

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
研究期間：2007～2008  
課題番号：19560463  
研究課題名（和文） 水中に設置されたコンクリート構造物の非破壊検査に関する研究  
研究課題名（英文） Research on nondestructive testing of submerged concrete structures  
研究代表者  
迫田 恵三（SAKODA SHIGEMI）  
東海大学・海洋学部・教授  
研究者番号：50056230

## 研究成果の概要：

水中に設置されたコンクリート構造物は、表面から徐々に劣化することが考えられる。表面の劣化はコンクリート表面の硬さと、表面を伝播する超音波の速度を測定することによって求めることができる。しかしながら、水中でのこれらの測定は、測定器の完全な防水・水密性が要求される。本研究ではこれらの測定器の水密化に成功することができ、かつ、表面の硬さと超音波の時間を測定するとによって、コンクリートの表面強度を推定することができた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：コンクリート、表面硬度、リバウンドハンマー、超音波伝播速度、水中構造物

## 1. 研究開始当初の背景

淡水中にはダムや河川の堤防、水路、海中には港湾構造物や離岸堤、防波堤など多くのコンクリート構造物が設置されている。これらの構造物は、淡水・海水の化学的、物理的作用によって表面から劣化することが考えられる。一般にコンクリート構造物の劣化の程度を測定するには、各種の非破壊試験や構造物からコアを採取して強度などを測定する方法が行われている。しかしながら、水中・海中コンクリート構造物の非破壊試験は現実には困難であり、唯一、コアを採取して実験する方法が行われてきた。しかし、コア

を採取する方法は多大な労力と費用を要するという課題がある。そこで、本研究は従来、困難とされてきた水中・海中に設置されているコンクリート構造物の非破壊試験方法の可能性について検討を行うものである。

## 2. 研究の目的

近年、我が国の港湾構造物において施設の損傷、劣化を将来にわたって把握し、適切に補修・改良を行う「アセットマネジメント」の推進が求められている。また、我が国においては、高度経済成長時に施工された、ダム

や水理施設、港湾構造物などが多くストックされており、耐用年数を越える構造物も多くなりつつある。これらの構造物の劣化程度を各種の非破壊試験、コア採取などを行って試験する必要があると考えられる。しかしながら、水中・海中では従来の方法は難点があり、新たな試験方法が必要となってくる。

そこで、本研究では水中におけるコンクリート構造物の非破壊検査手法を構築することを目的に行うものである。

### 3. 研究の方法

水中でのコンクリート構造物の表面劣化度を判定するため以下のような方法で行った。

- (1) 水中リバウンドハンマー試験機の開発
- (2) 水中リバウンドハンマー試験機を用いた水中に設置されたコンクリートの非破壊試験に関する研究
- (3) 水中超音波伝播試験機を用いた水中に設置したコンクリートの非破壊試験に関する研究
- (4) 水中リバウンドハンマー試験機と水中超音波伝播試験機を複合したコンクリートの非破壊検査に関する研究
- (5) 水中に設置された既設コンクリート構造物の非破壊調査

### 4. 研究成果

- (1) 水中リバウンドハンマーの開発  
水中でコンクリート表面の硬度を測定するため水密なハウジングを作製し、これと市販のリバウンドハンマーを組み合わせた。図1に水中リバウンドハンマーの概要およびハウジングと市販のリバウンドハンマーを示す。

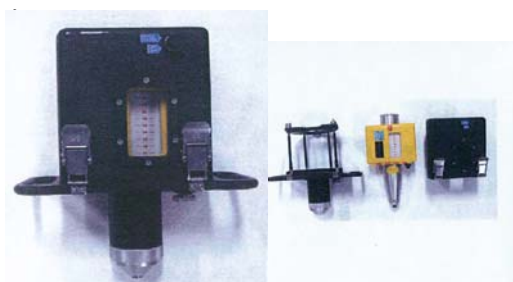


図1 水中リバウンドハンマー

- (2) 水中リバウンドハンマー試験機を用いた水中に設置されたコンクリートの非破壊試験に関する研究  
水中リバウンドハンマーを用いた水中反発度と圧縮強度の関係を図2に示す。反発硬度と圧縮強度には直線関係が見られ、①式のような強度推定式が得られた。

