

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1 調査概要および強度性状に関する検討)

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

コンクリート	耐久性	圧縮強度
締固め	骨材	

1.はじめに

函館どつくは、廣井勇博士の計画・監理のもと、明治36年(1903年)に竣工している。当初海水に接するとして施工されたコンクリートは、凍結融解作用や海水による乾湿繰返し作用などの極めて過酷な環境にあったにもかかわらず、外観的には劣化しておらず、未だに表層コンクリートも健全なまま残っている。しかし、当初海水に接しないとして計画されていたにもかかわらず、船舶の大型化などによる改修工事で表面部がはつり取られ、直接海水に接するようになった箇所は、目視によっても明らかに侵食が進行しているように見受けられる。

本ドックは、小樽築港工事に先立って施工された函館港の一部であり、港湾工事と同時期に施工されている。そのため、明治22年(1889年)に建設された横浜港防波堤工事(第1次築港工事)や明治30年(1897年)着工の大阪港築港工事で発生したコンクリートブロックのひび割れをおこさないように、明治32年の函館港第1期防波堤工事のコンクリートブロックの作製方法では、容積割合でセメント1、砂2、砂利2、砕石2としたコンクリートを表面に水が浸出するまでたこで突き固めている¹⁾。よって、海水に接する函館どつくのコンクリートブロックも砕石のみでは互いに噛み合せて突固め後に空隙が残りにくいことや、砂利のみでは滑りあって十分な突固めができないという難点を解消するように骨材の選定にも配

慮し、施工できる範囲でなるべく少ない水とし十分に突き固め密実なコンクリートとしていたと考えられる。

本報では、当初海水に接するとして当時の工夫と入念な締固めで施工されたコンクリートと海水に接しないと計画されていたコンクリートで大きく劣化の程度が相違していたため、それぞれの強度特性を調べた結果を報告する。

2.調査概要

図-1および図-2は、それぞれ函館どつくの施工状況および現在の側壁の状況を示したものである。渠底部および側壁には、コンクリートブロックが積まれており、側壁は図-3に示したように、600×600×1200mmのブロックを積み上げ、その裏側にコンクリートが打ち込まれた構造になっている。竣工当時は、側壁で海水に接する全ての面は、600×600mmの面(ブロック縦置き)および600×1200mmの面(ブロック横置き)を交互になるように積み上げたブロックで構成されていた。その後、側壁下段の表層コンクリートは、昭和42~43年の改修工事に伴い図-3中の点線付近まではつり取られ、場所打ちの裏込めコンクリートが直接海水に接するようになった。函館どつくのおおよその形状・寸法、およびコアのおおよその採取箇所は、図-4に示す通りである。コアの採取箇所は、渠底部(底-1)、ブロック一段目(底-2)、側壁下段ブロック部(側-1)、ブロックと裏込めコンクリートの継目部



図-1 函館どつくの施工状況



図-2 函館どつくの現在の側壁

Research on Durable Concrete Placed Over a Hundred Years Ago
(Part I. Outline of Research and Examination on Strength of Concrete)

SAWAMOTO Takehiro, SUDO Emi, TSUJI Masanor, NAKATA Yoshihisa, KASAI Yoshio and OTSUKA Shuzo

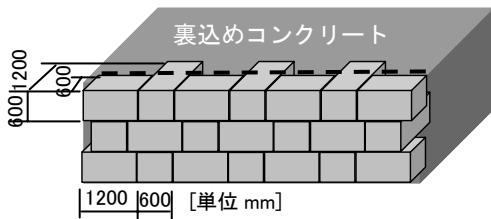


図-3 側壁コンクリートブロックの配置

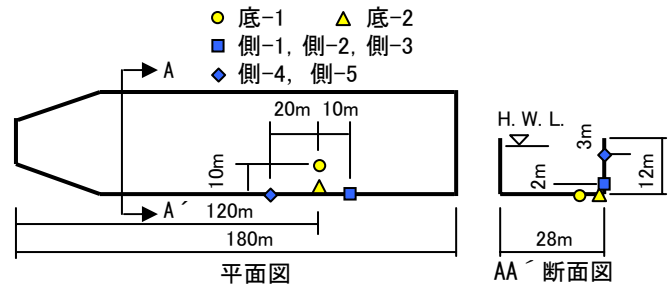


図-4 函館どつくのおおよその形状・寸法およびコア採取箇所

表-1 強度性状

コア	密度 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
底-1	2338	30.7	23.7	0.297
底-2	2310	33.9	23.3	0.158
側-3	2250	7.8	22.2	0.182
側-5	2209	21.6	24.8	0.222

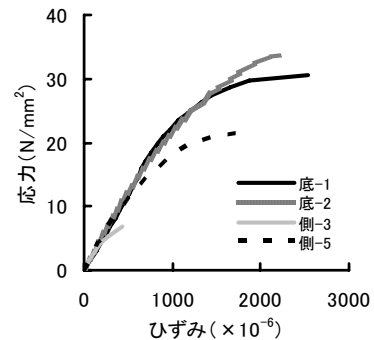


図-5 応力とひずみの関係

(側-2), 裏込めコンクリート部 (側-3), 側壁上段ブロック縦置き (側-4), ブロック横置き (側-5) およびブロックとブロックの継目部 (側-6) の 8 箇所とした。コアの直径は 100mm であり, 採取したコア長は 500~1000mm 程度である。本報では, 強度性状を調べた底-1 (表面部から 200~400mm), 底-2 (表面部から 200~400mm), 側-3 (表面部から 440~640mm) および側-5 (表面部から 90~290mm) について報告する。なお, その他の試料は, 各研究機関で化学分析などに供した²⁾。

3. 調査結果

強度性状は表-1 に示す通りであり, 図-5 は応力とひずみの関係を示したものである。当初から海水に接するとして施工されたコンクリートブロック部 (底-1, 底-2, 側-4) の圧縮強度は, 20~35N/mm² の範囲であるにもかかわらず, 100 年以上経過した現在でも目視によってひび割れや表層部の侵食は確認されなかった。

一方, 当初は海水に接さないとしていた裏込めコンクリート部 (側-3) は, 図-6 に示したように, 表層部の侵食が大きく, 圧縮強度は 10N/mm² 程度であった。静弾性係数は圧縮強度の割には大きい値を示したが, これは, 最大寸法が比較的大きい砂利が用いられていたため, 単位骨材量が多いことによると考えられる。また, 目視によっても, 骨材量はかなり多いようであった。

4. まとめ

骨材の選定や締固めに十分に配慮し密実に造られた函



図-6 ブロック部および裏込めコンクリート部

館どつくのコンクリートブロックは, 圧縮強度が 20~35N/mm² の範囲にあった。そのため, 水セメント比はさほど小さくはなく, 空気も連行されていないにもかかわらず, 100 年以上経過した現在でも表層コンクリートまで健全な状態であった。今後, こうした先人達の工夫の効果について検討していく予定である。

【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) 長滝重義: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, pp.93-96, 1995.11
- 2) 日本学術振興会 建設材料第 76 委員会 第 366 回会議報告書, 2005, 7

*1 ものつくり大学 技能工学学部 助手 博士(工学)

*2 (株)内山アドバンス 中央技術研究所

*3 東京理科大学 理工学部 教授 工博

*4 ものつくり大学 技能工学学部 助教授 博士(工学)

*5 日本大学 名誉教授 工博

*6 日本大学大学院理工学研究科博士前期課程建築学専攻

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

*2 Concrete Research Institute of Uchiyama Advance Co.

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

*4 Assoc. Prof., Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists., Dr. Eng.

*5 Emeritus Professor, Nihon University., Dr. Eng

*6 Graduate School of Science and Technology, Nihon University