

平成の命山

— 袋井市湊地区津波避難施設の設計 —

株式会社フジヤマ ○金原剛 瀬尾直樹

1. はじめに

2011年（平成23年）3月11日14時46分、宮城県牡鹿半島の東南東約130km、仙台市の東方約70kmの太平洋の海底を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生した。地震の規模はモーメントマグニチュードMw 9.0で、日本周辺における観測史上最大の地震である。地震発生後の死者・行方不明者は約18,600人（平成25年5月現在：警察庁）におよんでいる。

東北地方太平洋沖地震以後、中央防災会議では、「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」が立ち上げられた。同委員会において、今後の津波対策を講じるうえでは、二つのレベルの津波（発生頻度は極めて低いものの発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波【L2津波】と、最大クラスの津波に比べて発生頻度が高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波【L1津波】）を想定することとされた。一方、内閣府「南海トラフ巨大地震モデル検討会」より南海トラフの巨大地震に伴う最大クラスの津波浸水想定が公表され、現在、津波の浸水が想定される地域では、既存施設を利用した津波避難ビルの指定や、新規の津波避難タワー等の建設が検討されている。本稿は、新規に建設する盛土構造の津波避難施設（命山）について、袋井市における津波避難施設の天端高の検討事例を紹介する。

2. 袋井市における津波避難施設（命山）の概要

2-1 袋井市の概要

袋井市は、静岡県西部の中東遠地域に位置し、東は掛川市、西は磐田市、北は森町に接し、南は太平洋に面している（図-1）。市域は、東西約15km、南北約17kmにわたり、総面積約109平方キロメートルのうち可住地面積は約85平方キロメートル（総面積の78%）を占め、沿岸部を中心に沖積平野が広がっている。人口は、平成17年4月の旧袋井市と磐田郡浅羽町との合併後増加し、平成24年4月現在約87,000人（住民台帳による。）である。なお、高齢者人口は平成22年10月現在で約16,000人（約19%）である。

2-2 湊地区津波避難施設（命山）の概要

袋井市湊地区の津波避難施設（命山）の建設地点は、遠州灘の海岸線より陸域側に約1.3km離れた国道150号に隣接し、地盤標高はT.P.+2.8mである。津波発生時には近隣からの避難対象人数約800人を収容可能な盛土構造の津波避難施設とする計画である。



図-1 津波避難施設位置

3. 湊地区の津波避難施設（命山）の天端高検討フロー

湊地区の津波避難施設（命山）の天端高の検討フローを図-2に示す。

本業務では、当初、内閣府より南海トラフの巨大地震モデルの津波解析データが未公開であったため、袋井市の地形が仙台平野と類似していることから、「仙台平野における東北地方太平洋沖地震による津波シミュレーション結果（いわて復興ネット：津波防災技術専門委員会資料）」（以下、「仙台平野における津波シミュレーション結果」という。）をもとに、湊地区津波避難施設地点における津波の浸水深および流速を算定し、天端高を設定した。その後、内閣府のデータを入手し、袋井市における津波シミュレーションを実施した上で、当初設定した天端高の見直しを行った。

＜津波解析に使用するデータを内閣府から受領するまで＞

袋井市と地形条件が類似した仙台平野における津波シミュレーション結果を用いて、湊地区の津波避難施設（命山）の天端高をT.P.+12.0mに設定した。

＜津波解析に使用するデータを受領後＞

袋井市における津波シミュレーションを実施した。
（津波避難施設（命山）における浸水深、流速の算定を含む。）

当初津波避難施設（命山）の天端高設定に用いた仙台平野における津波シミュレーション結果と、袋井市における津波シミュレーション結果の相違点を確認した。

袋井市における津波シミュレーションの結果と漂流物の来襲を考慮して、湊地区における津波避難施設（命山）の天端高の見直しを行った。

図-2 湊地区津波避難施設の天端高検討フロー（資料：袋井市）

以下、検討結果について示す。

4. 袋井市と地形条件の類似した仙台平野における津波シミュレーション結果を用いた、津波避難施設（命山）天端高の設定

仙台平野における津波シミュレーション結果をもとに、海岸施設がある場合とない場合の津波到達距離と浸水深および流速の相関を用いて、湊地区の津波避難施設（命山）建設地点における津波の浸水深および流速を推定した。海岸施設がない場合の推定結果は表-1のとおりである。推定した浸水深5.6mに津波避難施設（命山）への衝突による津波のせき上げを考慮し、基準水位（※）を7.9m（T. P. +10.7m）と算定し、さらに余裕高として1.3mを加えたT. P. +12.0mを天端高とした（図-3）。

