

～南海トラフ巨大地震に備える～

高知県の津波避難対策を視察して(1)

宮川 隆雄・吉田 伸一・中原 修

1. はじめに

防災委員会では、現地研修により得られた情報から北海道で大規模災害が発生した際の防災・減災に向けての資料とすることを目的とし、毎年「防災研修会」を実施しています。

平成29年度は11月9～11日の2泊3日の行程で、高知県高知市・南国市・中土佐市・黒潮町・四万十市・土佐清水市を研修地として訪れました。参加者は都市部会員12名 水工部会員3名の合計15名で高知県内の津波避難対策の現状を視察研修してきました。

今年度は上記日程に加え、先発隊の7名が高知県室戸市の津波避難施設を前日(11/8)に視察し、この報告も併せて行います。

これまでの研修は、地震後の復旧・復興状況を主としたものでしたが、今回は想定される南海トラフ地震の備えとしての予防対策について視察研修を行いました。本稿では津波防護対策(三重防護・海岸堤防)と高知県室戸市の国内初の津波避難シェルターについての報告を行います。さらに次号では高知県沿岸部の津波避難タワーについて報告します。

2. 南海トラフ地震について

(1) 南海トラフ地震



図-1 南海トラフ地震の想定震源域(出典：高知県公式 HP)

南海トラフ地震は、図-1に示すように西から東に向けて日向灘地震、南海地震、東南海地震、東海地震の広域な範囲を震源域としています。地震のメカニズムは図-2に示すように、ユーラシアプレートにフィリピン海プレートが潜り込むことにより、歪みが蓄積して生じるとされています。



図-2 南海トラフ地震発生の様式図(出典：高知県公式 HP)

(2) 過去の地震歴

南海トラフを起源とする地震は、1662年10月31日に起こった日向灘地震(M7.6)から306年経過した1968年4月1日に再度日向灘地震(M7.5)が発生しています。南海地震、東南海地震、東海地震についても巨大地震(M8.0超)がほぼ100年間隔で起こることが表-1から読み取ることが出来ます。今後30年以内に巨大地震の発生する確率は70%と言われ、国や自治体が地震津波防災対策を推し進める所以となっているものです。

表-1 過去の地震歴表(出典：高知県公式 HP)

現在	日向灘地震	南海地震	東南海地震	東海地震	現在
1662年	日向灘地震 (M7.6)				新発生から約180年経過
1668年		南海地震 (M8.0)			
1944年			東南海地震 (M8.1)		同時発生
1946年				東海地震 (M8.0)	同時発生
1727年				東海地震 (M8.0)	同時発生
1852年				東海地震 (M8.0)	同時発生
1800年				東海地震 (M8.0)	同時発生

(3)高知県沿岸市町村の津波想定

①最大津波高

黒潮町や土佐清水市最大津波高は、全国最大規模の34m超が想定されています(図-3)。

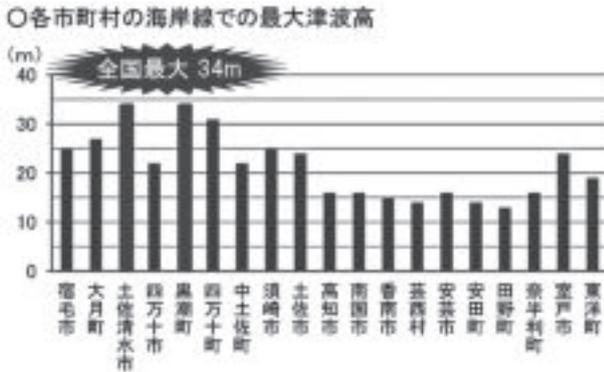


図-3 高知県沿岸の最大津波高(出典：高知県公式 HP)

②津波到達時間(津波高1m)

室戸市と東洋町の津波到達時間は、海岸線まで3分と想定されています(図-4)。

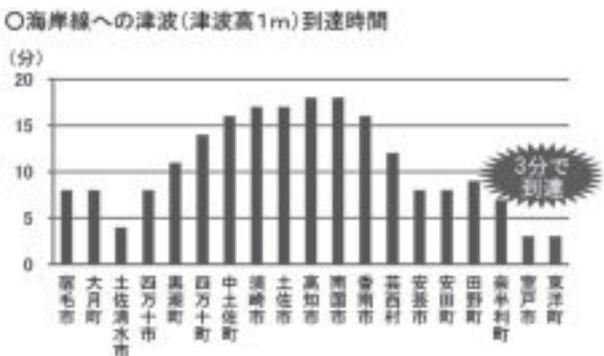


図-4 高知県沿岸の津波到達時間(出典：高知県公式 HP)

