

## 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、実建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 14 年度研究計画

平成 14 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。

- (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）
- (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）
- (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。耐久性シミュレーションに供する指標の提示及びシミュレーションの適性判断。プログラミング）
- (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。第三者評価）

### 3. 平成 13 年度実績報告

#### (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について、町田市の某銀行社員寮の解体に際し、調査を行った。図-1 は、調査を行った壁における圧縮強度分布を示したものである。図-2 は、床からの高さで平均圧縮強度の関係を示す。位置が高い程、強度は低いことがわかり、平均強度は上下で約 10MPa 違う。また、壁近傍のコンクリートの圧縮強度は、不安定であるが、壁を 50 以上離れると高さごとに安定した強度であることがわかる。これらの結果から、コアの採取位置は、コア抜きが作業として容易であることも考慮に入れると、高さ 100cm で、柱より少なくとも 50cm 離れた箇所であることが適切と判断した。その上で、これまでに得られた調査結果を分析し、コアで得られる強度よりも低い場所及びその程度、高い場所及びその程度を明示できるようにしたい。なお、これについては、次年度以降の課題とする。

図-3 は、対象とした壁における圧縮強度の度数分布を示している。採取位置の選定には、研究的な判断で偏りがみられるが、ここでは採取したコア全部をその対象としている。これによると、平均が 31.8MPa であったこの壁の標準偏差は 6.5MPa であった。

#### (2) 細孔構造測定方法の確立

「試料中の骨材量の測定マニュアル」の作成に先立ち、この前提技術である「グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法」が、当研究室が開発提案した試験方法をもとに（社）日本非破壊検査協会規格 NDIS 3422 として制定された。同規格制定委員会幹事として、湯浅昇がその任に当たった。

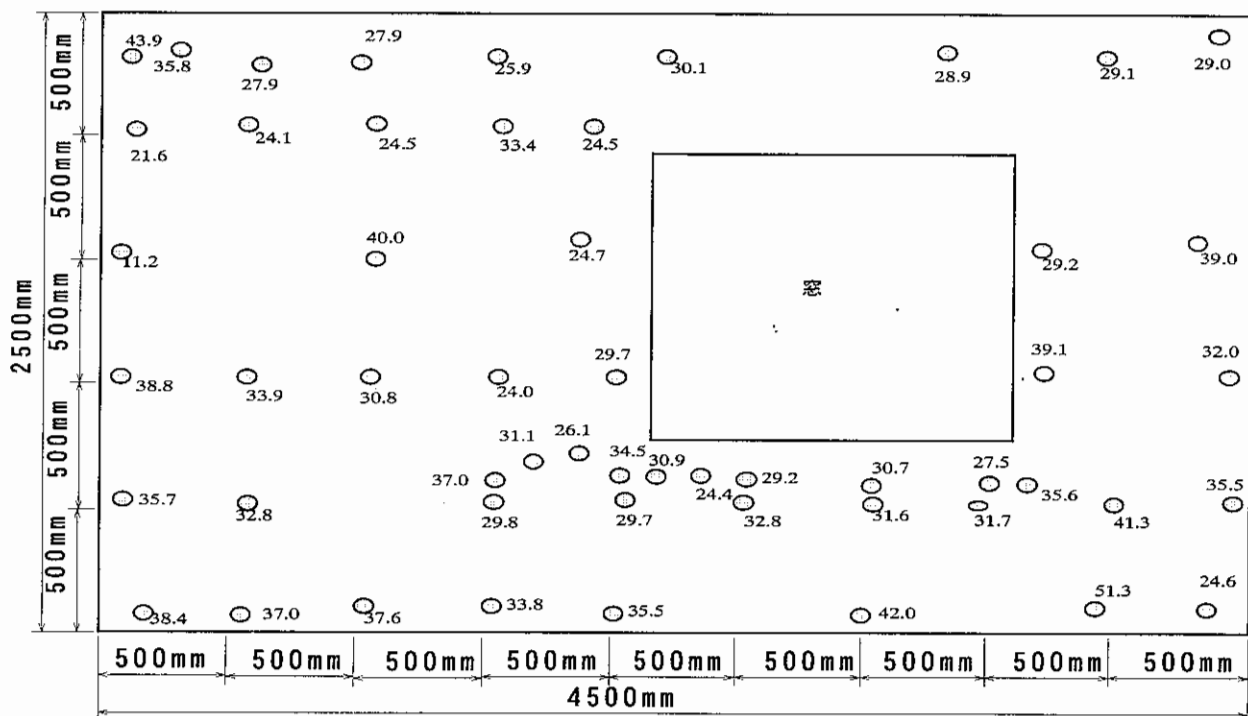


図-1 圧縮強度分布図

(単位 MPa)