表-1 命山建設地点の推定結果（資料：袋井市）

	浸水深 h b	流速 V b
海岸施設なし	5.6m	6.6m/s

せき上げを考慮した最大浸水深（h fmax）

$$h_{f\max} = \max \left[h_b + \frac{v_b^2}{2g} \right] = \max \left[5.6 + \frac{6.6^2}{2 \times 9.8} \right] = 7.9m$$

（※基準水位：津波浸水想定に定める水深に係る水位に建築物等に衝突する津波の水位の上昇を考慮して必要と認められる値を加えて定める水位。）

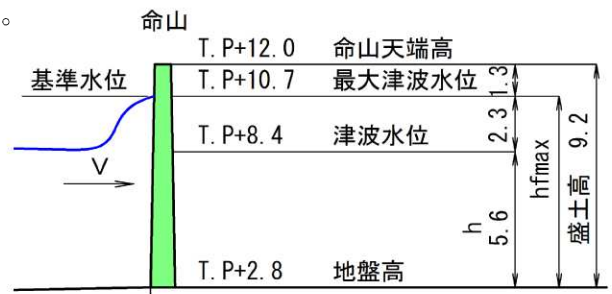


図-3 仙台平野の津波シミュレーション結果を用いた場合の湊地区津波避難施設（命山）の天端高の設定（海岸施設なしの場合）（資料：袋井市）

5. 袋井市における津波シミュレーション

南海トラフの巨大地震モデル検討会（内閣府）より

平成24年3月31日に公表された津波解析データを用いて解析を行った。検討に用いた断層モデルは、津波高さが高く、津波の到達時間が早い、袋井市に最も影響の大きいと考えられるケース①（大すべり域、超大すべり域1箇所のパターンで駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域と超大すべり域を設定したケース。）を用いた。

5-1 検討ケース

袋井市の津波シミュレーションでは、東北地方太平洋沖地震での津波で見られたような、海岸堤防、河川堤防等の破壊事例を考慮し、悪条件下において津波の浸水が生じることを前提とした。すなわち、海岸堤防（砂丘）および河川堤防を人工構造物として評価し、現況における「構造物あり」の場合と、最初から構造物が存在しない「構造物なし」の場合（最悪のケース）の2ケースについて計算した。検討ケースと主な計算条件を表-2に示す。

表-2 検討ケースと主な計算条件

検討ケース	「構造物あり」	「構造物なし」
海岸堤防（砂丘）	現況	海岸堤防（砂丘）なし
河川堤防	現況	河川堤防なし
水門	閉じた状態	開いた状態
計算条件	設定値	
初期潮位	朔望平均満潮位 T. P. +0655m	
計算格子間隔	2mメッシュ（袋井市周辺の陸域等）	
河川内初期水位	河川における潮位を出発水位として、平水流量時の不等流計算により求めた水位	

5-2 解析結果

「構造物あり」および「構造物なし」の場合の最大浸水域および浸水深分布を示す（図-4および図-5）。計算の結果、海岸堤防および河川堤防が存在しない「構造物なし」の場合の方が、「構造物あり」の場合に比べて浸水域・浸水深ともに大きいことがわかる。なお、図-4および図-5の河川内の水位は、平水位からの高さの最大値を示している。