3. 高知県の津波防護対策

高知県は巨大地震に備え「揺れ対策」「津波対策」「火災対策」を基本に、南海トラフ地震対策を推し進めています。ここでは高知県沿岸部に於ける「津波対策」の内、津波・浸水被害の軽減について言及します。

(1)高知市浦戸湾の三重防護対策

高知市の中心は浦戸湾奥部に位置し、過去の地震津波・浸水被害等から被災しやすい地理的特性を踏まえたうえで、「三重防護」による対策を講じています。



図-5 「三重防護」のイメージ(出典：高知県公式 HP)

第一ライン：「第一線防波堤」(港湾施設)

【効果】津波エネルギーの減衰

高知新港の港湾機能の確保

第二ライン：「湾口地区・津波防波堤・外縁部堤防等」

【効果】津波の侵入や北上の防止・低減

第三ライン：「浦戸湾地区・内部護岸等」

【効果】護岸の倒壊や背後地浸水の防止等



写真-1 「第1ライン防波堤」の現況



写真-2 第1ライン防波堤延長工事(直轄)



写真-3 第2ライン津波防波堤の現況

(2) 高知県沿岸の海岸堤防

東日本大震災では、地震動による液状化や津波によって多くの堤防が破壊され、甚大な被害が発生しました。これを受けて高知県沿岸部では地震時の液状化による海岸堤防の沈下や変形を抑え、津波による浸水を防ぐために堤防の耐震・液状化対策が進められています。

土佐市、高知市および南国市の海岸は、国土交通省により「高知海岸堤防改良工事」として、いくつかの工区に分けて工事が進められています。工区によってさまざまな工法が採用されており、主に鋼管杭工法や二重矢板工法等で堤防の沈下・変形を抑制しています。

私たちが視察した海岸堤防は仁淀川左岸の河口付近で、「仁ノ工区」として整備が進められ、平成24年度に竣工しています。「仁ノ工区」(1.4km)は堤防形状の違いから1期工区(西側工区・L=710m)、Ⅱ期工区(東側工区・L=703m)の2工区に分けて行われました。視察したⅡ期工区は消波ブロックによる押え盛土工法が採用され、既設護岸にコンクリートを被覆し消波ブロックの荷重によって堤防の沈下・変形を防ぐ構造となっています(図-6)。

工事を行うにあたっては、学識者を中心とした検討委員会を設置して対象とする地震動や津波を設定し、背後地の利用状況や砂浜の生態系(ウミガメの産卵地)への配慮など、さまざまな制約のもと工法の選定を行っています。また堤防高については、今回の工事では既設護岸と同じ高さで施工されていますが、今後計画堤防高が見直された場合には、嵩上げ可能な構造にする等の工夫が凝らされていました。

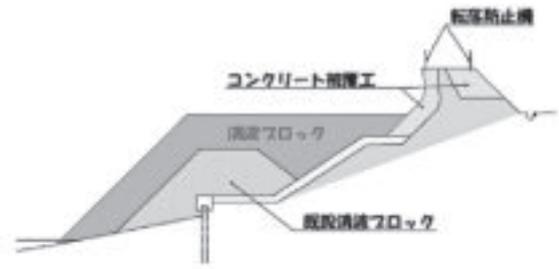


図-6 押え盛土工法の断面図

(出典：「東南海・南海地震に備えた海岸堤防改良工事について」高知河川国道工事事務所 四国技報第12巻24号(平成25年1月))



写真-4 高知市春野地区の海岸堤防・人家側



写真-5 高知市春野地区の海岸堤防・海岸側

写真-4 および5は竣工後の海岸堤防の状況ですが、既設護岸を挟み込むようにコンクリート被覆工を施しています。黒く帯状に見えているのが既設護岸の天端であり、消波ブロックも既設を活用したものととなっています。