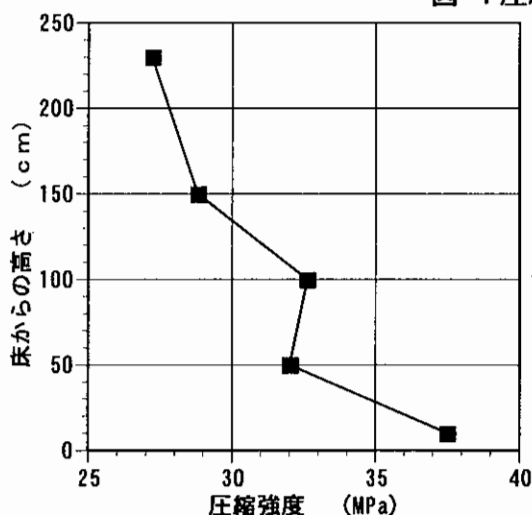


図-2 床からの高さと同平均圧縮強度

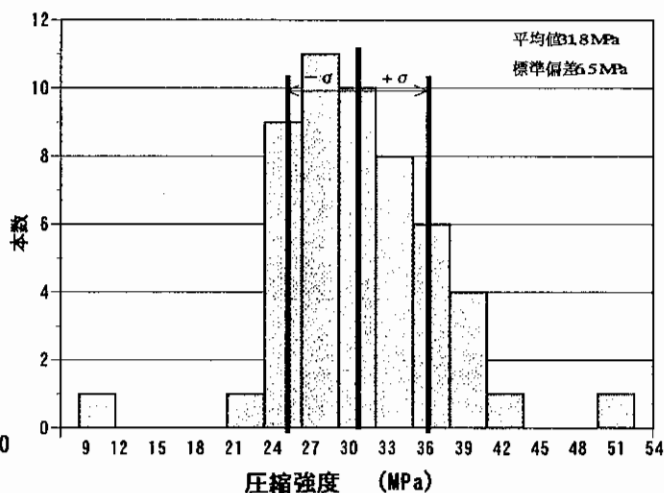


図-3 度数分布図

### (3) 評価方法の確立

有効な硬化コンクリートの水セメント比の推定技術がこれまでなかったことから、細孔構造による水セメント比の推定方法を検討した結果、図-4 で示すとおり、使用したセメントごと、材齢ごとに、総有効細孔量と水セメント比は直線関係にあることがわかった。表-1 は、使用したセメントの種類及び材齢ごとに、総有効細孔量と水セメント比の近似式を示したものである。また、材齢1年では、使用したセメントの影響が若材齢の時より小さかった。一般に、同一有効総細孔量に対して、水セメント比は、普通ポルトランドセメント>高炉セメントB種>早強ポルトランドセメント>フライアッシュセメントB種である。

また、提案している試験方法の評価基準を明解にするため、平成13年度以前に行った暴露試験に引き続き、新たに、教員・学生の実家のある新潟県新発田市、千葉県山武郡、神奈川県横須賀市、福岡県豊前市、福岡県北九州市、東京都東村山市、群馬県高崎市、滋賀県近江八幡市、福井県福井市、東京都足立区、山梨県南巨摩郡、宮崎県宮崎市、山形県山形市、東京都練馬区、京都府京都市、東京都大田区、青森県上北

表-1 総有効細孔量と水セメント比の近似値と相関係数

セメントの種類	材齢28日		材齢3ヶ月		材齢6ヶ月		材齢1年	
	近似式	相関係数	近似式	相関係数	近似式	相関係数	近似式	相関係数
OPC	$f(x)=184.4x+15.1$	0.992	$f(x)=189.0x+11.0$	0.991	$f(x)=190.2x+14.1$	0.985	$f(x)=193.1x+14.3$	0.985
HPC	$f(x)=143.4x+12.8$	0.992	$f(x)=140.0x+17.4$	0.986	$f(x)=146.9x+19.9$	0.994	$f(x)=161.9x+19.5$	0.985
SCB	$f(x)=166.2x+15.5$	0.994	$f(x)=171.8x+14.2$	0.996	$f(x)=166.8x+18.4$	0.984	$f(x)=187.5x+12.9$	0.987
FCB	$f(x)=139.3x+10.3$	0.991	$f(x)=134.6x+15.5$	0.988	$f(x)=136.7x+19.8$	0.987	$f(x)=169.7x+15.3$	0.987