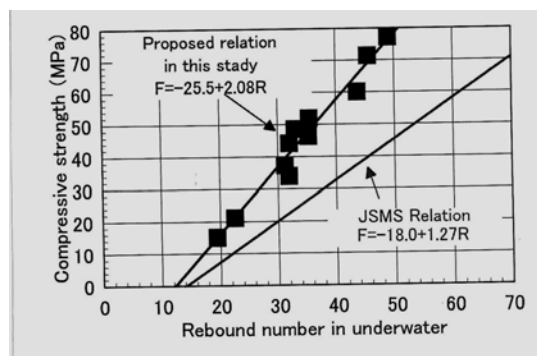


図2 反発硬度と圧縮強度の関係

$$F = -25.5 + 2.08R \quad \text{①}$$

F : 推定圧縮強度

R : 反発硬度

- (3) 水中超音波伝播試験機を用いた水中に設置したコンクリートの非破壊試験に関する研究

本研究では超音波伝播速度試験機の振動子を完全に水密化した。試験機本体と振動子を図3に示す。試験機本体は市販のものを使用し、振動子は特殊加工を施し、完全に水密化した。実際に現場で使用する場合には、試験機本体は船上で、振動子にケーブルを接続してコンクリート表面の縦波伝播時間を測定した。

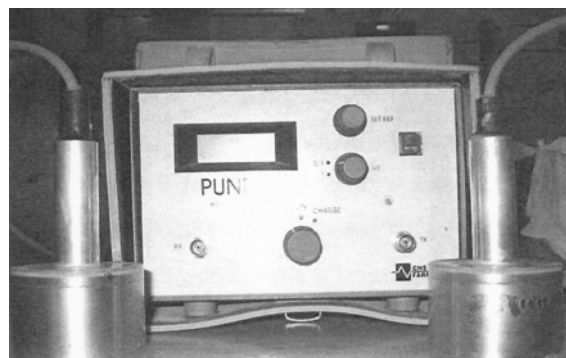


図3 超音波伝播速度測定機

水中でのコンクリート表面の見かけ上の縦波伝播速度と圧縮強度の関係を図4に示す。直径10cmの標準供試体、コア供試体とも縦波伝播速度と圧縮強度には、直線関係があり相関係数は0.81、0.78と相関がみられた。

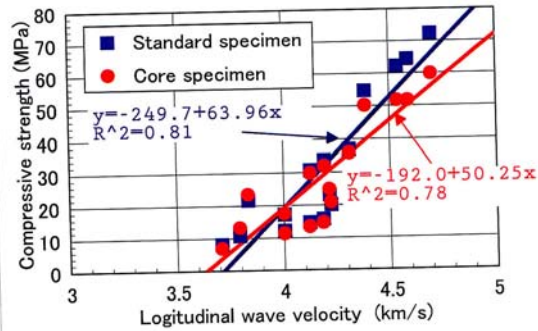


図4 縦波伝播速度と圧縮強度の関係

直線回帰した場合の圧縮強度推定式を式②に示す。

$$F = -249.7 + 63.96V_a \quad (2)$$

F : 推定圧縮強度

$V_a$  : 見かけ上の縦波伝播速度

(4) 水中リバウンドハンマー試験機と水中超音波伝播試験機を複合したコンクリートの非破壊検査に関する研究

水中リバウンドハンマー試験機と水中超音波伝播試験機を用いた強度推定には、それぞれ長所、短所が存在する。そこでこれらの方法を複合することによってより精度の高い強度の推定が可能と考えられる。標準供試体による圧縮強度とリバウンドハンマー法および超音波法によって求めた推定圧縮強度の関係を図5に示す。両者の関係は相関係数 0.98 と高い相関が得られた。また、推定圧縮強度は以下の式が得られた。

$$F = -35.3 + 3.5V_a + 1.47R \quad (3)$$

F : 推定圧縮強度

$V_a$  : 見かけ上の縦波伝播速度

R : 反発硬度

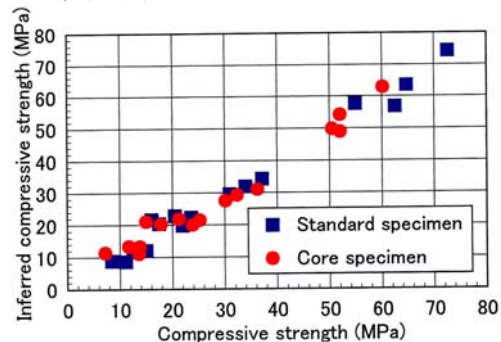


図5 実測圧縮強度と推定圧縮強度 (超音波・反発度併用方法)