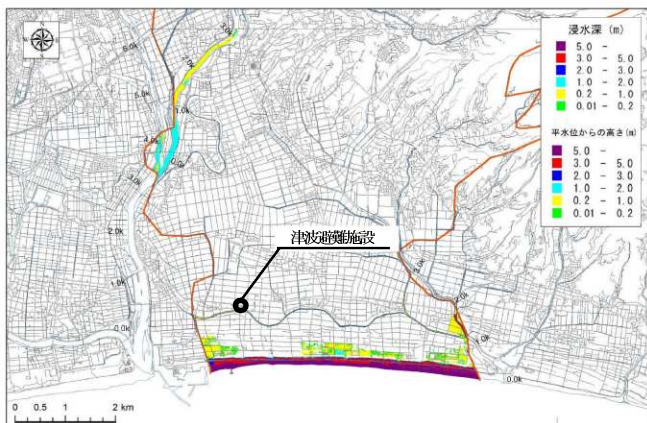


図-4 最大浸水域および浸水深分布（「構造物あり」）（資料：袋井市）

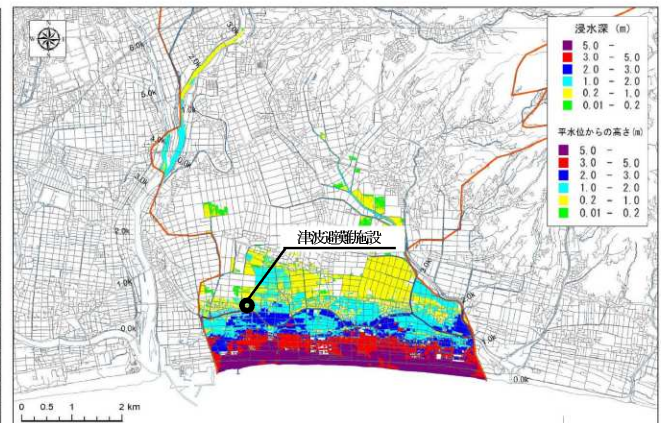


図-5 最大浸水域および浸水深分布（「構造物なし」）（資料：袋井市）

参考として、内閣府より平成24年3月31日に発表された最大浸水深分布を図-6に示す。同図と今回計算した「構造物あり」の場合の浸水域（図-4）を比べると、両者の浸水域は、同等であることがわかる。

湊地区の津波避難施設（命山）周囲の浸水深分布（「構造物なし」の場合）を示す（図-7）。命山における計算結果では、浸水深は0.5m以下、流速は1.0m/s以下と小さい数値であった。

浸水深0.5m、流速1.0m/sとした場合、津波避難施設（命山）への衝突による津波のせき上げを考慮した最大浸水深（ h_{fmax} ）は、

$$h_{fmax} = \max \left[h_b + \frac{v_b^2}{2g} \right] = \max \left[0.5 + \frac{1.0^2}{2 \times 9.8} \right] = 0.55 \text{ m}$$

より、基準水位を1.0m（T.P.+3.8m）と算定した。

6. 仙台平野と袋井市の津波シミュレーション結果の相違点の確認

袋井市における津波シミュレーションを実施した後、仙台平野における津波シミュレーション結果の浸水域を比較した結果、袋井市の浸水域は海岸線から3km程度（図-7）であるのに対して、仙台平野では5km程度であった（図-8）。

このため、潮位、津波の最大水位、周期（いずれも表-3）、ならびに地点別時系列波高（図-8に代表的な地点を示す。）を確認した結果、両者の潮位および津波の最大水位は近似しているが、周期は仙台平野が20～30分であるのに対して袋井市では5～15分と短かった。津波のエネルギーは、周期の長い方がエネルギーは大きくなり短い方が小さくなる。

したがって、波源域が沖合にあり津波の周期の長い仙台平野では、津波のエネルギーが大きいため浸水域が大きくなるのに対し、波源域が陸域近傍にあり津波の周期が短い袋井市では、浸水域が小さくなる。

以上のように仙台平野と袋井市では津波の特性が異なるものと考えられる。このことから、袋井市における南海トラフの巨大地震による津波を想定した場合、当初、仙台平野における津波シミュレーション結果を用いて推定した湊地区の浸水深および流速（表-1）は、過大であることが判明したため、津波避難施設（命山）の天端高の低減も可能であることが考えられた。



