

100年以上健全に供用され続けているドックのコンクリートに関する調査結果  
(その2 調査に関する検討)

調査 単位セメント量 強熱減量  
NDIS 3422 単位容積質量

正会員 ○須藤 絵美\*<sup>1</sup> 正会員 澤本 武博\*<sup>2</sup>  
正会員 中田 善久\*<sup>3</sup> 正会員 笠井 芳夫\*<sup>4</sup>  
正会員 大塚 秀三\*<sup>5</sup> 正会員 辻 正哲\*<sup>6</sup>

1. はじめに

前報(その 1)では、函館どつくに関する調査概要および当初海水に接するとして施工されたコンクリートと当初海水に接しないとして施工されたコンクリートの劣化の程度が相違している原因について、強度性状から検討した結果について述べた。その 2 では、コンクリートに関する技術が十分でなかった時代に建設されたコンクリート構造物の耐久性を検証するために、100 年以上経過した函館どつくのコアを用いて単位セメント量の試験を行った。ここでは、異なる 7 本のコア供試体について試料の単位セメント量を求めた結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験項目および方法

(1)強熱減量および試料の単位セメント量

強熱減量の試験は、JIS R 5202「ポルトランドセメントの化学分析方法」により行った。また、単位セメント量の試験は、(社)日本非破壊検査協会 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<sup>1)</sup>」(以下、NDIS 3422 と称す)により行った。

(2)体積および単位容積質量

体積および単位容積質量を求める方法は、次の 2 種類とした。

- (a)3 等分に切断したコア供試体の両端部分を割裂した試料片を 48 時間水中に浸漬した後、水中の見掛質量および表乾質量を測定した。次に試料片を粗粉砕し 105±5℃の乾燥器中に 48 時間以上静置した後、絶乾質量を測定した。
- (b)圧縮強度測定後のコア供試体を 48 時間水中に浸漬した後、水中の見掛質量および表乾質量を測定した。次に 105±5℃の乾燥器中に 48 時間以上静置した後、絶乾質量を測定した。

2.2 コア供試体の概要

試験には、前報(その 1)と同様に渠底部(No.底-1)、ブロック一段目(No.底-2)、裏込めコンクリート部(No.側-3)およびブロック横置き(No.側-5)より採取したコアを所定の大きさに成形したコア供試体を用いた。試験に用いたコアを写真 1 に示す。各コアよりそれぞれ 3 本のコア供試体を採取し、このコア供試体は、No.底-1 および底-2 は上側から、No.側-3 および No.側-5 は表面側からそれぞれ A,B および C と呼称した。

2.3 コア供試体と試験方法の組合せ

コア供試体と試験方法の組合せを表 1 に示す。試験には、それぞれのコアより採取した 3 本のコア供試体のうち B および C の部分を用いた。体積および単位容積質量を求める方法

(b)には、前報(その 1)において圧縮強度試験を行った後のコア供試体を用いた。

3. 試験結果

3.1 コア供試体の体積および単位容積質量

コア供試体の体積および単位容積質量を表 2 に、コア供試体の体積とコア供試体の吸水率の関係を図 1 に示す。試験に用いたコア供試体の表面には骨材とモルタルの境界に数mm程度の比較的大きな空隙が観察された。No.底-1 における表乾単位容積質量および No.側-3 における絶乾単位容積質量の結果に若干ばらつきがあるものの表乾単位容積質量および絶乾単位容積質量の結果は、B および C ではほぼ同等の結果が得られた。また、それぞれのコア供試体の吸水率は、既往の研究<sup>2)</sup>におけるコア供試体の吸水率と比較して大きくなる傾向が見られた。これは、著しく長い供用期間において水酸化カルシウムの溶脱により細孔量が増大し<sup>3)</sup>、吸水率が大きくなった可能性がある。

