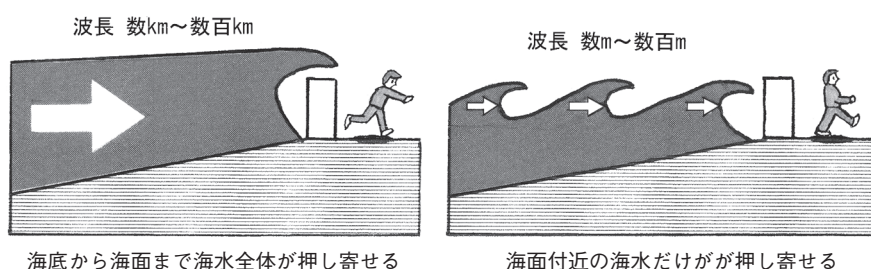


防潮堤問答



工学博士 西尾 宣明
元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

天皇陛下のお気持ちを忖度すれば

与太郎 天皇陛下が来年3月（平成31年）でご退位されるそうですが、それまでの間も随分お忙しそうですね。先月（平成30年6月）の9日から11日には福島県の相馬市や南相馬市を回られて大震災の犠牲者の慰霊などされたんですね。

大 家 そうですね。天皇皇后両陛下がいらっしゃるのと、地元の人たちも本当に嬉しそうですね。

両陛下がいつも国民の幸せを祈っておられることをみんな感じているからでしょうね。それに比べると今の総理大臣が現地に行っても何の感激もないんじゃないですか。国会での答弁などを聞いても、いかにも海千山千っていう感じがですからね。

与太郎 そうですよ。モリカケ（森友、加計）問題にしても、まともな人間なら総理が関係してないなんて絶対思っていないですよ。

大 家 そう思いますね。しかし、そういうことを見抜けないで、3分の2もの議席を与えてしまった国民も愚かだったことを反省しなければなりませんね。

与太郎 あれ？話がだいぶ生臭くなっちゃたけど。わたしが大家さんに聞いたかったのは大家さんの故郷の浪江町のことなんです。

大 家 ほう。どんなことですか？

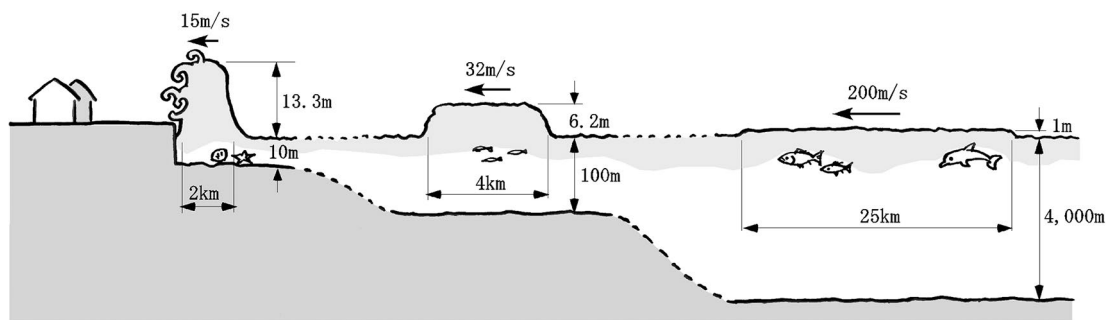
与太郎 両陛下はなぜ浪江に行かなかったんですか？浪江だって津波でやられたたんでしょう？

大 家 そのことですか。浪江には鮭が帰ってくる川が有名で、東北地方の漁港全体を見ても^{でな}獲る量も人口孵化して放流する量も一番ではないかと思います。そんな川の流域もまともに津波の被害に遭って、その犠牲者は約200人に上りました。

浪江町から小高町を挟んで北隣の南相馬市の650人以上、その隣の相馬市の450人以上に比べると少ないかもしれないけれど、一帯の人口密度が低かったことを勘定に入れると人口当たりの犠牲者の比率は他とあまり変わらなかったですね。

しかも、浪江町の名が全国に広がったのは福島第一原発の事故による放射能汚染が酷いので、町民約21,000人全部が町外に避難して、しかも福島県内はもちろん、千葉、埼玉、東京都といろんなところにバラバラに避難していることです。