図-6 平成24年3月31日内閣府発表の最大浸水深分布

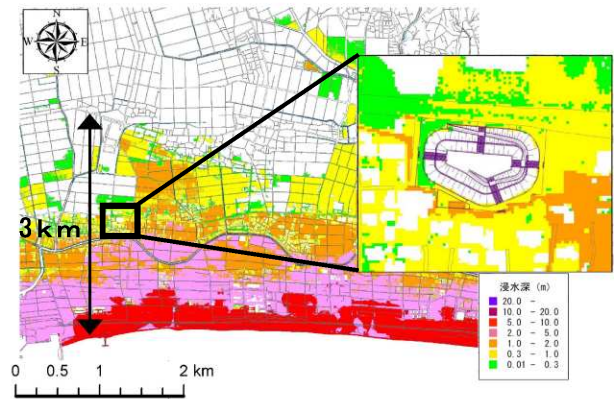
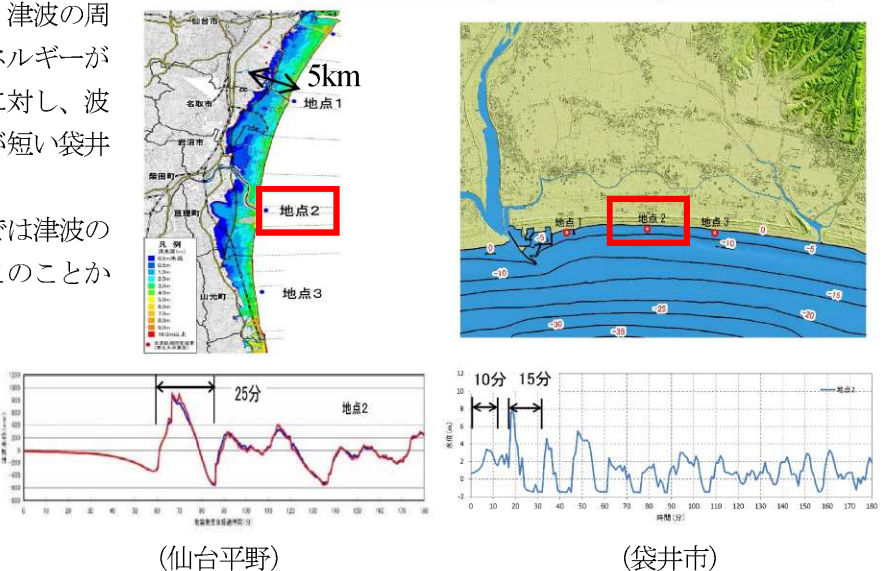


図-7 湊地区津波避難施設周囲の浸水深分布（「構造物なし」）（資料：袋井市）

表-3 潮位、解析結果の津波の最大水位および周期（「構造物なし」）（資料：袋井市）

名称	仙台平野	袋井市
潮位	T.P.±0.00mで解析	T.P.+0.655m
津波の最大水位	構造物なし 9 m	8 m
周期	20～30 min	5～15 min



（仙台平野） （袋井市）
図-8 地点別時系列波高（「構造物なし」）（資料：袋井市）

7. 湊地区における津波避難施設（命山）の天端高の見直し

7-1 津波避難施設の天端高算定の考え方

津波避難施設の天端高算定の考え方は、基準水位をもとに天端高を算定する方法が一般的である（詳細は、「津波避難対策推進マニュアル検討報告書（案）平成25年2月 消防庁」等を参照。）が、ここでは東日本大震災で見られたような家屋等の漂流物については考慮されていない。

しかしながら、湊地区のように津波避難施設の海側に住宅地域が存在する場合には、家屋等が漂流物となって津波避難施設に來襲する可能性があるため、津波避難施設は、避難した住民等が漂流物に対する恐怖感を抱かずに安心・安全を認識できる高さを確保する必要がある。

そこで、学識経験者との協議の結果、図-9 に示すとおり、家屋等の漂流物を考慮した津波避難施設の天端高算定フローを作成した。ここで、漂流物としては一般的な木造2階建て住宅（軒高6.0m+屋根部2.0m＝全高8.0m）を想定した。また、漂流物に対する安全を確保するための天端高の必要条件は、『瓦解して漂流物となった家屋等が津波避難施設に來襲した場合にもその影響の及ばない高さ』とした。

