

海岸コンクリート構造物の健全度調査結果の統計解析

Statistical analysis of field investigation results on degradation of coastal concrete infrastructure

北海道大学工学部 ○学生員 一家優太 (Yuta Ikka)
 北海道大学大学院教授 フェロー 横田弘 (Hiroshi Yokota)
 北海道大学大学院助教 正会員 橋本勝文 (Katsufumi Hashimoto)
 北海道大学大学院 学生員 古谷宏一 (Koichi Furuya)

1. はじめに

農林水産省ほかが平成20年に作成した「ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)～堤防・護岸・胸壁の点検・診断～」¹⁾では、海岸構造物の調査の際、簡易的な目視による一次点検と変状が認められた場合により詳細な二次点検を行うことが求められるなど、海岸保全施設の維持管理に関する一定の方向性が示された。しかしながら、海岸構造物は長大であり、調査には多大な労力を要する。このことなどが原因となって、現状では海岸保全施設に対する調査数が十分ではないために調査データが蓄積されておらず、施設に顕在化している劣化現象を把握しきれない。以上の背景に基づき、本論文では海岸保全施設の胸壁に対して、ひび割れ幅の測定等を含む詳細な現地調査を実施した。これらの調査データを確率統計手法に基づき評価し、海岸保全施設における劣化の進行の特徴を整理した。

2. 現地調査概要

2.1 対象施設

国内の4海岸にあるコンクリート胸壁を対象とした現地調査を実施した。対象施設の概要を表-1に示す。目視による簡易調査を行い、劣化が著しく進行している領域に対して詳細に調査を行った。なお、本調査においては目地と目地に挟まれた区間を1スパンとしている。

2.2 調査項目および方法

本調査においては、胸壁に作用した外力あるいはコンクリートの収縮によって生じたと考えられる鉛直方

向のひび割れに対し、クラックスケールを用いてひび割れ幅を測定した。施工時の初期不良等が原因と考えられる横方向のひび割れは考慮していない。また、衝撃弾性波装置を用いて構造物表面の弾性波伝播速度を測定した。

3. 調査結果

3.1 ひび割れ幅

既往の研究では、ひび割れ幅の大きさがひび割れにおける貫通の有無や構造物の耐力低下に関係することがわかっている²⁾。つまり、構造性能に大きな影響を与えると考えられるひび割れの貫通の可能性は、ひび割れ幅が大きくなるに従い高くなると推測される。本論文では、ひび割れ中の最大ひび割れ幅の推定に有用であると考えられるひび割れ幅の分布特性と極値分布への適合度を評価した。極値分布とは最大値や最小値などが漸近的に従う分布であり、河川の氾濫、最大風速、最大降雨量、金融におけるリスク等の分布に適用される。

各極値分布型の確率分布関数を式(1)～(3)に示す。 α および β は各極値分布のパラメータで、 x は確率変数である。各分布におけるこれらのパラメータは最尤法によって推定した。図-1および図-2に比較的データ数の多いDおよびB海岸における各極値分布の確率密度関数 $f(x)$ と最大ひび割れ幅の度数分布を示す。これらの図より、最大ひび割れ幅の度数分布の形状はやや左側に集中しており、右側に裾の長い分布型であることが分かった。また、確率紙により各極値分布への適合度を評価した。確率紙へのプロットの例として、D海岸でのひび割れ幅の分布について、Gumbel分布に対するデータの適合度を確率紙上に示す(図-3)。このとき、プロットしたデータが直線に近いほど決定係数 R^2 が大きく、その分布型の適合度が高いと言える。各施設の各極値分布の決定係数 R^2 を表-2に示す。これより、データ数の少ないA海岸を除いて、いずれの海岸においてもGumbel分布およびWeibull分布への適合度が高いということがわかる。

表-1 対象施設の概要

	全延長(m)	竣工年度	調査スパン数
A海岸	292	2010	31
B海岸	528	1960	53
C海岸	165	1974	11
D海岸	252	1982	27

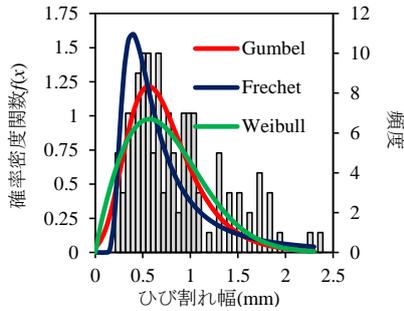


図-1 確率密度関数(D海岸)

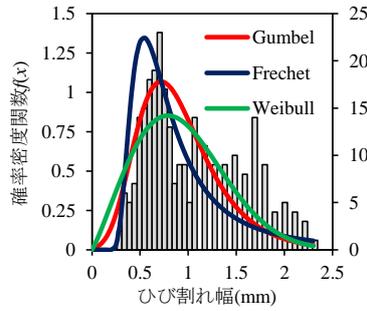


図-2 確率密度関数(B海岸)