中には町の外に家を作って定住してしまった者もいて、元の町が将来再現するかどうか怪しい状況です。私の弟も御多分に洩れず、早々と福島市の方に移住してしまいました。浪江町の家はいつか戻れる状況になっても良いように時々来ては庭の雑草を取り除いたり、家の中の清掃やカビ防止のための手入れをしたりしているようですがね。



(図a) 深さの変化に伴う津波の速さ、高さ等の変化（概念図）
（縦横の縮尺は全く実際を無視しています）

与太郎 そうなんだ。大家さんもだいぶ苦労したんですね。

大 家 私は別に苦労したわけではないですがね。

そんなわけで、両陛下は浪江に行きたいと思われても、放射能だけが住人のゴースタウンですから行きようがありませんね。

それよりも、両陛下は原子力発電のことで密かに心を痛めておられると拝察します。廃炉にするのにも何十年の年月と、巨額の費用が必要だし。放射性廃棄物の処理についても何万年先のことで配慮する必要があります。我々以上に理解しておられると思います。

しかし、政治家が決めた原子力政策に象徴としての天皇が口を挟むこともできませんからね。本心を表すこともできないことに如何程胸を痛めておられることかと忖度申し上げていますよ。

与太郎 あれ？忖度するってあんまり良いことじゃないんじゃないですか？

大 家 それはモリカケ問題で政治家と役人の間のよろしくない場面で使われたから悪いイメージの言葉になってしまったんですよ。本来は良い意味で使われることの方が多いいんじゃないですかね。

海の水全部が動く —（気象庁）— !?!?

与太郎 そうですか。

ところで、福島第一原発がやられた時の津波の高さは14メートルもあったんだそうですね。それなのに、防波堤の高さは6メートルだったんでしょう？

それじゃあ14メートルの津波は防げませんよね。

大 家 一般の人はみんなそう思っているんでしょうね。

問題なのは、地震関係の専門家までが一般人、つまり素人と同じ風に理解していることですよ。

与太郎 ええ!? そうなんですか？

大 家 その考えは前にお話ししたでしょう？「津波は防げない」という題で——

与太郎 それっていつだっけ。

大 家 えーと、NDT（非開削技術）の2012年7月号となっていますね。こんな昔じゃ与太郎さんが良く覚えていないのも無理はないですね。

あの時こんな絵（図a）を描いて説明したでしょう？

与太郎 ああ、思い出した。海が浅くなるとどんどん津波は高くなるんですね。

大 家 実は津波のエネルギーというのは、海面から海底までの水が全部関係しているんですが、それを考えるとちょっと厄介になるので、というよりも私の理解力を超えてしまうので、この絵では海面から上に出ている水の量だけが陸地まで運ばれるという簡便法で計算したんです。

与太郎 …っていうことは、実際には大家さんの計算よりももっと波は高くなるってということですか？

大 家 そう思いますね。

だからと言って、気象庁がホームページに書いているように、海底から海面までの水が全部津波になって押し寄せるわけではないんですよ。

与太郎 あれ、そうなんですか？

大 家 今度の地震で、日本列島を乗せたユーラシア大陸が50メートルも東に動いて太平洋プレートに乗り上げたのが津波の元だったわけです。

それによって幅約50キロメートルの海面が平均約1メートル持ち上げられて、半分の25キロメートルが日本の海岸に、後の半分はアメリカの方向に向かってジェット機並みの速さで流れていくことになったと、

私は計算しました。

気象庁が言うように、その津波と一緒に海底から海面までの水が動くとしたら、深さ8,000メートルの日本海溝の水は空っぽになって、日本列島は全部津波に埋没してしまいます。

実際には音波でも水の波でも同じですが、波の波形だけが一定の速さで進行しているんです。

ただ、波長が何キロメートル何10キロメートルというとても長く長い波ですが、少なくとも平常の海面から上に出た波の山の部分は波の速さと同じ速さで進むと考えていいと思いますよ。

与太郎 そう言うことなんですか。気象庁でさえもそんないい加減な考えなんですね。(冒頭のカットを参照)