(5) 水中に設置された既設コンクリート構造物の非破壊調査

水中・海中に長年月設置されていたコンクリート構造物の非破壊試験を、リバウンドハンマー、超音波伝播速度試験機を用いて行った。調査対象構造物は①75年間水中に晒された鉄筋コンクリート橋脚、②37年間海中に暴露したコンクリート、③約40年間海水中に設置されたフライアッシュセメントを用いた港湾コンクリート構造物、④約100年間海中で供用された防波堤などである。

図6は海中に約100年間供用された防波堤の推定圧縮強度を示している。100年間海中に晒されても圧縮強度は、41~61MPaの強度が得られた。これはこの防波堤に火山灰が混和材料として使用され、ポズラン効果によりコンクリートの表面が緻密化されたことが原因と考えられる。

図7は約70年間水中に晒された橋脚の表面反発硬度を示す。この図のPb、Plは水中部分でその他は気中部分である。水中部分の反発硬度が低いのは、コンクリート表面の成分が水中に溶出し多孔質になったことが原因と考えられる。

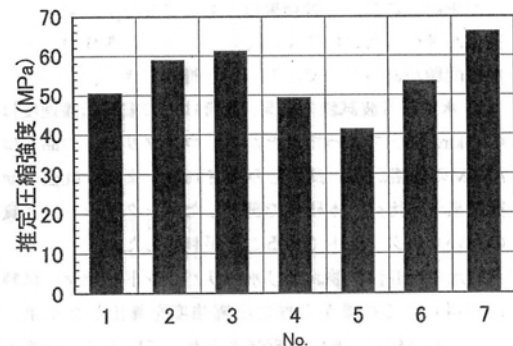


図6 併用法による推定圧縮強度 (約100年間海中に晒された防波堤)

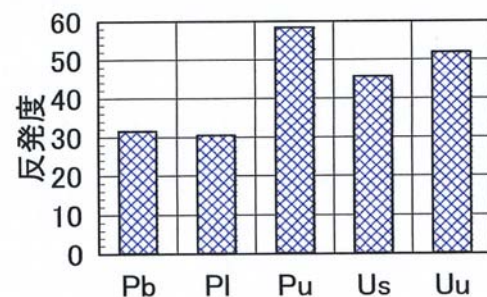


図7 リバウンドハンマーによる反発度 (約70年間水中に晒された橋脚)

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1. 渡邊晋也、峰松敏和、迫田惠三、谷倉 泉、電気化学的促進方法を用いて水中に設置されたコンクリートの劣化を模擬した各種コンクリートの力学的性質、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、未定、2009、査読有り
2. 渡邊晋也、迫田惠三、藤井文彦、切削径が異なる片引き付着試験法によるコンクリートの付着強度に関する研究、噴流工学、No.25、14-20、2008、査読有り
3. 渡邊晋也、迫田惠三、鉄 芳松、武内昭人、水中にあるコンクリートの非破壊検査に関する研究、海・自然と文化、東海大学海洋学部紀要、Vol.16、141-152、2008、査読有り
4. 渡邊晋也、迫田惠三、藤井文彦、岩崎勝磨、港湾コンクリート構造物として約 40 年間海水中に設置されたフライアッシュセメントを用いたコンクリートの性質、セメント・コンクリート論文集、No. 62、378-384、2008、査読有り
5. 渡邊晋也、迫田惠三、鉄 芳松、約 100 年間海中で供用されたコンクリート構造物の海中における非破壊検査に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol30、781-786、2008、査読有り
6. 渡邊晋也、迫田惠三、藤井文彦、37 年間海中に暴露したコンクリートの諸性質、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、879-884、2007、査読有り
7. 渡邊晋也、迫田惠三、藤井文彦、45 年間港湾構造物として供用されたフライアッシュセメントを用いたコンクリートの性質、セメント・コンクリート論文集、No.61、384-389、2007、査読有り
8. 迫田惠三、渡邊晋也、小野秀一、75 年間水中に晒された鉄筋コンクリート橋脚の耐久性、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、873-878、2007、査読有り
9. 渡邊晋也、迫田惠三、鉄 芳松、望月智弘、水中リバウンドハンマーを用いた水中不分離性コンクリートの品質管理に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、1925-1930、2006、査読有り

[学会発表] (計 2 件)

1. 渡邊晋也、電気化学的促進養生方法を用いて強制的にカルシウムを溶出させたモルタルの性質、2008 年 9 月、福岡
2. 渡邊晋也、45 年間供用された港湾コンク

リート構造物の性質、第 61 回セメント技術大会、2007 年 5 月、東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

迫田 惠三 (SAKODA SHIGEMI)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：50056230

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし