

津波に対する対策と課題



震災特集

出口 一郎*

Measures against tsunami and their issue

Key Words : Tsunami, movable break water, return period, hazard map

はじめに

私は、津波の専門家ではない。しかし講義で「沿岸域防災工学」を担当し、一応津波に対する防災の特殊性の話は行っている。また、和歌山県の津波から『逃げ切る!』支援対策プログラムの作成や、新形式津波防波堤技術検討などの委員会活動、あるいは橋梁に作用する津波流体力に関する研究などを通じて、多少の知識は持っている。その範囲で書かせていただく。

沿岸域の防災に対する考え方

沿岸域では、さまざまな災害が発生している。高波浪時には越波による交通障害などが日常的に発生し、継続する海岸侵食により沿岸域の脆弱性が日々増大している。一方で、台風による異常な潮位上昇(高潮)や高波浪による災害が数年～数十年周期で発生し、巨大地震による津波によって数十年～数百年に一度、深甚な被害が発生している。このような災害に対する防災施設の考え方は、以下のとおりである。すなわち、この外力まで守ろうという外力レベル(防災基準)を決め、それを設計外力として海岸保全(防災)構造物を設計し、施工を行う。

通常、波浪に対しては、長年にわたる観測結果の極値統計処理によって求められる確率波高(たとえばn年に1度は発生すると推定される波高をn年確

率波と定義)が用いられ、耐用年数が30年程度の構造物に対しては、30年確率波を設計波とすることが多い。当然30年確率波高よりも50年確率波高のほうが大きい。社会経済活動が集中し、社会資本の蓄積が顕著な大都市沿岸域では、この防災基準(設計基準)は、当然大きく設定される。また被災するとそれによる大きな2次被害の発生が予想される施設周辺(原発、大規模製油施設など)でも高い防災基準が設定される。

このような防災基準に基づき、各種防災施設が建設されるわけであるが、わが国では防災事業は公共事業として行われる。「無駄な公共事業はやらない」が、いつの間にか「公共事業は無駄だからやらない」(コンクリートから人へ)ということになり、下手をすると過大設計の愚を指摘されることになる。企業が自己防衛のために構築する防災施設に至っては、施設安全面とコストパフォーマンスとの狭間でより大きな葛藤が存在し、また通常の防災施設においても住民側(守られる側)に利便性(使い勝手の良さ、あるいは景観の良さ)と安全性の間での葛藤が存在する。この基準をどう考え、だれがどのように決定するのか?これは哲学である。

いずれにしても、防災基準を超えた外力が来襲すると災害は間違いなく発生する。ここではこのような災害を超過災害と表現する。たとえば既往最大波高をもたらした津波に対応するための防災施設を作っても、既往最大値を超える津波が来襲する確率は0ではない。その時は、いわゆる防災構造物も破壊され、カタストロフィックな災害が発生する。

図-1は、設計外力(防災基準)を30年確率～1000年確率と変化させた場合に、設計外力以上の外力が発生する(安全率を1とした場合に構造物が被災する)確率の経年変化を示したものであり、学部3年生の演習問題である。ただし外力の発生は完



*Ichiro DEGUCHI

1948年3月生

大阪大学工学部土木工学科卒業(1971年)

現在、大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 社会基盤工学コース

教授 工学博士 海岸工学

TEL: 06-6879-7613

FAX: 06-6879-7616

E-mail: deguchi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

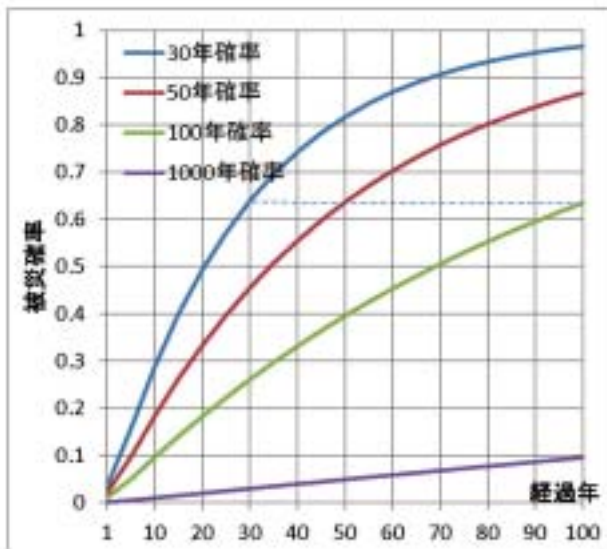


図-1 防災基準別の被災確率の経年変化

全なランダムプロセスと考えている。図-1より、耐用年数30年の構造物を30年確率の外力で設計すると、耐用年数以内に被災する（設計外力以上の外力を受ける）確率は60%以上あることがわかる。

