

2.2.2 講演要旨

講演 「津波の科学と防災対策」

東北大学附属災害制御研究センター 教授 首藤伸夫

(1997年12月9日 第2回 東海・東南海・南海地震津波研究会)

講演要旨

○ 津波の科学

津波のエネルギーが伝わる速度（伝播速度）

津波のエネルギーが伝わる速度（伝播速度）は $(gh)^{1/2}$ で表される。太平洋の平均水深を約4,000m, 重力加速度 g を10m/sとすると、津波の伝播速度は200m/s (720km/時) で進むことになる。この特性によると、津波のエネルギーの伝播速度は深い所では速く、浅い所では遅くなる。

津波波高が高くなるメカニズム

岸近くでの波の波長は数km～数10kmにもなる。先に岸に到達した波の速度よりも次に押し寄せる波の速度の方が速いため、岸近くに蓄えられる津波のエネルギーは大きくなると同時に、そのエネルギーが集中する範囲も狭まってくる。このため、位置エネルギーが大きくなり、津波波高が高くなる。これを浅水効果という。

広い幅の湾口から狭い湾奥に津波が来襲する場合は、津波のエネルギーが湾奥に押し込まれ集中する。そのため、位置エネルギーが大きくなり、津波波高が高くなる。これを集中効果という。

湾地形にはその湾特有の振動周期がある。これは湾の奥行き長さによって変化する。いわゆる、湾の奥行きが長い場合は振動周期は長くなり、湾の奥行きが短い場合は振動周期が短くなる（例：長いブランコはゆっくり揺れ、短いブランコは速く揺れる）。

湾の奥行き長さが、津波の1/4波長と同じような場合共振が起こり、湾奥の津波波高が高くなる。さらに、このような周期の津波が3波以上続いて来襲したとき、湾奥の津波波高は増大する。これを共鳴効果という。

- ・ 上記 2つのメカニズム以外でも地形の僅かな変化によって、津波の特性（波形や波力）は変化する。例えば、津波波高が小さくてもはい上がり高さが大きくなったり、水深の浅いところでも津波の伝播速度が速くなったりする場合がある。
- ・ 津波の数値シミュレーションを行う場合は、上記のような点を考慮して信頼できる地形データを用いなければならない。
- ・ 湾地形が複雑で奥行きが深く、入り組んだような地形では津波の数値シミュレーション結果と実際の津波高さが合わないところがある。（津波計算結果<実際の津波高さ）このような場所は特に注意が必要である。（例：和歌山県田辺市浦神地区）

○ 津波に対する防災対策

- ・ 津波に対する総合防災対策には、大きく3つの柱がある。
防災施設、 防災地域計画（津波に強いまちづくり）、 防災体制
- ・ 近年の津波防災の考え方は、「 防災施設だけで完全に津波災害を防ぐ」という考え方から、「 ~ の組み合わせによって対応する」という考え方に移行している。

防災施設

・ 防災施設に関して今問題となっていることは、構造物の老朽化である。この老朽化をいかに発見し、どのように維持、補給するかということが今問題視されている。50年から100年に一度来襲する津波に対して長期間その機能を維持できるかということが防災施設の整備における課題である。（例：岩手県田老町防潮堤）