7-2 湊地区の津波避難施設（命山）の天端高の算定

7-1 津波避難施設の天端高算定の考え方 にもとづき、湊地区の津波避難施設（命山）の天端高の算定を行った。津波避難施設（命山）周囲の浸水深1.0m（基準水位T.P.+3.8m）とした場合、漂流物に対する安全を確保するための天端高の必要条件から天端高を算定した結果を表-4、および図-10 に示す。

算定の結果、湊地区の津波避難施設（命山）の天端高は、基準水位による高さ（T.P.+3.8m）および漂流物の倒壊による影響を与えない高さ（T.P.+10.0m）から、避難者が安心・安全を認識できるようにT.P.+10.0mとすることになった。

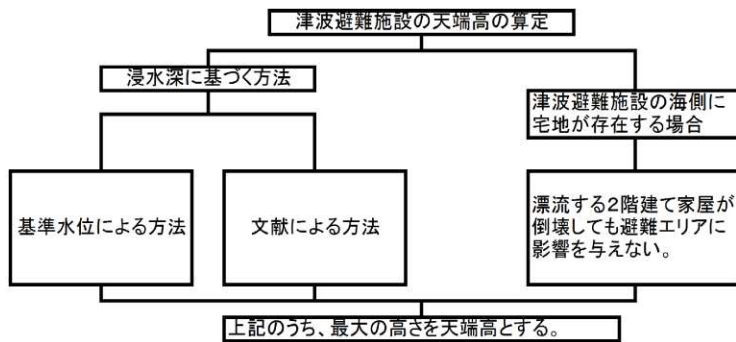


図-9 津波避難施設の天端高算定フロー（資料：袋井市）

表-4 天端高の算定結果（資料：袋井市）

	漂流する2階建て家屋が倒壊しても避難エリアに影響を与えない。
必要天端高(T.P.+m)	+8.8
法肩との離隔(m)	2.12

注：基準水位1.0m(T.P.+3.8m)と想定した場合。

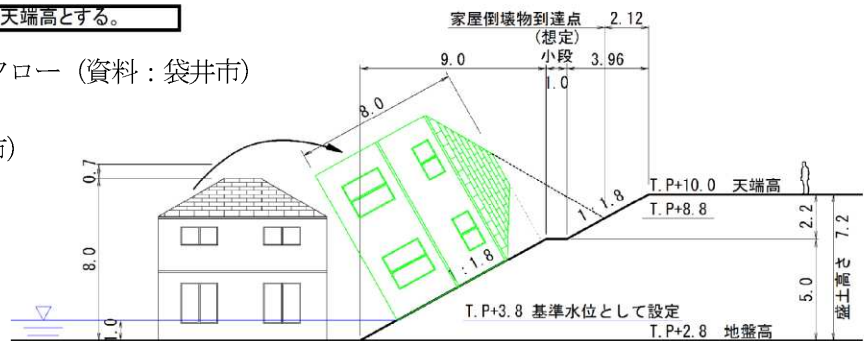


図-10 湊地区の津波避難施設（命山）の天端高の検討断面（資料：袋井市）

8. おわりに

今後、「静岡県第4次地震被害想定」を踏まえた各地域の津波防災地域づくりが進められると思われる。最も重要なことは、『最大クラスの津波が発生した際にも、何としても人命を守るためのまちづくり』である。本稿で取り上げた袋井市の津波避難施設（命山）は「ハード対策」による津波避難施設である。しかしながら、津波來襲時に市民が避難しなければ、本施設は無意味なものとなる。したがって、今後は、地域住民への避難を浸透させる「ソフト対策」を併せて実践していく必要がある。そして、大津波來襲時に一人でも多くの市民が助かることを願うばかりである。

今後も、地域の特性を踏まえた防災業務に携わり、人命最優先の認識のもと社会貢献することができるように自己研鑽に努めていきたい。