4. 高知県沿岸の津波避難対策

高知県は最大クラスの地震からも命を守ることを前提に津波避難路・避難場所・津波避難タワー・津波シェルターの整備を行っています。

津波避難計画では、市町村の財政を実質ゼロにする県独自の仕組みにより整備の支援を行っています。以下にその整備計画総数を示します。

- ・避難路・避難場所：1,445箇所(1,361箇所)
- ・津波避難タワー：115基(90基)
- ・津波シェルター：1基(1基)

※括弧内は平成28年8月時点での整備数

(1)「津波避難タワー設計のための手引き」制定

①手引きの必要性

津波避難タワーの設置に関する明確な基準はありません。このため「津波避難ビル等に係わるガイドライン」を準用して整備する事例が多く、市町村毎に整備の考え方が異なるうえ、検討に時間を要していました。高知県では津波避難タワー設置に係わる業務を適切かつ効率良く進めるため、設計に関する基準や情報を取りまとめた「手引き」が必要と考え、この制定に至ったものです(平成24年9月)。

②とりまとめのポイント

- ・設置に必要な検討項目を時系列で整理
- ・津波高に対する余裕高の考え方を提示
- ・備えるべき施設や設備を例示
- ・津波の波力に対する考え方を提示
- ・津波避難タワー台帳を例示

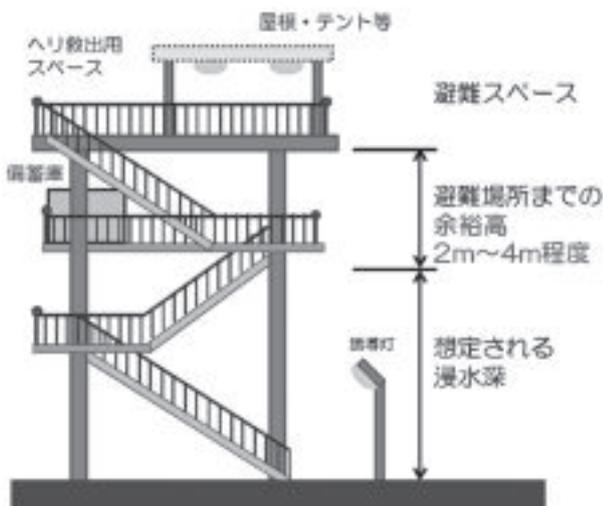


図-7 津波余裕高の考え方の提示

(出典：高知県危機管理部 南海トラフ地震対策課)

以上を主なポイントとして「津波避難タワー設計のための手引き」が制定されました。

表-2 「津波避難他タワー設計のための手引き」抜粋
(出典：高知県危機管理部 南海トラフ地震対策課)

【構造形式の特性比較】

形式	耐久性	建築コスト	建築する高さに対する対応力
鉄骨造	○	◎	○
鉄筋コンクリート造	◎	○	○
鉄筋鉄骨コンクリート造	◎	△	◎

※◎：優れる ○：普通 △：やや劣る

【建築する高さによって、構造形式を選択する際のポイント】

- ・一般的に、鉄骨造、鉄筋コンクリート造の差は、あまりない。
- ・鉄骨造、鉄筋コンクリート造の場合、建築できる高さの目安としては、15m程度。
- ・津波避難タワーの高さが、10mを超え、想定される津波の波力も大きい場合は、鉄筋鉄骨コンクリート造がコスト的に有利となる場合がある。

(2)津波シェルターの実用化に向けた取り組み

①計画の目的

津波避難タワーの整備が難しい地域等において、水密構造の避難スペースを有する津波避難シェルターを造ることで、津波からの避難場所を確保することを目的としています。

②津波避難シェルターの基本性能

【特徴】

- ・津波の想定にとらわれず、安全な避難場所を確保することが可能
- ・タワーを登る等の垂直避難に必要な時間が不要なため、迅速な避難が可能
- ・緩いスロープ等で避難が可能のため、災害時要援護者などの避難が容易
- ・火災発生時の避難者の安全対策が実施可能

表-3 津波シェルターの基本性能表

(出典：高知県危機管理部 南海トラフ地震対策課)

①収容時間	24時間 (津波の終息6時間 ^{※1} +救援6時間+余裕12時間)
②床面積	1m ² /人(津波避難ビルと同一)以上
③シェルター内空気	酸素濃度：18%～21%、二酸化炭素濃度：1.5%以下 (両者とも、労働安全衛生法)
④シェルター内温度	温度：30度以下 (熱中症環境保健マニュアル(2011年5月改訂版)、環境省)