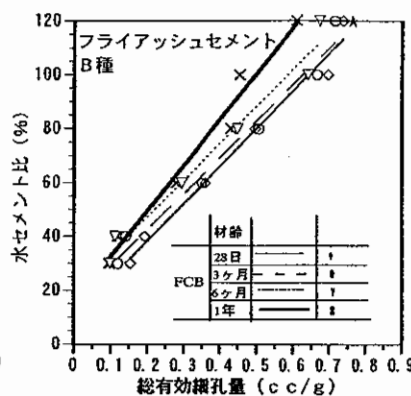
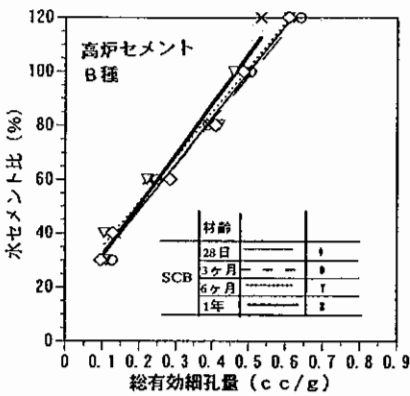
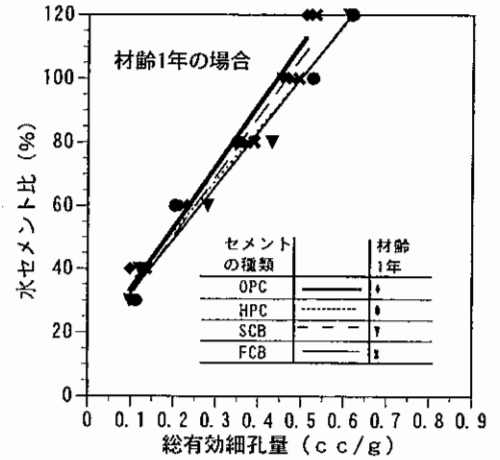
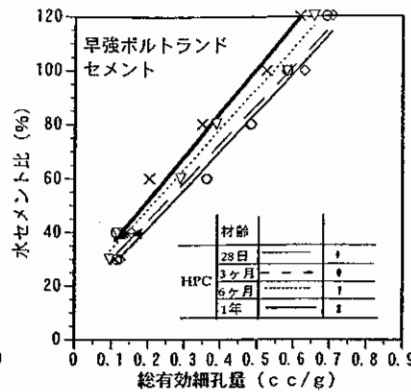
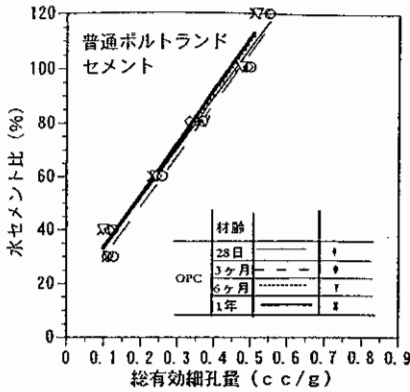


図-4 総有効細孔量と水セメント比

図-5 セメント種、総有効細孔量、水セメント比の関係

郡、千葉県我孫子市、沖縄県宜野湾市、東京都狛江市、愛知県豊橋市、茨城県結城市、北海道札幌市、鹿児島県国分市の屋外(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 恒温室(封緘)に、W/C=80%、乾燥開始材齢7日のコンクリート試験体(φ10×20cm)を暴露し、これらを材齢2ヶ月、材齢6ヶ月で回収し、引っかき傷幅、圧縮強度、中性化深さ、細孔構造の測定を行った。結果の一例として、図-6は、暴露地別に、乾燥面からの距離と細孔のメディアン半径との関係を示したものである。封緘状態にあったものに比べ、乾燥の程度の大きいと思われる試験体ほど、乾燥面のメディアン半径は大きく、細孔は粗いことがわかる。

