Yuasa, Y. Kasai and I. Matsui,, CREATING WITH CONCRETE, Concrete durability and repair technology, pp.93-101 September 1999
- 4) コンクリートスラブと仕上げ材の界面に発生する浸透圧、湯浅昇、田中享二、セメント協会、第 54

回セメント技術大会、pp.186-187、平成 12 年 5 月

- 5) コンクリートの汚れ機構に関する研究（その 1 モルタルの促進かび抵抗性試験方法に関する検討）、大島明、松井勇、湯浅昇、逸見義男、篠崎幸代、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.309-310、平成 12 年 9 月
- 6) コンクリートの汚れ機構に関する研究（その 2 モルタルの促進藻類抵抗性試験方法に関する検討）、篠崎幸代、大島明、湯浅昇、松井勇、逸見義男、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.311-312、平成 12 年 9 月
- 7) コンクリート壁面の不均質性、藪内裕、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.859-860、平成 12 年 9 月
- 8) 16 年を経過した模擬コンクリート壁の細孔構造、透気性、中性化、湯浅昇、小林幸一、森濱 和正、日本非破壊検査協会平成 12 年秋季大会講演概要集、pp.157-160、平成 12 年 11 月
- 9) モルタルの促進防カビ・防藻試験方法に関する検討、大島明、松井勇、湯浅昇、逸見義男、篠崎幸代、日本大学生産工学部第 33 回学術講演会建築部会講演概要、pp.203-206、平成 12 年 12 月
- 10) 台湾集集大地震による建物の被害及び補強の現状、周建東、湯浅昇、日本大学生産工学部第 33 回学術講演会建築部会講演概要、pp.207-210、平成 12 年 12 月

## （ 2 ） 試験方法の確立に関連する発表論文等

- 1) Evaluation of Concrete in Structures with Small Core Specimen, Y. Kasai, N. Yuasa and M. Kunimoto, Non-destructive Testing in Civil Engineering 2000, ELSEVIER, pp.263-272, April 2000
- 2) A Rapid Field Testing Method for Chloride Ion Content in Concrete using Drilled Powder, N. Yuasa and Y. Kasai, Non-destructive Testing in Civil Engineering 2000, ELSEVIER, pp.637-645, April 2000
- 3) Method of Testing for Neutralization Depth of Concrete in Structure with Drilling Powder, Y. Kasai, N. Yuasa and T. Mano, Non-destructive Testing in Civil Engineering 2000, ELSEVIER, pp.661-670, April 2000
- 4) 建設省総合技術開発プロジェクト長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発（マンション総プロ）ストック長命化技術の開発中間報告書、谷川恭雄、湯浅昇他、建設省建築研究所、平成 12 年 5 月
- 5) コンクリートの長期耐久性に関する研究委員会報告書、堺孝司、坂井悦郎、田村博、古澤靖彦、湯浅昇他、コンクリート工学協会、平成 12 年 5 月
- 6) コンクリートの試験分析マニュアル、田村博、湯浅昇他、コンクリート工学協会コンクリートの長期耐久性に関する研究委員会、平成 12 年 5 月
- 7) 小径コアを用いたコンクリートの圧縮強度試験方法の検討、笠井芳夫、湯浅昇、松井勇、国本正恵、日本非破壊検査協会平成 12 年春季大会講演概要集、pp.55-56、平成 12 年 5 月
- 8) コアを用いたコンクリートの単位水量試験方法（湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、国本正恵）、日本非破壊検査協会平成 12 年春季大会講演概要集、pp.57-58、平成 12 年 5 月
- 9) コアを用いたコンクリートの単位水量試験方法の検討、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、国本正恵、平成 12 年 6 月、日本コンクリート工学協会、コンクリート工学年次論文報告集、第 22 巻、第 1 号、pp.343-348
- 10) 小径コアを用いたコンクリートの圧縮強度試験方法の検討、国本正恵、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、日本コンクリート工学協会、コンクリート工学年次論文報告集、第 22 巻、第 1 号、pp.427-432、平成 12 年 6 月
- 11) 委員会報告「セメントコンクリート試験装置調査研究委員会報告」、笠井芳夫、湯浅昇、日本コンクリート工学協会、コンクリート工学年次論文報告集、第 22 巻、第 1 号、pp.15-22、平成 12 年 6 月

- 12) コンクリートの簡易な品質評価技術（強度、中性化、塩化物イオン量等の評価）、湯浅昇、NTSエンジニアリングセミナー「コンクリート劣化診断最前線」テキスト、pp.8-33、平成12年7月
- 13) 構造体コンクリートのコールドジョイント評価方法の提案、国本正恵、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.433-434、平成12年9月
- 14) 地震被災コンクリートの品質に関する初動調査方法の提案、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.829-830、平成12年9月
- 15) コンクリートの中性化とその簡易な試験方法、湯浅昇、日本工業出版、超音波テクノ、Vol.12、No.10、pp.15-19、2000年10月
- 16) コンクリートの中性化試験方法、湯浅昇、(財)日本建築総合試験所、コンクリート診断技術者養成コース・実習講座、コンクリート診断技術の要点（コンクリートの中性化診断）、pp.42-46、2000年10月
- 17) コンクリートの中性化抵抗性評価試験、湯浅昇、(財)日本建築総合試験所、コンクリート診断技術者養成コース・実習講座、コンクリート診断技術の要点（コンクリートの中性化診断）、pp.47-52、2000年10月
- 18) コンクリートの塩化物イオン量試験方法、湯浅昇、(財)日本建築総合試験所、コンクリート診断技術者養成コース・実習講座、コンクリート診断技術の要点（コンクリート中の塩化物診断）、pp.22-26、2000年10月
- 19) 細孔構造に基づくコンクリートの品質評価方法、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、日本非破壊検査協会平成12年秋季大会講演概要集、pp.153-156、平成12年11月
- 20) 実構造物に適用可能なコンクリートの品質評価方法、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、日本大学生産工学部第33回学術講演会建築部会講演概要、pp.195-198、平成12年12月
- 21) 小径コアを用いた構造体コンクリートの品質評価方法に関する研究、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、中田善久、国本正恵、日本非破壊検査協会、鉄筋コンクリート構造物の計測と表面探傷シンポジウム、pp.31-36、平成13年1月
- 22) 引っかき傷によるコンクリートの表面強度推定、湯浅昇、日本工業出版、Vol.6、No.2、pp.37-42、2001年3月
- 23) ドリル削孔によるコンクリートの品質評価、湯浅昇、日本工業出版、検査技術、Vol.6、No.1、pp.37-42、2001年3月
- 24) 国土交通省総合技術開発プロジェクト長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発（マンション総プロ）ストック長命化技術の開発報告書、谷川恭雄、湯浅昇他、建設省建築研究所、平成13年5月発刊予定

## 5. 平成13年度研究計画

平成13年度は、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、所属大学院生と緊密な連絡体制のもと、②材齢1年における物理・化学的な品質の測定、③劣化促進試験により水和が不十分なコンクリートの物理化学的变化を観察、④非（微）破壊による構造物のヘルスマonitoring方法を確立をも行う。