※1：高知県津波浸水予測から推計

上記の目的および基本性能を踏まえ、立地する地形を勘案した構造形式の選定にあたっては、設置イメージ図(図-8、9、10)などを参考にして基本計画の立案・設計が行われ、日本初となる津波避難シェルターの建設に至ったものです。

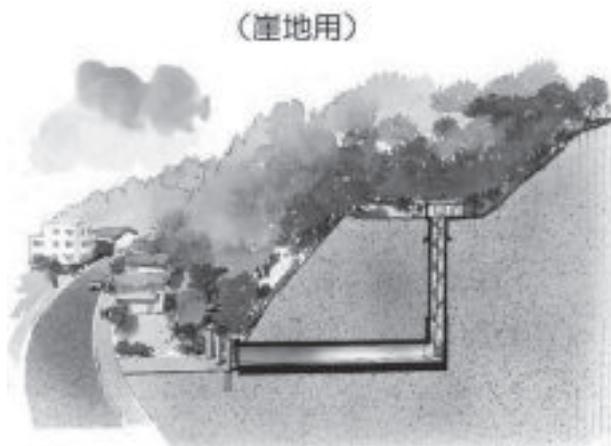


図-8 設置イメージ図-2(崖地用)
(出典：高知県危機管理部 南海トラフ地震対策課)

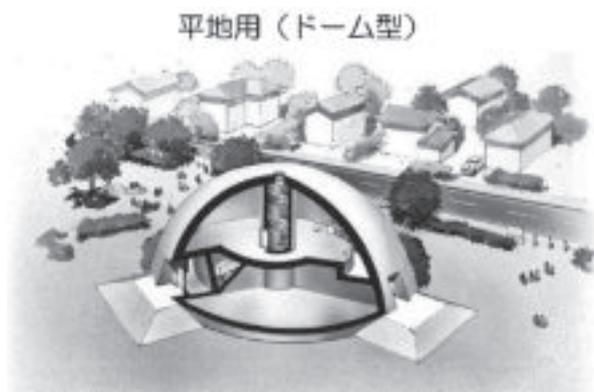


図-9 設置イメージ図(平地用)
(出典：高知県危機管理部 南海トラフ地震対策課)



図-10 津波避難シェルターのイメージ図
(出典：高知県危機管理部 南海トラフ地震対策課)

以下に図-8(背後地形が崖になっている場合)の設置例を見学し、報告を行います(先発隊の報告)。

5. 室戸市の津波避難対策

(1) 佐喜浜町・都呂津波シェルターの概要

①地域の状況

- ・ 位置：高知市から約 100km 東側寄り
- ・ 世帯数：148 世帯 人口 233 人(平成 30 年 2 月末現在)

- ・ 高齢化率：約 50% (65 歳以上の方)

②シェルター計画地付近での津波の状況

- ・ 30cm 津波到達時間：10 分～ 20 分
- ・ 最大津波浸水深：5m ～ 10m

(2) 津波シェルターの必要性

①背後の山を避難場所とすることが困難

- ・ 背後は不安定地形であり、本震や余震による落石やがけ崩れの危険性がある。
- ・ 急峻な地形に住宅が密集している状況のため、安全でバリアフリーな避難路の整備が難しい。
- ・ 既存の避難場所の周辺には治山事業により整備された擁壁が多数あり、これらを避けて避難場所を拡充することは難しい。

②地域に必要な避難場所

- ・ 避難行動要支援者などの避難に際し、体力的な負担が少なく短時間で避難可能な施設が必要。
- ・ 津波が短時間で到達するため、集落の近隣に避難場所が必要。



写真-6 都呂地区集落全景

写真-6 に示すとおり、都呂地区は国道 55 号の海岸擁壁と急峻な地形の狭間に密集した集落を形成しています。このため平地に避難施設を設置することは非常な困難性を伴います。

③津波シェルターの概要

- ・型式：崖地用(平地面積が小さく、背後の山を有効利用)
- ・収容人員：71名 ・工事費：296百万
- ・工期：平成26年12月26日～平成28年8月31日
- ・施設規模：トンネル部 幅3m、高さ3.5m
延長33.0m
立坑部 直径2.5m、高さ23.9m、螺旋階段付
- ・主要設備：止水扉(二重)、非常用電源、照明設備