超過災害にどのように対応するか？対処する方法は、警報伝達・避難誘導システムと避難施設の適正な配置しかない。人が移動して非難することで、命は助かる。しかし日常生活の場、社会経済活動の場を守ることはできない。限られた予算の中でいかに命と生活の場を守っていくか、官学民及び関係する住民が一体となって熱い議論が必要である。

従来の津波対策

津波・高潮災害と一括りで議論される場合もあるが、高潮の場合は、天気図の台風経路をよく見ていれば、危険となる時刻と潮位上昇量は、十分に時間をおいて前もって予測可能である。また地震によって発生する津波の波高、到着予想時間などに関しては、かなりの精度で予測可能である。しかしどこで地震が発生するかという予測は容易ではない。地震が発生するまでは、津波の発生の有無、発生した場合の大きさの予測ができない。今回のマグニチュード9の地震では、地震発生後10分足らずで津波に襲われた地域もある。

従来このような津波防災対策は、ソフト機能とハード整備の両面から行われてきた。ハードウェアによる対策としては、湾口防波堤、津波防災林、水門・

樋門、防潮堤などの建設であり、チリ地震津波（1960年5月）による災害以降、高地移転、盛土による地盤嵩上げなども行われてきた。また、ソフト対策としては、気象庁の津波発生・伝播予測に基づく情報伝達、警報・避難誘導システムと避難場所の確保であるが、チリ地震津波以後土地利用規制も行われてきた。

ソフト対策で重要な役割を果たすのが、ハザードマップである。津波の場合は、主として中央防災会議で予想された（近畿地方太平洋側では、南海・東南海地震が同時に発生した場合に発生すると予想される）津波来襲時に、防災施設が機能しないと考えた場合の浸水深と、避難経路、避難先が示されている。ちなみに津波に対しては、確率波高の概念は適用されず、既往最大波高、あるいは近い将来発生が予想される地震によって生ずると推定される津波波高が想定外力になる。国土交通省国土地理院のHP (<http://www.gsi.jp>) から「あなたの町のハザードマップ」にアクセスすることにより現在都道府県、市町村などで公開されているすべてのハザードマップを見ることができる。防災施設が機能しない場合を想定した浸水域が示されているわけで、津波の発生が予測される場合は、防災施設の設計外力（防災基準）すなわち想定される外力より大きい小さいかということには関係なく、浸水が予想される区域からは逃げなければならない。唯一「想定」されているのは、ハザードマップを作成する際の津波の大きさであるが、ハザードマップには例外なく「浸水予想区域外でも浸水の恐れがある場合は避難すること」あるいは「万が一の時には海水が浸入してくるかもしれないという心の準備と避難対策を考えること」が推奨されている。

注意しなければならないのはソフト対策で救われるのは、唯一「命」であり、社会基盤、日常生活の場を守ることはできない。

新しい津波対策

港湾の防波堤開口部には船舶の航路を確保する必要から固定式防波堤を設置することができず、港口部から侵入する高波等のエネルギーを十分に低減し、真に安全な港湾を整備することは難しい。一般に港湾の周辺には、被災すると社会的な損失が大きい様々な施設（石油関連、発電所、など）が集中し、人口

密度の高い市街地が存在する。この防波堤開口部（航路部）において、非常時の津波・高潮の低減効果の向上と平常時の航路への影響の低減を両立させるためのハード施設として可動式の新形式防波堤構造が検討されている。ここでは、新たな津波防災施設としての検討されている可動式防波堤について紹介する。

可動式防波堤に要求される性能は、以下のとおりである。

- ①津波に伴う港内の水位上昇の適切な抑制（背後地が浸水しない水位の保持）
- ②津波に伴う港内の水位低下の適切な抑制（護岸、岸壁の安定性の確保、係留船舶の座礁の防護）
- ③通常時、誤作動等による偶発的な浮上の防止（航行船舶の安全性の確保、航路の確保）

これらを満たすためには、「想定される」地震が発生しても機能し、津波来襲時には確実に動作し、港内の水位上昇、水位低下を抑制する構造でなければならない。この機能は、余震発生時も保持されなければならない。また、誤動作による浮上が発生するようなことがあってはならない。

