

地震による津波被災を想定した避難施設評価に関する実証分析

- 須崎市を対象として -

An Empirical study for Evaluation of Refuge Institution Corresponding
to Flood Damage by Tsunami in Susaki City

竹内光生* 近藤光男** 山口 満*** 廣瀬義伸**** 高橋啓一*****

by Teruo Takeuchi, Akio Kondo, Mitsuru Yamaguchi, Yoshinobu Hirose, Keiichi Takahashi

1. はじめに

わが国は、諸外国と比較しても地震が非常に多い国であり、昔から津波被害を繰り返し被ってきた。特に、南海道地震は、過去何度も周期的に発生し、その度に大きな被害を被ってきた。南海道地震は過去の事例からみても100～150年間隔でマグニチュード8クラスの地震が発生しており、最近では昭和21年に発生していることから、あと半世紀中に大規模地震が発生することによる津波被害を被る可能性があるため¹⁾、早急に人的被害を最小限に抑えることができる避難施設整備を行う必要がある。

本研究は、竹内らによる研究²⁾における津波侵入および住民の避難行動の解析について改良を施したものであり、須崎市において現在の防波堤や沿岸防災施設だけでは防ぎきれない最悪のケースを想定して地理情報システム(GIS)を用いながら、浸水状況の予測や住民の避難行動の経時的変化を統合的かつ視覚的に推測している。分析においては、津波発生時の各地の浸水までの時間、全住民の避難所要時間を予測するとともに、避難施設に避難できれば助かるという観点から人的被害を最小限に抑える避難施設配置を考える際に重要な参考基準となるであろう現在の避難施設の整備状況の評価を行う。

キーワード: 防災計画, 避難施設

- * 正会員 工修 高知工業高等専門学校
(高知県南国市物部乙200番1 TEL.(088)864-5587)
- ** 正会員 工博 徳島大学大学院エコシステム工学専攻
(徳島市南常三島町2-1 TEL.(088)656-7339)
- *** 学生員 徳島大学大学院エコシステム工学専攻
- **** 正会員 博(工) 徳島大学大学院エコシステム工学専攻
- ***** 正会員 工修 テック情報株式会社

2. 浸水状況の分析

本研究では、津波襲来時の浸水状況を予測するにあたり、GISを用いて津波高さの違う3種類の津波について浸水シミュレーションを行う。これはあくまでも一例であり、実際はこれを上回る浸水被害が起こる可能性もある。

(1) 前提条件

- (a)対象地域を50mメッシュに分けて計測を行う。各メッシュに標高・人口などの諸条件を属性として与えることにより、より細かい計算を行う。
- (b)地震発生の際、所存の機能を発揮できない可能性があるため沿岸防災施設は無いものと仮定する。
- (c)津波高さに等しい地盤高を持つ地域まで浸水すると考えるレベル湛水法を用いて浸水状況・被災人口などを算出する。

(2) 波の到達関数モデル

(a)津波の速度

津波の速度 v を \sqrt{gh} により算出した。ここに、 g は重力加速度 9.8 m/sec^2 で h は水深(m)である。なお、本研究では須崎湾の水深を平均水深30mで一定であると仮定する。

(b)津波の到達関数

本研究では、簡便化のため津波の到達関数を、 $f = (\text{津波高さ}, \text{メッシュの標高}, \text{重力加速度})$ の関数として仮定する。

(c)海岸線

海岸線に沿って位置しているメッシュを海岸と仮定し、海岸線に到達する津波の時間差を求める。

(d)対象地域への津波の到達

対象地域の最南端に基準線を設定し、地震発生から基準線に波が到達するまでの時間を種々のデータなどを参考に20分として計算する。³⁾

(e)津波の最大高さ

津波高さは須崎湾の幅員によって変化するとした。須崎港内の津波の最大高さが3 m, 6 m, 9 mとし、須崎港に入るまでの津波高さをグリーンの法則⁴⁾を用い、それぞれ2.37 m, 4.74 m, 7.11 mの3パターンの津波について浸水シミュレーションを行う。

(f)陸上に浸入する津波

特に、先述の竹内らの研究からの改良点として、各海岸線からの計算は、水は標高が津波高さより高い地域を迂回して浸水していくことにする。波の移動速度は(a)の津波の速度を用い、水深を随時変化させてメッシュ単位で計算を行う。

(3) 浸水シミュレーション結果

浸水シミュレーション結果より、地震発生から避難施設に波が到達するまでの時間を図-1に示す。

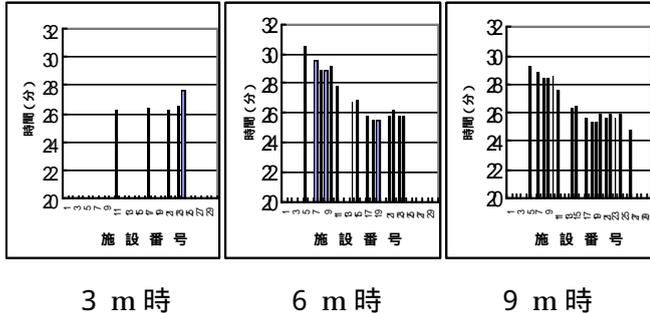


図-1 避難施設に波が到達するまでの時間

津波高さが9 m以下の時に、波が到達すると考えられる施設の位置を図-2に示す。



図-2 波が到達する避難施設

全30施設の中で、波が到達する施設を四角の点で表す。Aの須崎地域、Bの多ノ郷地域が人口の多い地域となっており、避難施設も多く立地している。しかし、標高が低いため多くの施設に波が到達することがわかる。浸水シミュレーションの結果を津波高さ別に比較するため、表-1にまとめる。

