

# 沿岸域における高波避難に関する高度警戒システムの開発

研究予算：運営費交付金  
研究期間：平29～令1  
担当チーム：寒冷沿岸域チーム  
研究担当者：中嶋雄一、佐々木淳、  
長谷一矢

## 【要旨】

沿岸道路の越波による交通障害に対しては、道路管理者が交通規制を敷いて安全確保に努めるが、それでもなお車両の破損事故が発生する場合がある。このような事故回避を目的として、越波発生の危険性を直接運転手に周知する高波警戒システムの開発を進めている。本システムを開発するうえで、波のうちあがり状況を広範に把握する必要があり、その方法として光ファイバによる歪計測技術（FBG センサー）の活用を検討した。水理模型実験により FBG センサーの適用性を検討した結果、波のうちあがりに連動して応答すること、波のうちあげ高の推定が今後の研究課題となることなどが明らかとなった。

キーワード：越波、沿岸道路、交通障害、光ファイバ、FBG

## 1. はじめに

北海道沿岸の道路においては、低気圧や台風の接近に伴い越波による交通障害がしばしば発生している（写真-1）。道路管理者による交通規制<sup>1)</sup>が安全対策として行われているものの、越波による通行車両の破損事故も報告<sup>2)</sup>されている。本研究では、越波発生の危険性を直接運転手に周知することにより、危険路線からの退避や車両の減速による被害の軽減が可能であると考え、高波警戒システムの開発を進めることとした。

図-1 は高波警戒システムの構想図である。道路護岸側壁に設置されたケーブル状のセンサー部で波のうちあがりを広範に感知し、監視部から危険情報を発信する構想である。このセンサー部に光ファイバセンシング技術である FBG センサー<sup>3)</sup>の活用を検討している。本報告は、高波警戒システムへの FBG センサーの適用性を水理模型実験で検討するとともに、システム開発に向けた課題を整理したものである。



写真-1 沿岸道路における越波発生状況

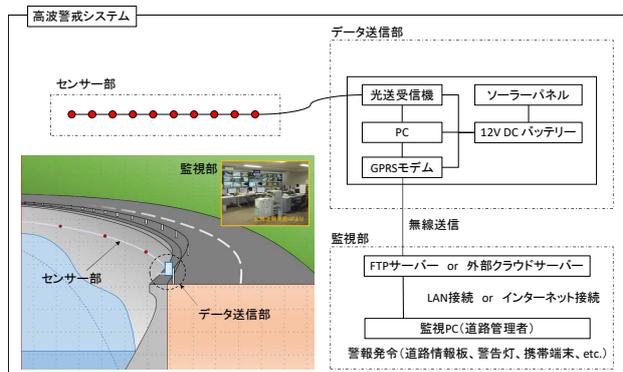


図-1 高波警戒システムの構想図

## 2. 研究方法

### 2. 1 FBG センサーの計測原理

FBG センサーの概念図を図-2 に示す。図中の写真が本研究で使用した FBG センサーであり、構造は一般的な光通信で使用する光ファイバと同じである。光ファイバはコアと呼ばれるガラス繊維の中心層を光が進行する仕組みであるが、このコアに一定の格子間隔  $\Lambda$  の回折格子（Fiber Bragg Grating : FBG）を書き込む（特殊な方法で屈折率を変える）ことによ

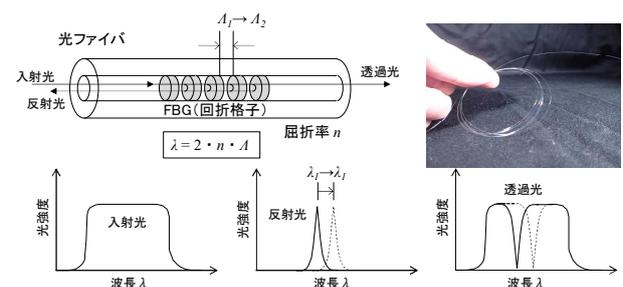


図-2 FBG センサーの概念図

り、その格子間隔に応じた波長の光だけが反射する性質がある。この格子間隔  $A$  と反射光の波長  $\lambda$  には  $\lambda=2 \cdot n \cdot A$  ( $n$ : コアの屈折率) の関係があることから、光の波長変化を計測することにより、回折格子の間隔すなわち光ファイバの歪を計測することができるのである。詳細は文献<sup>3)</sup>を参照されたい。

## 2. 2 実験方法

写真-2 は、道路護岸模型に FBG センサーを設置した水理模型実験 (平面実験) の状況である。FBG センサーは多点計測が可能であり、広範な波の監視が可能であるかを検討するため、固定治具を用いて区間1、区間2、区間3に3分割した。また、波のうちあげ高は、ビデオ映像から測線1、測線2、測線3の目盛りを読んで測定した。波の入射角を  $30^\circ$  とし、区間1側から波が順に作用するようにした。