これらの条件を満たす構造物として以下に示す直立浮上式防波堤とフラップゲートタイプ防波堤の検討が行われ、実用化されつつある。

直立浮上式防波堤

図-2に示すように2重鋼管から成り、下部鋼管を海底面に設置し、その中に上部鋼管を収納する構造で、上部鋼管内に空気を供給することで、浮力によって上部鋼管を浮上させ、津波の侵入を遮蔽するものである。津波が収まった後は、上部管の空気を排気し下部鋼管の中に収納する。現在建設が計画

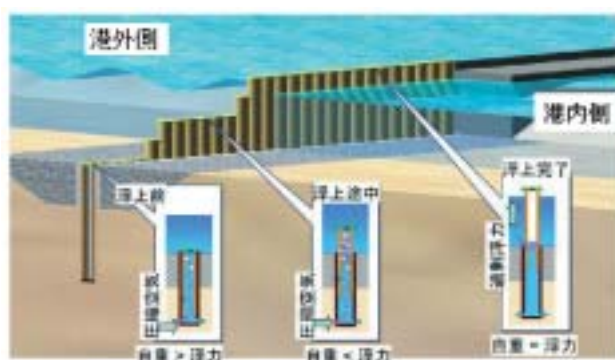


図-2 直立浮上式防波堤

されている港湾開口部防波堤（水深約14m）は、下部鋼管の外径3000mm、厚さ $t=45\text{mm}$ 、根入29m、上部鋼管の外径2800mm、長さ21mであり、上部鋼管は、10分以内に完全に浮上する。

この直立浮上式防波堤は、独港湾空港技術研究所、(株)大林組、東亜建設工業(株)、三菱重工鉄構エンジニアリング(株)、静岡県（協力）により共同で技術開発された日本独自の可動式防波堤である。

フラップゲート式津波防波堤

通常は海底に倒伏し、津波・高潮の発生が予想された際に、港口を閉鎖する防潮ゲートである。港内外の水位差により自然に起立・倒伏を行う。

フラップゲート式津波防波堤は、長さが20m程度の独立した扉体を並べたもので構成され、扉体に給・排気することにより開閉する機構を有し、津波や潮位差による水圧荷重を、扉体底部回転軸と扉体頂部付近より係留するテンションロッドを用いて支持する構造である。日立造船(株)、東洋建設(株)、五洋建設(株)等のグループで開発が進められ、今年度現地での実機試験が行われる予定である。

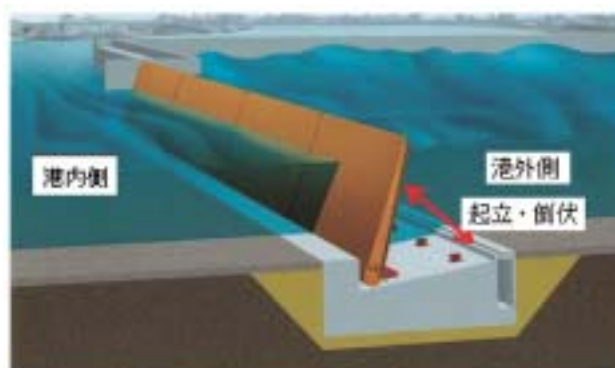


図-3 フラップゲート式防波堤

このタイプの防波堤は、すでにイタリア・ベニスの高潮防御（モーゼ計画）施設として施工されているが、モーゼ計画の防波堤は沖側に支点を有し潮位が低い側に傾斜しているのに対し、この防波堤は岸側に支点を有し、扉体の浮力のみではなく押波時の流体力も利用して浮上させる機構になっている。

あとがき

今回の東日本の災害は、そもそもは巨大地震の発生と地震によって発生した大津波の来襲によって引き起こされたものであり、それぞれに伴う2次災害

がとんでもない事態をもたらしている。特に原発に電気がなくて冷却できないという笑い話にもならないことが起こってしまった。

わが国では、過去数多くの津波による大規模災害をこうむってきた歴史があり、その経験に基づいてソフト機能とハード整備の両面から様々な津波対策が行われてきた。しかし、社会資本のより高度な沿岸域への集中、高齢化（災害弱者の増加）、急激な自動車社会の進行など、社会情勢も急速に変化している現在、過去の経験・事例は参考にならない場合

が多い。ハード整備で社会資本はある程度のレベルまで守れても、間違いなく超過災害はいずれ発生する。一方、災害情報で命を守れても、生活の場、社会経済活動の場が失われては、憲法で保障されている健康で文化的な生活を営む権利は損なわれる。今回の災害で、低頻度ではあるが大規模で壊滅的な津波災害に対する防災・減災をどのように図るのか改めて考えさせられたが、答えはまだ見つかっていない。