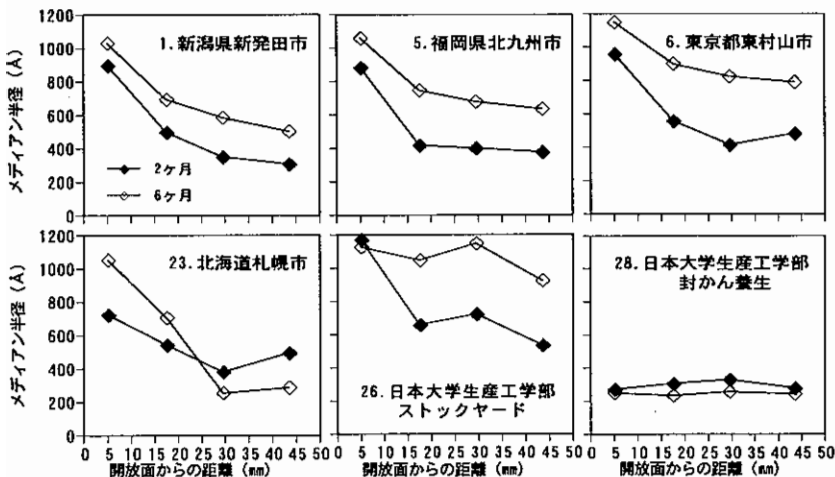


図-6 乾燥面からの距離とメディアン半径

(4) 耐久性評価支援プログラムの検討

耐久性評価支援システムの構築をはじめたが、上記(1)、(2)、(3)が確定していないため、特にまとまった部分はない。

#### 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) 松井勇、湯浅昇、米久田啓貴、石上康史、落書きの実態と建築材料の落書き除去性に及ぼす試験条件の影響－建築材料の落書き除去性評価方法に関する研究（その1）－、日本建築学会構造系論文集、第557号、pp.43-48、平成14年7月
- 2) Isamu MATSUI, Kaori NAGAI, Yasushi ISHIGAMI and Noboru YUASA, REMOVING GRAFFITI ON CONCRETE SURFACES BY LASER, Challenges of Concrete Construction, Innovations and Developments in Concrete Materials and Construction, Concrete Technology Unit, University of Dundee, pp.771-780, September 2002
- 3) 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, Concrete for Extreme Conditions, pp.437-446, September 2002
- 4) 湯浅昇、床コンクリートの細孔構造、そしてベストフロアーの細孔構造、ベストフロアー工業会平成14年度特別講演会資料、pp.3-20、平成14年5月
- 5) 大島明・松井勇・湯浅昇・逸見義男、建築材料の洗浄性に関する研究 機械による洗浄試験方法の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.401-402、平成14年8月
- 6) 松井勇・石上康史・篠崎幸代・永井香織・湯浅昇、レーザー照射による落書き除去方法に関する研究 その3 落書き除去温度及びモルタル表面の損傷、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.403-404、平成14年8月 p.403
- 7) 篠崎幸代・石上康史・永井香織・松井勇・湯浅昇、レーザー照射による落書き除去方法に関する研究 その4 レーザー照射条件の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.405-406、平成14年8月
- 8) 湯浅昇・笠井芳夫・松井勇・西谷伸介、廃タイヤのコンクリートへの有効利用に関する研究 その1 廃タイヤの骨材代替率と強度、変形性状の関係、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.943-944、平成14年8月
- 9) 西谷伸介・笠井芳夫・湯浅昇・松井勇、廃ガラスのコンクリートへの有効利用に関する研究 アルカリ骨材反応抑制対策、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.945-946、平成14年8月

##### (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（その3）、日本非破壊検査協会009特別研究委員会資料 pp.5-12、平成14年6月
- 2) Noboru Yuasa, Yoshio Kasai, Isamu Matsui and Sachiyo Shinozaki, Testing Method for Surface Strength of Concrete Slab, 5th International Colloquium Industrial Floors '03, Vol.1, pp.143-148, 2003.1
- 3) 須藤絵美・奈良禧徳・中田善久・笠井芳夫・松井勇・湯浅昇、グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法に関する研究 その1 試験方法の迅速化に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.967-968、平成14年8月
- 4) 中田善久・奈良禧徳・須藤絵美・笠井芳夫・松井勇・湯浅昇、グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法に関する研究 その2 粉末試料の粒大およびコア供試体による確認実験、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.969-970、平成14年8月
- 5) Testing Method for Structural Concrete Qualities with Pore Structure, Noboru Yuasa, Yoshio Kasai and Isamu MATSUI : 第6回日本・韓国建築材料 Joint Symposium 論文集、pp.62-67、平成14年8月
- 6) Soiling and Water Flowing Characteristic of Building Material, Sachiyo Shinozaki, Isamu MATSUI and Noboru Yuasa : 第6回日本・韓国建築材料 Joint Symposium 論文集、pp.213-218、平成14年8月
- 7) NDIS原案作成委員会（幹事：湯浅昇）、NDIS 3422 「グルコン酸ナトリウムによる硬化コンクリートの単位セメント量試験方法」、(社)日本非破壊検査協会、平成14年8月29日