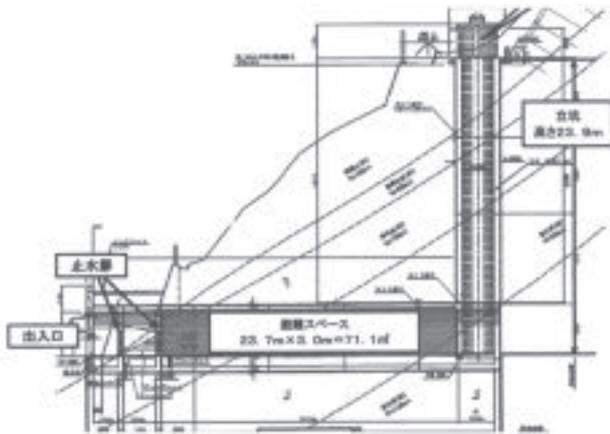


図-11 津波避難シェルター構造図
(出典：室戸市役所 防災対策課)

④津波シェルター内外部の設備状況

津波シェルターの前面には、津波によって運ばれてくる巨岩や流木の直撃を避けるための衝突防止杭として鋼管杭が設けられています(H=3.5m N=3本)。



写真-7 津波シェルター衝突防止杭

津波シェルター内に避難する際は、日常的に施錠されている扉を非常時に開錠できる仕組みとなって

います。扉内は二重に止水扉が設けられており、人力によって開閉することができます(写真-8)。

避難後の止水扉は外部からも内部からも人力によって開閉が可能となっていますが、外部の水位が一定値を超えると開閉は出来なくなります。また止水扉は静水圧に耐えることの出来る安全な構造になっています。



写真-8 津波シェルターの二重止水扉



写真-9 津波シェルター内部



写真-10 トイレ内の非常用物資



写真-11 トイレ内の非常用物資



写真-14 監視カメラの映像モニター

津波シェルター内の滞在時間は、最大津波の終息から救援到着までを24時間と想定し、室内換気ダクトを設置し、また監視カメラの映像からは避難者や救助者の到着、沿岸の様子を確認できるようになっています(写真-14)。



写真-12 トイレと洗面台

避難スペースはトンネル部延長の約24m区間であり、畳型ベンチ26基(写真-9)やトイレ・洗面台等が完備されています(写真-10、12)。トイレ内には既に非常用の物資が運び込まれ、畳型ベンチの下に収納スペースを設けるなどの配慮も見られました(写真-13)。



写真-15 屋外に通じる螺旋階段(107段)

被災時には螺旋階段で外部に避難することも出来る構造になっています(写真-15)。



写真-13 畳型ベンチ下部の収納スペース



写真-16 非常用電源



写真-17 立坑・螺旋階段から屋外へ

6. おわりに

以上で本研修の初段報告を終えるものとします。引き続き、次号(146号)のコンサルタンツ北海道では、高知県内の代表的な津波避難タワーに加え、「北海道沿岸における津波対策」等について取りまとめ整理し、平成29年度防災研修会の報告を終える予定です。



写真-18 視察研修者一同

室戸市津呂津波シェルターの視察に当たっては、高知県室戸市役所 防災対策課防災対策班の「水関宏誓様」に多忙な時期にもかかわらず津波避難シェルター、津波避難タワーへのご案内を賜りました。さらに、本稿作成に当たっても多大なるご協力を賜りました。この場をお借りして深くお礼申し上げます。本当に有り難うございました。

引用文献

- 1) 高知県公式ホームページ
- 2) 高知県河川国道工事事務所
四国技報 第12巻24号(平成25年1月)
- 3) 「津波避難タワー設計のための手引き」他
(高知県 危機管理部 南海トラフ地震対策課)
- 4) 津波避難シェルター構造図
(室戸市役所 防災対策課)

宮川 隆雄 (みやかわ たかお)

技術士(建設部門)

防災委員会 都市部会
株式会社イズム・グリーン



吉田 伸一 (よしだ しんいち)

技術士(建設部門)

防災委員会 都市部会
株式会社福田水文センター



中原 修 (なかはら おさむ)

技術士(建設/総合技術監理部門)

防災委員会 水工部会
和光技研株式会社