## 3. 研究結果

図-3 は、写真-2 に示す実験の結果である。図上段は測線1、測線3における波のうちあげ高、そして図下段は FBG センサー歪の時系列データである。FBG センサーの歪変化を見ると、押し波時と引き波時に応答していることがわかる。また、1本の FBG センサーであるが、固定治具で3分割することで、区間1と区間3が独立して応答していることがわかる。図-4 は、波のうちあげ高と FBG センサー歪の関係を示している (断面実験結果)。両者には全体的に右肩上がりの傾向が見られるものの、歪のみからうちあげ高を推定することは困難である。

## 4. まとめ

高波警戒システムの開発に向けた FBG センサーの適用性を検討し、以下の結果を得た。

- 1) FBG センサーは、うちあがる波の動きに連動して応答する。また、区間分けされた FBG センサーは区間毎に独立して応答する。
- 2) FBG センサーの歪と波のうちあげ高には明瞭な比例関係はない。歪のみからうちあげ高を推定することは、現時点では困難である。これは FBG センサーの測定区間内において、波のうちあがりに偏りがあるためと考えられる。うちあげ高の解析方法は、今後解決すべき研究課題のひとつである。今後は本報告で明らかとなった課題解決と、実用化に向けた現地試験が必要であると考えている。

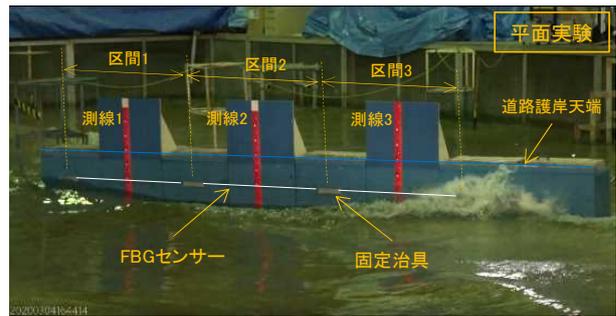


写真-2 FBG センサーを用いた水理模型実験状況

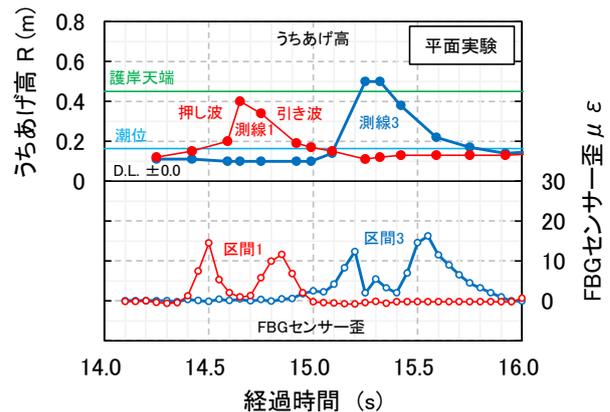


図-3 波のうちあげに対する FBG センサーの応答

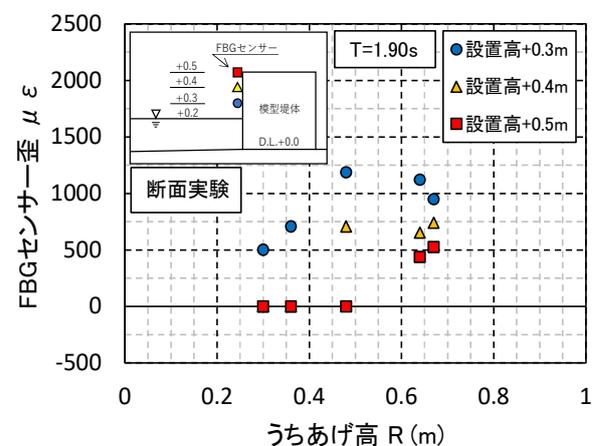


図-4 波のうちあげ高と FBG センサー歪の関係

## 参考文献

- 1) 長谷一矢:「沿岸道路における高波警戒システムの開発～数値波動水路を用いたシステム作動条件の検討～」、寒地土木研究所月報、第785号、pp.22-27、2018。
- 2) 清水敏明・木村克俊・高橋翼・山本泰司・上久保勝美・名越隆雄・吉野真史:「海岸道路を走行する車両の高波によるフロントガラス被害の分析」、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.66 No.1、pp.746-750、2010。
- 3) 佐々木一正:「光ファイバセンシング—FBG 歪センシングと応用」、Plant Engineer(Dec.2009)、pp.66-72、2009。