（防潮堤の効果）

- ・ 天端高よりも低い高さの津波は完全に防御できる（例：岩手県宮古湾）。しかしながら、天端高を大きく上回るような津波が来襲した場合は、その効果はゼロに等しい。
（例：北海道奥尻島青苗地区）
- ・ 防潮堤を乗り越えた場合、堤内域は海水プールになってしまう。その対応として内水排除がスムーズに行えるようなシステムを構築しておく必要がある。例えば、防潮堤自体に内水の圧力で自然と堤外に排出されるような機能を持たせる等の工夫が望まれる。
- ・ 天端の低い防潮堤にゲートを設置するのは好ましくない。なぜなら、ゲート管理者は、津波来襲時にゲートを閉めるために危険な海岸へ行かなければならなくなる。通常の利用であれば、階段を設置する等の他の工法を採用すべきである。
（例：和歌山県田辺市浦神地区）
- ・ 防災構造物の整備の仕方によっては、施設が人の命を奪う結果となる場合がある。例えば、高潮対策で整備した根固め工（消波工；異形ブロック）が砂浜から防潮堤背後へのアクセスの妨げとなり、砂浜にいた人の避難が遅れ被害に遭うということがある。これは、高潮対策と津波対策の前提条件が異なることによるものである。いわゆる、高潮対策では海が荒れた場合は砂浜には人が居ないという前提で検討するのに対して、津波対策ではいつ津波が来襲するか解らないという前提で検討する。今後望まれる沿岸防災を考える際には、あらゆる突発的な状況に対処できるように一定区間毎に避難路を確保する等の配慮が必要である。
（例：秋田県）
- ・ 急傾斜地の前面に住宅があるような海岸での防災対策を検討する場合、津波対策を計画する機関と急傾斜地を整備する機関は連携をとり、高地への避難路を盛り込む等の配慮が必要である。いわゆる、ある現象に対する防災計画を検討する場合には、その他に配慮すべき安全対策を同時に盛り込んでおく必要がある。（例：北海道）
- ・ 津波対策を検討する場合、津波災害の経験者は非常時の人間の行動パターンをいろいろ想定して避難路等の対策を講じる。しかしながら、実際の津波を知らない担当者が検討する場合は、非常時の人間の行動パターンを想定し対応することを忘れがちであり、懸念されるところである。（例：岩手県大田名部地区海岸堤防の避難階段）

(津波防波堤の効果)

- ・ 津波防波堤には大きく2つの効果がある。
 - 津波の堤内への侵入は許すが、堤内へ入る水量を制限し、堤内の水位上昇を抑制する効果。
 - 津波防波堤を湾口に設置することにより、湾の固有振動周期を変化させ、津波の共鳴効果を緩和する効果。
- ・ 津波防波堤を湾口に設置したことによって、湾内の海水交換が阻害され、堤内の水質が悪化するという事例がある。このように、防災施設と日常生活とのバランスをいかにとるかということを考えて計画することが重要である。(例：高知県須崎港)

防災地域計画

- ・ 最も効果のある方法は高地移転である。
 - (例：岩手県綾里地区，高知県土佐清水市，田辺市内之浦地区)
- ・ 丈夫な建物は被災を免れる可能性が高い。このような建物を海岸線に配置し、町の津波に対する抵抗力を高めるという考え方がある。アメリカでは、「海 防潮林 強固な建物(鉄筋コンクリート製) 住宅という配置が望ましい」という報告例がある。強固な建物は、漂流物(材木，座礁船舶等)による衝突を吸収し、背後地の被害を軽減する効果がある。経験的(事例的に)に鉄筋コンクリート製の建物が倒壊する可能性は、津波による浸水深が6m程度までは低いようである。
 - 例：(強固な建物が倒壊しなかった事例)北海道奥尻島青苗地区，岩手県釜石市
 - (倒壊例)アリューシャン・ウニマック島の灯台
 - (強固な建物がなく漂流物で大きな被害を受けた事例)岩手県大船渡市，宮城県志津川町

防災体制

- ・ 従来の気象庁の津波警報システムは、日本沿岸を18の区域に分けて、震源位置と地震規模によって推定するものであり、近年の実状と合わなくなっている。そこで、最近では、区域分けを各県、さらに特異な県では県内を2つに分けるとともに、各地点の予想津波高さや到達予想時間まで知らせるシステムが検討されている。このシステムの骨格は既に出ており、後は実行予算が付けば1999年の4月から実動が始まる。
- ・ 地震津波で怖いのは火事である。特に可燃物(石油タンク等)と結びついた場合が危険である。この対処法としては、多少費用はかかるがタンク等を地下に埋設しておくのが望ましい。
 - (例：(大きな被害が生じた例)新潟県(1964)，(地下にタンクを埋設した例)ニュージールランド，南伊豆)
- ・ 人命の救助は一刻を争う。その際、救援道路は、津波による残骸により通行不可能となっている。この道路の復旧を行う際には多くの問題がある。例えば、高価な漁船をどのように処理すればよいのか等が明確でない(災害対策基本法の改正は行われたが、明確にされていない点が多すぎる)。今後はこの点を議論し、解決していかなければならない。(例：北海道奥尻島)
- ・ 道路整備を行う際には、通行不能になった場合の迂回路を設けるとか、重機の通行が常に可能な道路網の整備を行う等の事業を最優先すべきである。そうすることによって津波等の災害に強いまちづくりが可能となる。(例：三陸海岸)
 - 良い例として、和歌山県田辺市の二線堤がある(昔あった堤防を有効利用している)。