大 家 波の高さはうんと低いですがね。

与太郎 でも、海岸に近づくと波は高くなるんですね。スピードは遅くなるけど。

防潮堤がない方が行方不明者は少ない！

大 家 ところで、津波対策の話ですが。岩手県あたりの防潮堤建設の実態はかなりいい加減なようですね。

一例として、「宮古 on Web『宮古伝言板』コーケやんブログ」というブログの記事から二、三の例を挙げて見ると、こんなものがありました。

1. 田老地区（世界に誇る防潮堤あり）

人口	4,436人
津波被災人口	3,000人（A）
行方不明者	229人（B）

$$\frac{B}{A} = 7.6\%$$

これは津波に被災した人口の7.6%も行方不明になったということです。この地区には高さ10メートル、長さ約2.5キロメートルの立派な防潮堤ができていて、「日本の万里の長城」と呼ばれて、国内外から絶賛されていたんです。

与太郎 それはいつ頃できたんですか？

大 家 着工は1934年で、増設などを何回も重ねて最後の形に完成したのは1966年ですね。

与太郎 随分昔に始めたんですね。これは実際役に立ったんですか？

大 家 1960年のチリ地震で津波がやってきたんで

すが、この時は幸いにも津波は防潮堤まで届かなかったんですね。

しかし東日本大震災の津波ではこの長城を津波は軽く乗り越えて、長城は全然役に立たなかったんですね。

与太郎 そうなんですか。みんな長城があるから安全だと思って、避難するのが遅かったんですね？

大 家 そういうことらしいですね。

もう一つ、^{くわがさき} 鉾ヶ崎という地区があって、こちらには防潮堤はなかったんです。ここでの被害を田老地区と同じように整理するとこんな具合です。

2. 鉾ヶ崎地区（防潮堤なし）

人口	5,400人
津波被災人口	3,200人（A）
行方不明者	65人（B）

$$\frac{B}{A} = 2.0\%$$

ほら、被災人口は田老地区とほぼ同じなのに、行方不明者は約4分の1と少ないんです。なぜだと思いませんか？

与太郎 防潮堤がない分早く避難を始めたんですかね。

大 家 全くその通りなんですね。大きな地震があれば必ず津波はやってくるという意識が住民全体に浸透していたんですね。

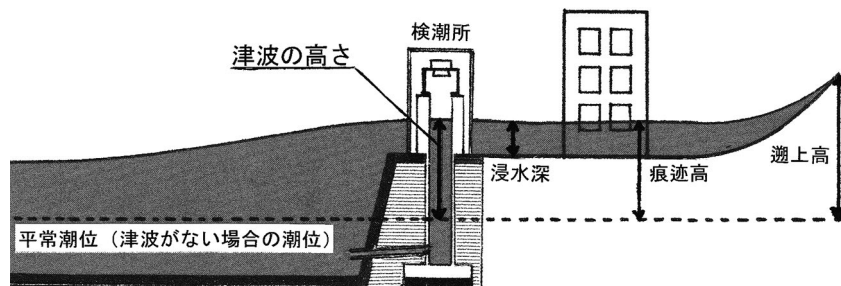
世界に誇る防潮堤があるというので安心していたのに、その防潮堤が何の役にも立たなかった田老地区とそこところが大きな違いだったんですね。

「コーケやん」——このブログの主人の名前と思いますが——この方は大震災後の各地での防潮堤建設の計画を、住民の意向も取り入れず国が勝手に推し進めているのを強烈に批判しています。

私が思うに、国土交通省の技術屋は津波のことを本当に知らないんですね。知っていれば、私が前に話したような考え方に辿り着くはずなんです。

与太郎 千年に一度の今度のような津波は大家さんが言ったように、海の沖に大きな風力発電機が並べられるようなものすごく大きくて頑丈な防波堤を作らないと防ぎようがないってことですね。

大 家 そうです。それができないとすれば、住宅地をなるべく高台にまとめて、海岸沿いは漁業関連の設備や商工業の設備を中心にして、港湾の美しい風景はどこからでも見渡せるようにしておくべきです。



(図b) 津波の高さについての各種定義 (気象庁)

与太郎 千年に一遍ではしょうがないとしても人命の被害はうんと抑えられますね。

大 家 防潮堤がない方が行方不明者が少なかった銚ヶ崎地区のようにね。

10メートルの防潮堤では津波が止められなかったから、次は12メートルにしようなんて考えても全然役に立たないと思いますよ。

与太郎 それなんですけどね。さっきの田老地区だって、10メートル以上の津波が本当に来たんですか？

ほら、福島原発では6メートルの防潮堤に対して津波の高さは14メートルだったって言いますよね。

本当にそんな高い津波だったんですか？

大 家 与太郎さん。本当に良いところに気がつきましたね。

津波の高さを何で測るかについてはいろいろ問題があると思います。

例えば、例の田老地区の津波ですが、防潮堤を越える津波を実際に見た市民の一人は津波の高さは防潮堤の倍はあったと言っていたそうです。

次の(図b)は気象庁のホームページに書かれた津波の高さを定義する図です。

津波の高さは検潮所で測ります。それが上陸した時は「浸水深」、「痕迹高」、「遡上高」が定義されていますが、上陸した津波の高さの推定は多くの場合「痕迹高」の調査によって行われているようです。

ところが、福島原発について新聞などで言われているのは「遡上高」のことではないかと思っています。

一般に過去の津波の高さはこの「遡上高」を言っていると思います。地上のものは全部壊されていてしまうから、これしか測りようがないですからね。

与太郎 そうすると、原発を襲った津波の高さはどうだったんでしょうね。

大 家 おそらく、最初に東電(請け負った建設会

社?)の技術屋が予想したように、防波堤と同じぐらいの5,6メートル程度だったと思いますよ。

それが防波堤を越えて発電所の敷地内に流入したんですが、敷地は奥に行くほど高くなっていたので、ちょうど「遡上高の図」のように、流入した水の勢いで一番高くまで遡上したところが14メートルだったんじゃないですか？

ところが、その後東京電力の内部で検討した結果では津波の最大高さは13.3メートルで、原発敷地の浸水深さは11.5から15.5メートルとされています。

これは上の図の「浸水深さ」ではなく標準の海水面から測った「浸水深さ」で15.5メートルは「遡上高」のことだろうと思います。

与太郎 なんか、いろんな数字があってスッキリしないですね。

大 家 そうですね。津波の高さにしても、田老地区の住民が防潮堤の倍の高さと言ったのと同じように、原発の内部から防波堤を越える波を見た時の感覚を言っているのではないかと 思いますよ。

与太郎 そんな具合に見えたってことですな。

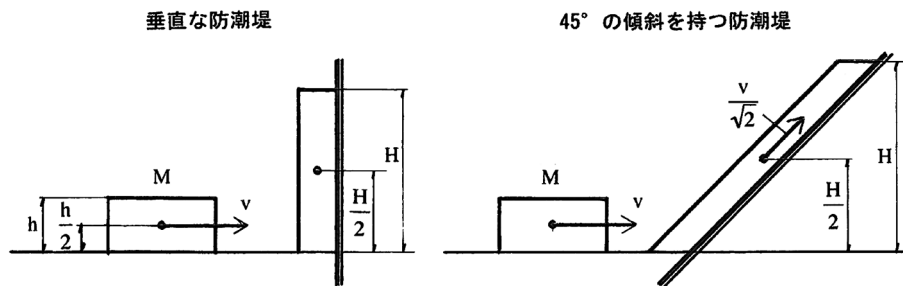
実際、防潮堤や防波堤のところまでそんなに高い津波がやってきたら、堤防なんか越えるのはお茶の子さいさいですね。

大 家 ところが、堤防の外までやってくる津波の高さがそんなに高くなくても、簡単に堤防を越えることができるんですよ。

与太郎 へえー。そんなカラクリがあるんですか？

大 家 カラクリと来ましたね。そんな手品みたいな仕掛けじゃなくても、「エネルギー保存の法則」という立派な自然の法則を考えればその答えは自然に出てくるんですよ。

与太郎 大家さんがよく言っている「無から有は生じない」ってやつですね。



(図c) 運動エネルギーは位置のエネルギーに変換される

大 家 そうです。津波が持っているエネルギーには運動のエネルギーと位置のエネルギーの二つがあります。その二つはお互いに変換しあうことができます。

ほら、一番簡単な例題は与太郎さんも高校時代に習った「ガリレオのピサの斜塔」と同じものです。

その例では落体の微分方程式を解いたと思いますが、何も微分方程式を解かなくても、エネルギー保存の法則を使えば簡単に解けてしまうんですよ。

与太郎 そんなこと言われてもどう解けばいいかわからないから、微分方程式と同じぐらい難しいですよ。

大 家 そうか、そうか。じゃあ種明かししましょう。

高さhの津波が左から右のほうに垂直の壁に向かってやってくるものとして、この波の先端の重さ（質量）Mの部分の壁に激突することを考えます（図c）。

与太郎 どうして波の先っちょだけ考えるんですか？

大 家 先端部分だけでも壁にぶつかった時どうなるかが分かれば後に続く波がどうなるかもわかることになると思いますから、それでいいんじゃないですかね。

与太郎 ああ、そうなんですか。

大 家 そこで、津波の先端の運動エネルギーは

$$M \frac{v^2}{2}$$

位置のエネルギーは

$$M \frac{gh}{2}$$

と書けますから、両方合わせて

$$E_1 = M \left(\frac{v^2}{2} + \frac{gh}{2} \right)$$

です。gは重力の加速度です。

ところが、波が壁にぶつかると波は進めなくなるので

$$v = 0$$

になって、波は壁に沿って立ち上がって、重心の高さがMgH/2の位置のエネルギーに変わるしかありません。つまり、

$$E_2 = M \frac{gH}{2}$$

です。ここで、「エネルギー保存の法則」によって

$$E_1 = E_2$$

したがって——これに2/gをかけて

$$H = \frac{v^2}{g} + h$$

というものすごく簡単な式になりました。

与太郎 なんかマジックみたいですね。本当に。

大 家 マジックよりも簡単でしょう？ しかもMなんてどこかに消えてしまいましたね。

そこで、例えば

$$v = 10 \text{ m/s,}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

と仮定すると、H = 15m、つまりやってきた津波の高さの3倍の高さになるので、わずか6メートルや10メートルの防潮堤じゃとても相手になりません。

与太郎 ああ、そうなんだ。でも、実際の防潮堤は垂直でなく斜めになってることが多いんじゃないですか？

大 家 そうですね。その方が堤体を頑丈にできますからね。

しかし、津波にとってはその方が乗り越えやすくなるんです。堤体をよじ登って前に進もうとする運動エネルギーがまだ残りますからね。

さっきと同じ計算を45°の堤体についてすると

$$H = 20 \text{ m}$$

という答えになります。

与太郎 へえー！そうなんだ。5mの津波でも20mの防潮堤を乗り越えることができるんだ。

さっき大家さんが言った田老地区の住民の話は、びっくりして大げさに見えたんじゃないくて、本当に防潮堤の倍の高さまであったってということなんだ。

大 家 そう思いますね。福島第1原発の防波堤を越えた波も、実際に13.3mの高さがあったんだと思いますよ。

与太郎 そういうことか。でも、ちょっと大家さんの考え方に納得いかないことがあるんですけど、いいですか？

大 家 ほう、いいですよ。どんなことでしょう。

与太郎 ホースで庭に水撒きしてる時、垂直の壁に当てると水はまあるく四方に広がりますよね。

津波の時は何で垂直に上の方だけにいくんですか？

大 家 素晴らしい！いい質問ですね。

でも答えは簡単です。津波の場合には質量Mの水のブロックがぴったりと隣り合って、何百メートルも何千メートルも繋がっているんですよ。その後ろも同じことです。それぞれの水のブロックは横に動く隙間もないんです。前に進むのみです。

与太郎 ああ、そうなんだ。大家さんはそこまで考えていたんだ。やっぱり我々長屋のアインシュタインなんだ。

大 家 「長屋のアインシュタイン」か。ノーベル賞をもらったような、こそばゆいような……。

しかし、我々の安全を託すべき国の学者や技術者の実力は全くお寒いものですね。もっと想像力を働かせた良い仕事をしてほしいです。

推進工事技士試験 過去6年間(2012～2017年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験「合格への近道」は、過去問題を「実際に解いてみることだ」と多くの合格者からの声が寄せられています。本書では模範解答はもちろん、その問題が工法体系のどこから出典されたのかが記載されています。出典箇所がわかるので、学習するポイントが明確化され「効率的な学習ができ合格できた」との声も多く寄せられています。

是非とも、本誌をご活用いただき合格していただければ幸いです。

1. 内容と特長

- 過去6年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。

これらのことをインターネットでご案内しています。

推進工事技士試験

検索

推進工事技士試験
試験問題
模範解答と解説

2017年度版(第26回)

推進工事技士試験問題研究会 編

2017年度版発売中!!

お問い合わせ先

株式会社 LSプランニング
<http://www.lswb.co.jp/shiken/annai>

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail info@lswb.co.jp