

新型レーザー津波計の開発

Development of a new type laser tsunami-meter

坂田 正治[1]

Shoji Sakata[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

1. はじめに

津波災害軽減のためには、有効な津波警報システムが必要である。現在の気象庁による津波警報システムは、計算の便利のため種々の仮定を導入しているため、第一近似としては有効であるが、波高のより正確な予測のためには、沖合で津波波高を直接検知する津波早期検知システムが必要となる。

そのためのセンサとして、高精度で信頼性があり、しかも製作費・維持費が低いものとしてレーザー津波計の開発を行ってきた。これは、ファブリ・ペロー干渉計（向かい合った鏡の間で光を共振させる装置）を利用し、海底での水圧変化を高い分解能で測ろうとするものである。レーザーや電子回路はすべて地上にあり、海底のセンサ部には電力供給の必要がないため、光ファイバのみのケーブルはたいへん細くできる。また、センサ部はICや可動部分を含まないため、構造が簡単であり、信頼性が高くなる。

講演者は、既に、自己の発明に基づくレーザー津波計1号機を製作し、平塚市沖で実験観測を行ったが、これにより明らかになった種々の問題を解決するため、現在第2号機を開発中であるので、内容を紹介する。

2. 新形状の海中部容器

第1号機の海中部容器は形状も解析も複雑であったので、新しい発明に基づく簡素な形状のものを第2号機として採用した。容器円筒は軸方向に中心角が直角をなす4つの部分にわかれ、厚肉部分と薄肉部分が隣り合わせとなっている。容器外部の海水圧が変化すると、厚肉部分を結ぶ直径と薄肉部分を結ぶ直径はそれぞれ変化するが、これらの差も圧力変化に比例する。一方それぞれの直径に沿って配置された光共振器の共振周波数も、容器の変形に応じて変化する。ここでこれら二つの共振周波数の差、すなわちビート周波数の変化は、二つの直径変化の差に比例することがわかっている。それでビート周波数の変化を知ることにより外部圧力の変化を知ることができる。

次に外部海水温度が変化する場合について考える。過渡状態が過ぎて定常状態になったとき、すなわち、容器金属部分が外部海水温度と同じ温度になったとき、二つの直径の熱膨張による変化量は同一である。従って、二つの直径変化の差をとったとき、温度変化による寄与は相殺されてしまう。このように容器自体が温度変化に対する補償機構を備えている。

3. 光学系の改善

光学系については、先に現れた問題点を解消するため、FC/APC（端面斜め球状研磨）タイプのコネクタを採用し、またセンサ内部の光入射側にアイソレータも付加することにより、光ファイバ内部での干渉が発生しないようにした。また、光ファイバからのレーザー光を反射鏡に導くためのコリメータには、新しくセルフオックレンズ式のものを採用した。反射鏡は第1号機のもので、反射率は $99.3 \pm 0.1\%$ 、曲率半径は100mmである。使用レーザーは、単一結晶を非平面リング共振器として用いる、CW半導体レーザー励起Nd:YAGレーザー（米国LIGHTWAVE社製）であり、共振波長は1319nmで、レーザー出力は100mWである。

ケーブルは、シングルモードの光ファイバ12本（実際は4本のみ使用）を含む外径2.3mmのステンレス細管を中心にしたもので、被覆部外径は11mmである。

4. 検定・海底設置と今後の予定

製作した海中容器を水槽に入れ、水位を変化させて感度検定試験を行った。水位変化1cmに対してビート周波数変化は12MHzという高感度なものであった。その後、本装置を平塚市沖の当研究所波浪等観測塔下部水深20mの海底面に設置し、実験観測を始めたが、海中容器が敏感過ぎて、波の影響で計測状態が持続しない。そこで周波数の高い圧力変動をカットするためのカバーを取り付けるつもりである。

5. おわりに

基本的な問題はほぼ解決されそうなので、レーザーそのものの長期安定性を確保することが大きな仮題である。