その際、堤防に植栽ブロックを整備して植栽を施し、景観面に配慮している。こうすることにより、景観的に潤いと安らぎを与え、町並みの調和を図ることができる。

- ・ 防災訓練を実施し、欠陥を発見し、それを改善すればよい。スケジュール通りの訓練では意味が無い。（例：阪神淡路大震災（兵庫県））
- ・ 自然災害、特に地震や津波による災害は広い範囲で起こる。このような災害に対する対応は個々の県単独で行うのではなく、接続する複数の県の間で協力して対応すべきである。今後は、そのためのシステムづくりが望まれる。

津波災害の現状と教訓

- ・ 避難場所（高台）に近く比較的安全なところの人ほど油断し、死亡率が高くなる傾向にある。（例：北海道奥尻島青苗地区）
- ・ 海岸に防潮林があり、海岸から1.5km程度離れた田で作業していた人が津波来襲に気づかずに被害にあった例がある。これを教訓とすれば、地震が発生した場合は常に海域の状況に注意を払うべきである。しかし、津波来襲を物珍しく海岸に見に行く人が多いが、非常に危険な行為であるのでやめるべきである。

（例：日本海中部地震津波，十勝沖地震津波の釜石港）

- ・ 浸水深70cmでも津波の勢いは凄まじく、人命は簡単に失われてしまう。
（例：日本海中部地震津波）
- ・ 漁船の避難としては、沖出しが最も望ましい。しかしながら、地震発生から津波来襲までの時間が2時間以上あるような場所に限られる。津波の到達時間が30分以内の場所ではあらかじめもらわなければいけない（人命が失われる可能性が極めて高い）。津波の到達時間が30分～2時間の場所での判断は難しい。
- ・ 浜辺にいて、しかも情報が得られない場合、立ってられないような地震が発生したら、即座に20m以上高い場所に逃げる。この教訓は、津波の約90%に適用できる。残りの10%は津波地震（遠地地震津波）に対してであり、その対処方法は確立されていない。

質 疑

津波により大きな鉄橋・コンクリート橋が落ちることがあるか。

- ・チリ地震津波までは結構あった。日本海中部地震では1件（隠岐島、木橋）。
鉄道橋については、昭和8年の津波で2～3例あった。
- ・東北大学・津波工学研究報告の昨年の号に、橋梁の被害をまとめてあるので参考にしてください。
- ・洗掘により橋脚がだめになる。船の衝突などで桁がずれて、落ちる。鉄道橋はすこしでも桁がずれると使えなくなる。コンクリート橋は津波が原因で落ちた例はまだない。

大阪に約350の水門があり、その全てを閉めるのに約6時間を要するということが、津波が来るまでに水門を閉めきれぬのか。

- ・津波の発生を確認してから水門を閉め始めると時間的に全部の水門を閉めることは難しい。また、水門が地震の揺れで壊れたりして、完全に閉まらないこともある。しかし、途中までしか閉まらなくても全開時よりは津波を防げるので効果がある。現在の水門は手動式になっているので、遠隔操作と手動操作を上手に使い分けて設置すると良い。

安治川にあるようなアーチ型の水門などを利用すれば、効果があるのではないか。

- ・効果はあるので、利用すれば良い。ただし、漁船を河川の上流に待避させてからゲートを閉める必要がある。地震によりゲートのヒンジ部に障害が発生した場合、ゲート作動時に自重で壊れることもあるので、構造設計上、このような点も配慮する必要がある。