

吸水性高分子を含有する海底ケーブルの内部構造と通気・透水特性

令和7年2月 武内 孝太郎

要旨

目的

深海に敷設される海底ケーブルは、遠隔地間の通信を可能にする通信ケーブルなど、現在では必要不可欠なインフラの1つである。一方、ケーブルが切断される事故も生じており、ケーブル内部への海水の侵入を防ぐために、止水材として吸水性高分子粉末が含有されている。ただし、海底ケーブルの空隙の状態や止水性能に対する十分な評価は実施されていない。本研究では、通信用光ファイバケーブル内に含有される吸水性高分子粉末の止水性能を定量評価するために、XRM（3次元高分解能X線顕微鏡）を用いた画像撮影によりケーブルの内部構造を可視化した。そして、水圧载荷型の透気・透水試験装置を開発し、通気特性と透水特性を定量評価した。

方法

①内部構造の可視化（4種類のケーブル）：XRM画像から、密度の違いによる3次元画像を作製した。以下の試験では1種類のケーブルを用いた。②透気試験：ケーブルの外周に水圧（セル圧） p_c を载荷した状態で、ケーブル断面（入口側）に空気圧 p_1 を载荷（出口側の圧力は大気圧）し、ケーブル内の平均圧力 $p_{\text{-cab}}$ と平均流量 $q_{\text{-cab}}$ を算出した。③透水試験：セル圧 p_c と入口側の水圧 p_1 が異なる条件において、透水量を測定した。さらに、試験後にケーブルを短く切断し含水量も測定した。

結論

- 4つのケーブルとも、内部に空隙に相当する密度の小さい部分が連続して存在する。そのため、空気圧 p_1 を载荷すると、すぐに p_{in} は減少するが、比較的大きい透気量が生じる。平均圧力 $p_{\text{-cab}}$ と平均流量 $q_{\text{-cab}}$ の関係は一義的であり、水圧 p_c や空気圧 p_1 の履歴に無関係である。
- 吸水性高分子が十分に吸水膨潤するまでの時間は、30秒程度であり、内部空隙の割合は12.5%と推定される。
- 少しの破損の場合は止水性能を発揮するが、完全な切断の場合には、浸水距離 $L(\text{m})$ は長くなり、 L と水深 $h(\text{m})$ の関係は、 $L=0.2035 \times h + 0.4342$ で概略評価できる。

指導教員 河村 隆 教授