

資源循環型高強度・高耐久性鉄筋コンクリート造の開発と構造物の緑化

湯浅 昇（建築工学科） 梅干野 晁（東工大）

1. はじめに

生活・居住環境において、持続可能なスケルトン構造物を目指すには、構造材料であるコンクリートが高強度であり、高耐久でなければならない<sup>1)</sup>。同時に、材料資源の観点から、コンクリートを構成する材料は、資源循環型であることが望まれる。

また、ヒートアイランド現象の緩和を考え、都市環境を維持し、居住環境の快適性を図るためには、RC構造物の壁面・屋上を緑化することが有効と考えられる。更に、それが、コンクリート構造物の芸術性の表現につながれば、豊かな文化を創造できる。

ここでは、「生命工学に基づく生活・居住環境づくりと共生に関する研究グループ」において、「資源循環型高強度・高耐久コンクリート造の開発と評価」、「RC構造物の緑化」の2005年度の研究成果について報告する。

2. 研究成果の概要

2.1 資源循環型高強度・高耐久コンクリート造の開発と評価

(1) 高強度・高耐久性スケルトン構造物の開発と検証

まず、JASS 5 T-704-2005「コア供試体による構造体コンクリート強度の推定方法」に従い、作製された打設時季、水セメント比およびセメントの種類異なる高強度コンクリート試験体(表-1)について、強度と耐久性を検討した<sup>2)</sup>。

中性化抵抗性をみると、図-1に示すように、表-1に示す圧縮強度の大小によらず、セメントN、M、Lの順にW/Cが高いほど中性化の進行が早い傾向が見られた。また、標準季に比し、夏季打設の場合、中性化の進行が早い結果となった。

また、図-2は冬季試験体を対象とした簡易透気試験・簡易吸水試験の結果を示している。簡易透気速度は最大で0.34(mmHg/sec)程度と

小さく、気密性が高いことがわかる。また、W/Cが小さくなるに従い、簡易透気速度は小さくなる傾向がみられたが、簡易吸水速度に及ぼすセメントおよび水セメント比の影響は、今回の試験では明らかにできなかった。

また、図-3は、凍結融解に伴う相対動弾性係数の低下を示している<sup>3)</sup>が、これまでの定説と異なり、低水セメント比のコンクリートでも耐凍害性が十分とはいえない結果がみられた。

一方で、100年以上前に着工建設されたが、今なお健全なまま供用されている函館ドックのコンクリートブロックについて、凍結融解試験をした結果、図-4に示すように、化学混和剤による連行空気を導入していなかった当時

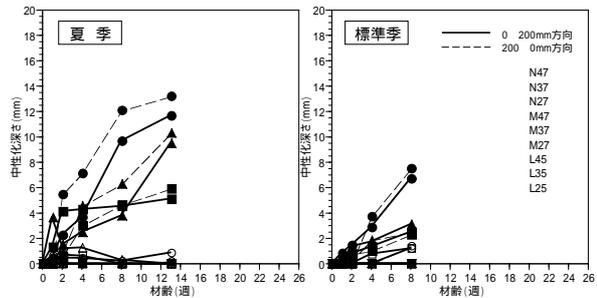


図-1 促進中性化試験(材齢8及び13週)

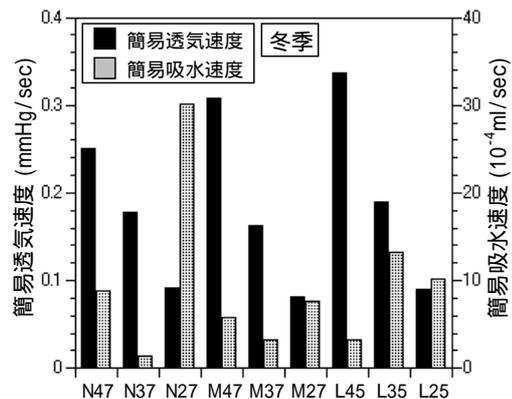


図-2 簡易透気速度・簡易吸水速度

表-1 調査表

セメントの種類	記号	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位質量 (kg/m <sup>3</sup> )					フロー (cm)			空気量 (%)			圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )		
				W	C	S	G	Ad	夏季	標準季	冬季	夏季	標準季	冬季	夏季	標準季	冬季
普通 (N)	N-47	47.0	52.4	175	373	906	857	4.663	42.0	40.8	42.8	3.2	2.8	4.3	49.3	49.7	62.4
	N-37	37.0	50.1	170	460	825	857	6.440	51.3	52.0	57.0	3.4	3.5	3.9	60.3	63.1	78.2
	N-27	27.0	46.2	170	630	707	857	9.450	70.0	65.8	62.3	3.3	3.1	4.2	90.7	81.9	93.9
中庸熱 (M)	M-47	47.0	52.6	175	373	911	857	4.290	45.8	36.0	42.0	2.6	3.6	4.6	61.5	57.7	62.3
	M-37	37.0	50.9	170	460	853	857	6.210	58.0	48.3	55.3	4.5	3.3	4.4	78.7	70.1	87.9
	M-27	27.0	45.9	170	630	697	857	9.135	59.8	62.5	59.5	4.4	2.7	4.6	96.6	96.8	106.0
低熱 (L)	L-45	45.0	52.8	170	378	921	857	3.969	39.3	40.3	42.0	3.3	3.4	3.3	64.2	44.7	66.0
	L-35	35.0	51.0	165	472	856	857	5.664	62.5	54.3	65.0	3.3	4.0	4.1	88.4	68.0	77.1
	L-25	25.0	46.2	165	660	705	857	8.250	74.0	66.5	61.5	4.1	4.3	3.9	104.1	98.2	101.5

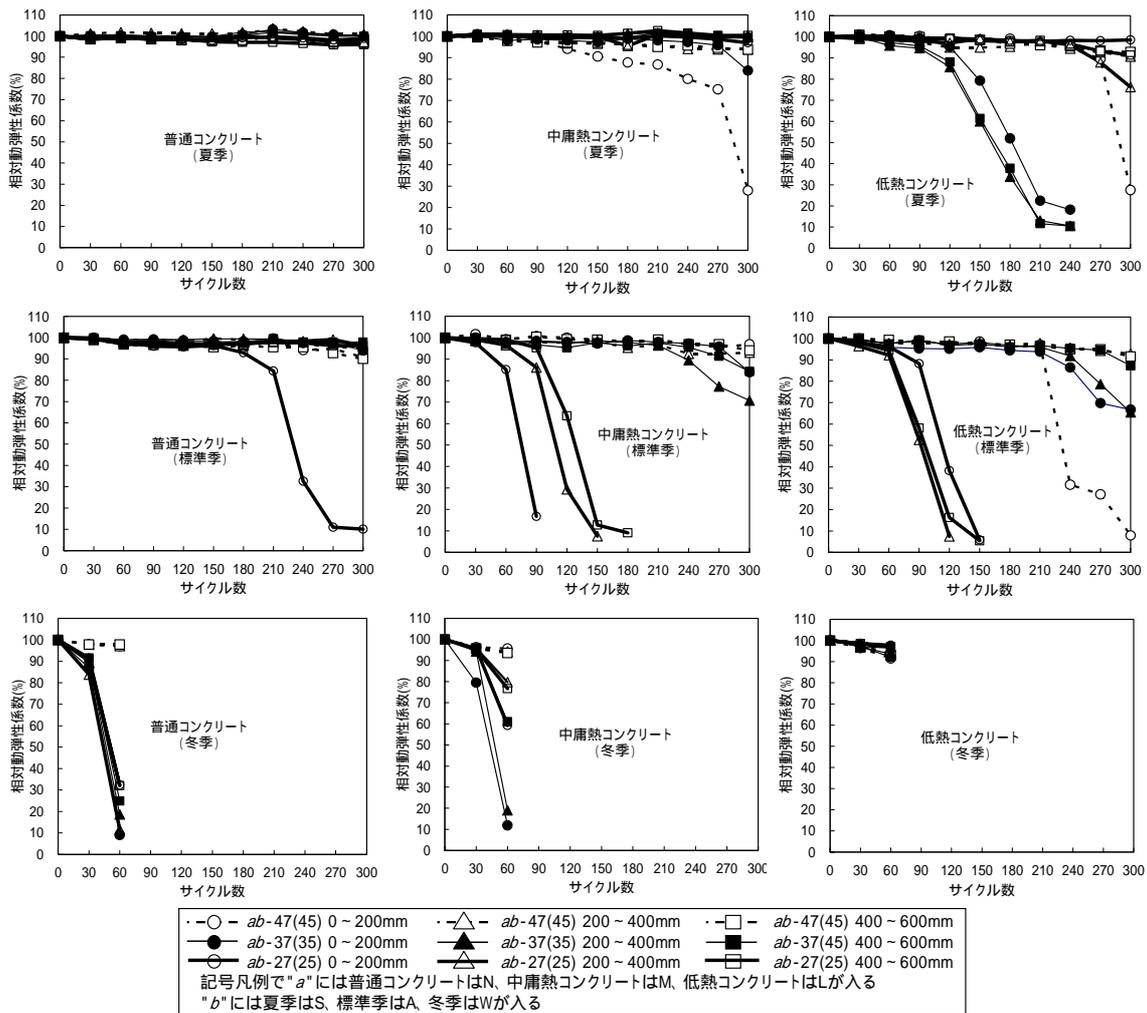


図-3 高強度コンクリートの相対動弾性係数の変化

のコンクリートとしては、極めて凍結融解抵抗性が高いことを明らかにした<sup>3)</sup>。

更に、表層コンクリートの品質改善を目的に、湿潤養生マットの効果を検証し、効果の程度を明らかにした<sup>4)</sup>。

## (2) 資源循環型材料の開発と検証

2005年度は、エコセメントの品質について検討した<sup>5)</sup>。エコセメントは、都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの廃棄物を主原料としたセメントで、平成14年7月にJIS R 5214として規格化された。エコセメント(以下、ECと称す)及び普通ポルトランドセメント(以下、OPCと称す)を用いた2種類のコンクリートについて、乾燥開始材齢(1、3、7及び無乾燥)の違いが、含水率状態及び細孔構造へ及ぼす影響を比較し、エコセメントの性質を検討した<sup>6)</sup>。

図-5は乾燥開始材齢ごとの含水率分布を示したものである。どの試験体についても、乾燥開始とともに表層部分の含水率は急激に低下している。ただし、OPCの分布に比し、ECは、

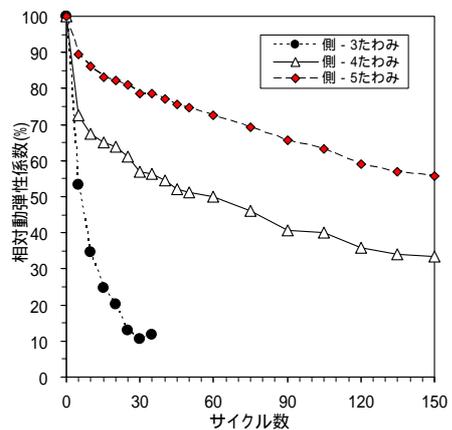


図-4 函館ドックコンクリートの相対動弾性係数の変化

含水率が内部と比べて低下する表層の範囲は、浅いことがわかった。

図-6は材齢28日における細孔径分布を示したものである。乾燥開始材齢別に、乾燥面からの深さ方向に細孔径分布の相違をみると、乾燥面に近い程、細孔が大きな径に偏る傾向がみられ、この傾向は、乾燥材齢1日及び3日におい

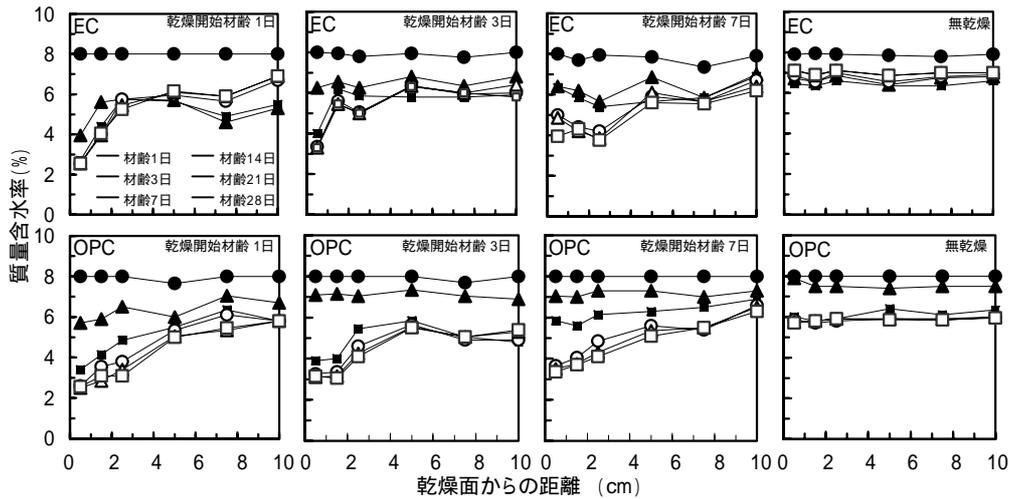


図-5 乾燥開始材齢が質量含水率分布に及ぼす影響

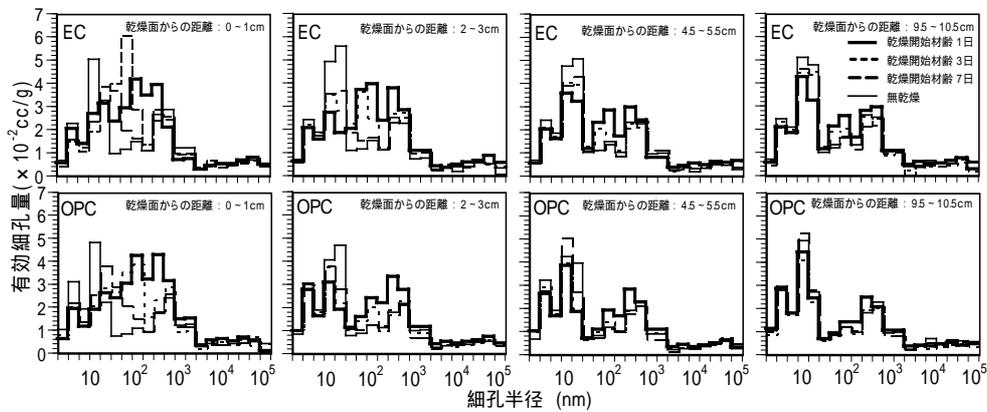


図-6 乾燥開始材齢が細孔径分布に及ぼす影響 (材齢 28 日)

て顕著に現れている。表-2 のメディアン半径を見ると、EC は、乾燥を受けても OPC で見受けられる程は、表層部の組織が粗大化していないことがわかる。

図-7 に乾燥面からの距離と総有効細孔量の関係を示す。EC は OPC に比し、乾燥開始材齢 1 日及び 3 日の総有効細孔量分布の差が小さかった。また、これらの表層と内部の差も OPC に比し、小さいことがわかる。これらは、EC の早強性によるものと考えられる。

## 2.2 RC 構造物の緑化

### (1) 芸術性を踏まえたコンクリート緑化技術の開発

本プロジェクトに先立ち、2004 年 3 月に京都の寺院 (苔寺の石塔と苔を写真-1 に、銀閣寺の庭石と苔を写真-2 に示す) を調査し、日本が培ってきた「侘び」、「寂」をコンクリートに取り入れられないかの検討を開始した。

また、2004 年度に調査した本学の旧 5 号館について、付着した生物 (写真-3) とコンクリートの品質について検証し、今後の研究の方向

表-2 メディアン半径 (材齢 28 日)

乾燥面からの深さ (cm)	メディアン半径 (nm)							
	E C				O P C			
	1日	3日	7日	無乾燥	1日	3日	7日	無乾燥
0~0.5	148	92	74	87	225	116	60	44
2.0~3.0	154	86	63	32	181	75	41	30
4.5~5.5	114	66	55	34	128	60	28	30
9.5~10.5	112	56	57	50	58	48	32	37

\* 乾燥開始材齢を示す

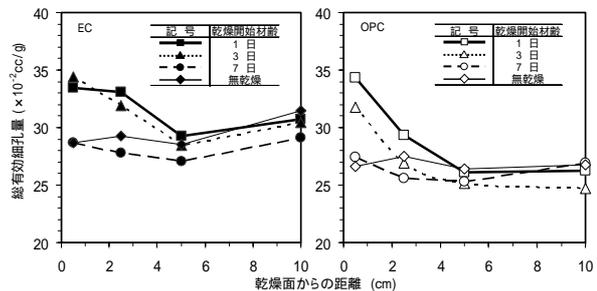


図-7 総有効細孔量分布 (材齢 28 日)

性を検討した 7)。

### (2) 構造物の緑化がもたらす首都圏におけるヒートアイランド現象抑制効果の評価

2005 年度は、研究を進めるにあたり、計 3 回 (2005 年 12 月、2005 年 2 月、2006 年 3 月) にわたり、湯浅と梅干野が研究展開の方針を打



写真-1 侘び寂びの一例(苔寺にて)



写真-2 侘び寂びの一例(銀閣寺にて)

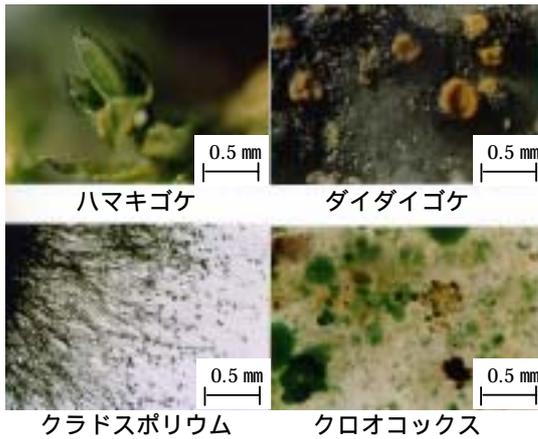


写真-3 旧5号館に付着した生物

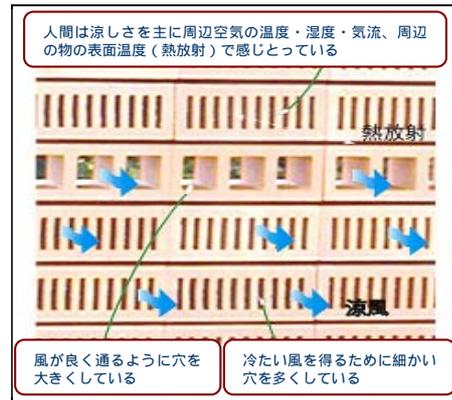


写真-4 ヒートアイランド現象抑制建築材料

ち合わせ、写真-4 に示すように、ヒートアイランド現象抑制建築材料開発も視野にいれることとした。

また、研究のために導入した赤外線カメラにより、壁面緑化の事例について評価を試みた(写真-5)。



写真-5 赤外線カメラによる壁面緑化の評価

### 3. 関係掲載論文

2005 年度の本研究に関する論文は、下記の通りである。

- 1) 湯浅昇、打放しコンクリートの表面保護の必要性、工文社、月刊建築仕上技術、Vol.30、No.360、pp.42-47、平成 17 年 7 月
- 2) 西田健治、湯浅昇、中田善久、大塚秀三、松井勇：笠井芳夫高強度コンクリートの強度・耐久性 - 中性化促進試験と非・微破壊試験の適用 -、日本大学生産工学部第 38 回学術講演会(建築部会)、pp.105-108、2005 年 12 月
- 3) 鎌田智之、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、西田健治：コンクリートの凍害機構 - 函館ドックコンクリート・高強度コンクリート -、日本大学生産工学部第 38 回学術講演会(建築部会)、pp.89-92、2005 年 12 月
- 4) 西田健治、湯浅昇、野々目洋、藤井真之、月永洋一：表層コンクリートの品質に関する研

- 究 - 湿潤養生マットの効果 -、日本大学生産工学部第 38 回学術講演会(建築部会)、pp.101-104、2005 年 12 月
- 5) 佐々木隆、湯浅昇、山本佳城：乾燥開始材齢がエコセメントコンクリートの品質に及ぼす影響、日本大学生産工学部第 38 回学術講演会(建築部会)、pp.217-220、2005 年 12 月
- 6) 西田健治、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、佐々木隆、エコセメントを用いたコンクリートの含水率及び細孔構造、日本建築学会大会学術講演梗概集(関西)、A-1 分冊、論文提出済、2006 年 9 月
- 7) 柴田彩子、湯浅昇、大島明、松井勇：竣工後 33 年を経過した打ち放しコンクリート外壁に付着した生物、日本建築学会大会学術講演梗概集(関西)、A-1 分冊、pp. 325-326、2005 年 9 月