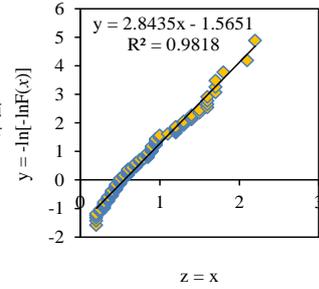


図-3 確率紙(D海岸: Gumbel分布)

表-2 各施設の極値分布への適合度

	A海岸	B海岸	C海岸	D海岸
Gumbel	0.8496	0.9615	0.9251	0.9818
Frechet	0.9403	0.9212	0.8137	0.9404
Weibull	0.8717	0.9198	0.9857	0.9408
データ数	23	271	72	131

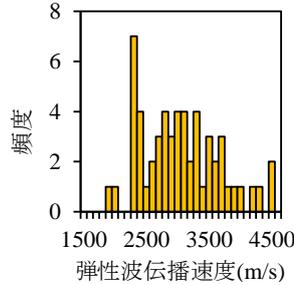


図-4 弾性波伝播速度(B海岸)

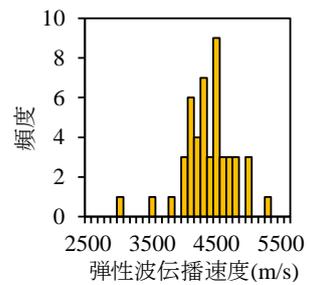


図-5 弾性波伝播速度(A海岸)

・ Gumbel 分布

$$f(x) = \alpha^{-1} \exp\left(-\frac{(x-\beta)}{\alpha}\right) \exp\left[-\exp\left\{-\frac{(x-\beta)}{\alpha}\right\}\right] \quad (1)$$

・ Frechet 分布

$$f(x) = \alpha \beta x^{-\alpha-1} \exp(-\beta x^{-\alpha}) \quad (2)$$

・ Weibull 分布

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (3)$$

3.2 弾性波速度

コンクリート構造物中を伝わる弾性波速度は、圧縮強度と相関があることがわかっている³⁾。しかしながら、コンクリートの状態によって測定結果にばらつきが生じることがある。そのため、調査の際の測定データの信頼性向上のため、施設のパラメータによって弾性波速度のばらつきを類型化する必要がある。図-4および図-5に、それぞれB海岸およびA海岸における弾性波伝播速度の度数分布を示す。これらより、対象構造物毎に弾性波伝播速度の度数分布は異なる傾向を示した。図-6に各施設の供用年数と測定された弾性波伝播速度の変動係数の関係を示す。同図より、弾性波伝播速度は、供用年数が長くなるにつれてばらつきが大きくなる傾向がみられた。これは、コンクリートの劣化が均一に生じないことに起因するものと考えられる。

4. まとめ

本論文において得られた結論は以下のとおりである。

- 1) 施設ごとに最大ひび割れ幅を抽出したデータの極値分布への適合度を評価した結果、十分な標本数が得られた場合、Gumbel分布およびWeibull分布に高

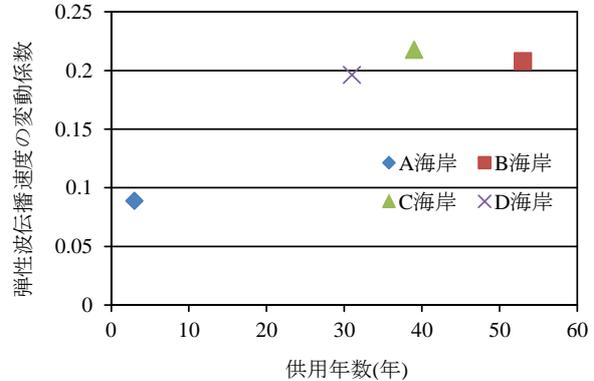


図-6 弾性波伝播速度の変動係数と供用年数の関係

い適合度を示していることがわかった。

- 2) 施設を構成するコンクリートの弾性波伝播速度は、供用年数が高いほど測定時のばらつきが大きくなることわかった。

本研究は、科学研究費・基盤研究(B)(課題番号: 24360174, 研究代表者: 横田弘)の一環として実施した。また、調査に際しては、(独)港湾空港技術研究所 LCM 支援センター・加藤絵万上席研究官のご協力をいただきましたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) 農林水産省農村復興局防災課ほか: ライフサイクルマネジメントのための海岸保全施設維持管理マニュアル(案)、2008。
- 2) 古谷宏一、横田弘、橋本勝文: 無筋コンクリート海岸構造物のひび割れ幅に基づく新しい劣化度判定基準の提案、土木学会論文集 B3、Vol.68、No.4、2012。
- 3) 岩野聡史、森濱和正、極檀邦夫、境友昭: 弾性波速度の測定によるコンクリートの圧縮強度の推定、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、2003。