3.2 強熱減量

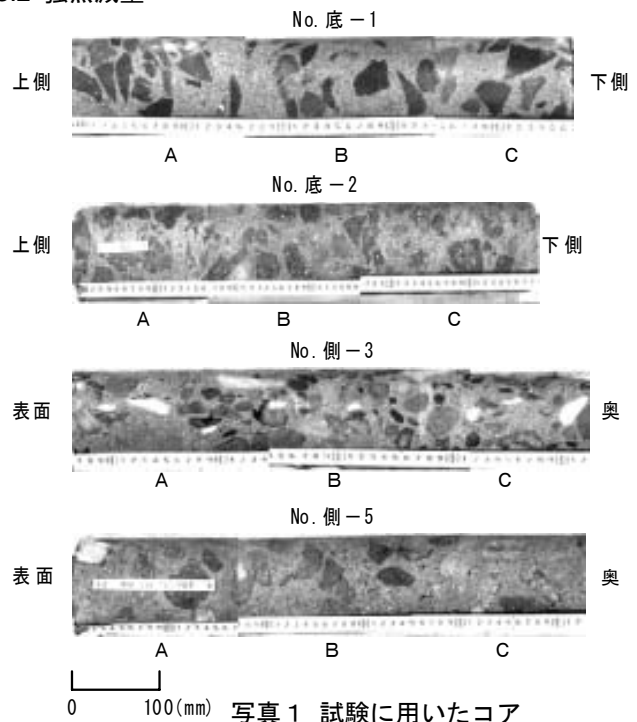


表 1 コア供試体と試験方法の組合せ

コアの種類	単位容積質量		試料の単位セメント量 NDIS 3422
	(a)	(b)	
No. 底-1	B	○	○
	C	○	○
No. 底-2	B	○	○
	C	○	○
No. 側-3	B	○	○
	C	○	○
No. 側-5	B	○	○

表2 コア供試体の体積および単位容積質量

コアの種類		体積 (cm <sup>3</sup> )	表乾単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )	絶乾単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )	吸水率 (%)
No. 底-1	B	1575.2	2339	2185	7.06
	C	840.0	2372	2194	8.09
No. 底-2	B	1591.2	2322	2160	7.50
	C	814.7	2337	2152	8.60
No. 側-3	B	758.7	2288	2088	9.55
	C	1496.7	2297	2119	8.37
No. 側-5	B	1563.3	2236	2075	7.75

500°Cおよび1000°Cにおける強熱減量の結果を図2に示す。強熱減量は、No.底-1およびNo.底-2ではBよりもCのコア供試体の方が1%程度小さくなる傾向が見られた。これは、本調査において対象としたどつくの下部は、海面より低いために常時塩分を含んだ地下水と接していると考えられ、著しく長い供用期間において水酸化カルシウムの溶脱が下側より進んだものと思われる。なお、横方向にコアを採取したNo.側-3では、BおよびCのコア供試体でほぼ同等の結果が得られた。

### 3.3 試料の単位セメント量

試料の単位セメント量の結果を図3に示す。試料の単位セメント量は、No.底-1, No.底-2およびNo.側-3ではBよりもCのコア供試体の方が10~20%程度小さくなる傾向が見られた。これは、明治時代のコンクリート構造物は、打込み時の落下高さを90cm以下、各層の厚さを18~21cm以下とする材料分離防止対策(層打ち)が奨励されていた<sup>3)</sup>ことから、層によってコンクリートのロットが異なっているためと考えられる。また、当時の調査設計は、容積比率によって経験的に定められており、明治32年の函館港の工事には容積比でセメント:砂:砂利・碎石=1:2:4の配合を用いていた<sup>3)</sup>ことおよび前報(その1)で示した圧縮強度から推測するとおよそ単位セメント量は300kg/m<sup>3</sup>程度と考えられ、No.底-1, No.底-2およびNo.底-5の結果は材料のかさ容積比によって求めた単位セメント量とほぼ同等の結果が得られた。さらに、No.側-3における試料の単位セメント量は、No.底-1, No.底-2およびNo.側-5と比較して少なかった。これは、No.側-3は、当初は海水に接しないとされた裏込めコンクリートであり、前報(その1)において推測したように、最大寸法の大きな粗骨材を用いて単位セメント量の低減を図ったものであることが影響していると思われる。

### 4. まとめ

打込みから100年以上経過したコンクリート構造物の耐久性を検証するために試料の単位セメント量の試験を行ったところ、供用期間が著しく長いコンクリートについても現状で用いられているNDIS 3422の試験方法を適用することが可能であった。しかしながら、NDIS 3422は、供用期間が著しく長いコンクリートに用いられた事例が少ない。本調査において強熱減量を測定した結果から、著しく長い期間、水に接し

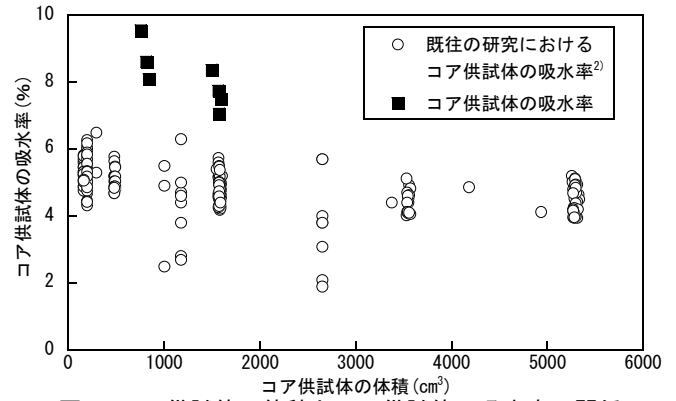


図1 コア供試体の体積とコア供試体の吸水率の関係

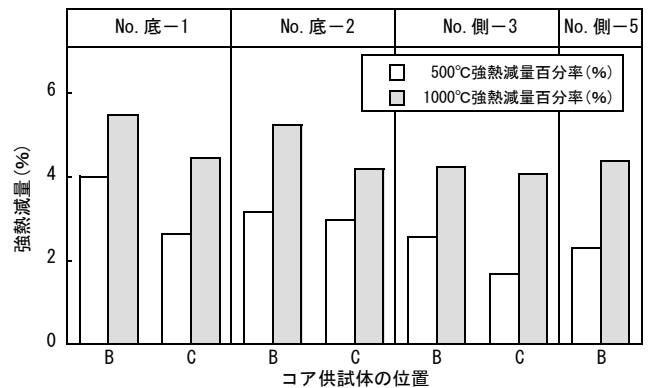


図2 500°Cおよび1000°Cにおける強熱減量の結果

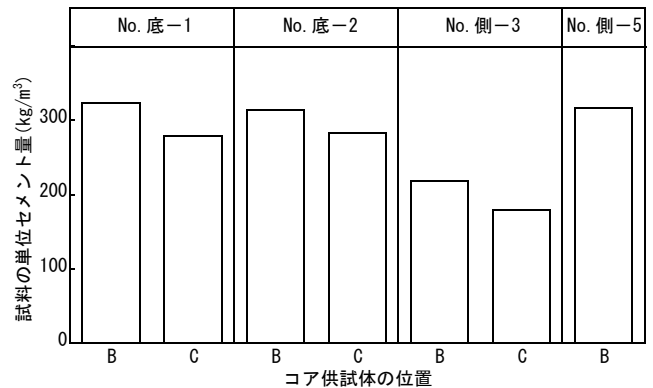


図3 試料の単位セメント量の結果

たコンクリートでは、水酸化カルシウムやC-S-H中のカルシウムが溶脱している可能性が示唆された。今後は、長期供用されたコンクリートについて、この溶脱や海水中の塩化物イオンから受ける影響に関して検討していく必要がある。

### 【謝辞】

本報は、(独)日本学術振興会建設材料第76委員会の活動の一環として行われた調査結果をもとに取りまとめたものである。また、函館どつく株式会社船舶設計部の成田征氏には、貴重な資料を提供して頂き感謝の意を表す次第である。

### 【参考文献】

- 1)(社)日本非破壊検査協会 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, 2002.8
- 2)例えば、(社)セメント協会コンクリート専門委員会 F-23「硬化コンクリートの配合推定に関する共同研究報告(その2), 1971.3
- 3)長瀧重義: コンクリートの長期耐久性[小樽港百年耐久性試験に学ぶ], 技報堂出版, 1995.11

\*1 (株)内山アドバンス 中央技術研究所

\*2 ものつくり大学 技能工芸学部 助手 博士(工学)

\*3 ものつくり大学 技能工芸学部 助教授 博士(工学)

\*4 日本大学 名誉教授 工博

\*5 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程建築学専攻

\*6 東京理科大学 理工学部 教授 工博

\*1 Concrete Research Institute of Uchiyama Advance Co.

\*2 Research Assoc., Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists., Dr.Eng

\*3 Assoc.Prof., Dept of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists., Dr.Eng.

\*4 Emeritus Professor, Nihon University., Dr.Eng.

\*5 Graduate School of Science and Technology, Nihon University

\*6 Prof., Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science., Dr.Eng.