表-1 津波高さ別の浸水状況

津波高さ(m)	3	6	9
浸水面積(km ²)	2.33	5.33	7.76
浸水地域に住む人数(人)	4,639	8,249	11,552
波が到達する施設数	5	15	17
地震発生から波が到達するまでの時間(分)	27~28	26~31	25~30

津波高さの違いにより浸水領域等に大きな相違が生れることが明らかになった。しかし、波の到達時間には大きな差が出ないと予測されるので地震発生時には即座に避難を開始することが肝要であるといえる。

3. 避難状況の分析

避難行動の分析を行うにあたり、本研究では、道路ネットワークを利用した避難行動シミュレーションを行う。

(1) 前提条件

- (a) 浸水シミュレーションと同様に、対象地域を50 mメッシュに分けて計測を行う。
- (b) 全住民が道路を利用して最も近い避難施設に避難する。

(2) 最短経路距離

避難経路の算出はメッシュの中心点から最も近いノードまでの距離を測定、そのノードから道路ネットワークを利用して全ての避難施設までの距離を算出し、最も値の小さい施設を最近隣避難施設とする。この計算を、全てのメッシュに関して行った。

(3) 避難人口の算出

避難人口を算出するにあたり、地震発生時は車などの移動手段は使えない可能性があるため、人の移動速度は時速5 km弱(80 m/分)とした。またメッシュ単位で計測した後に、各メッシュに与えられ

た人口を避難人口として求める。

(4) 避難行動シミュレーション結果

これらの条件下で行った避難行動シミュレーションの結果を図 - 3 と図 - 4 に示す。

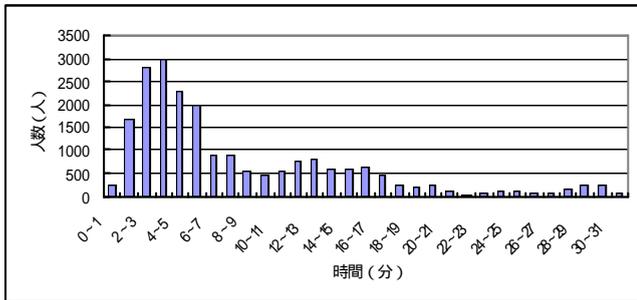


図 - 3 避難に要する時間の分布

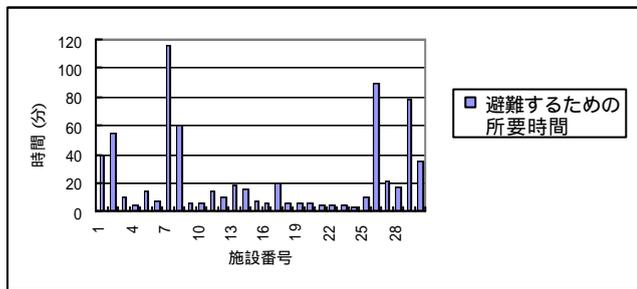


図 - 4 各避難施設に全員避難するのに要する時間

図 - 3 と図 - 4 の結果より、対象住民全員が避難できるまで 30 分以上要する施設は 7 施設にも上り、また、対象地域住民の 65% 以上が 10 分以内に避難できるが、30 分後にも最近隣施設に避難できていない人も少なからず存在するということが明らかとなった。地震発生から 20 分後には津波は海岸線基準線に到達していると考えられることから、このような避難施設の整備状況では危険な状況であるといえる。

(5) 避難施設が受け持つ人口

図 - 5 に最も近い避難施設に避難した結果、各施設が受け持つことになる人口を表す。図 - 5 より、避難してくる人数が 1,500 人以上になる施設が 3 施設も存在し、1,000 人以上の施設になると 10 施設にも上ることがわかる。逆に、避難してくる人数が 200 人以下という施設も 4 施設存在する。このように、避難施設が受け持つ避難人口には大きなばらつきがみられる。避難人口が 1 つの施設に集中すると施設の容量の問題、さらには施設

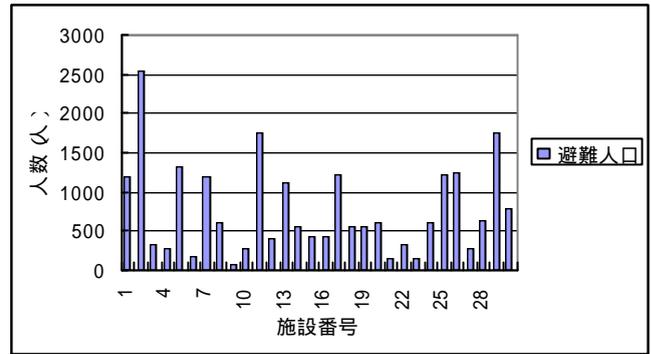


図 - 5 各避難施設が受け持つ避難人口

近くの道路などが過密状態になり、避難に予想以上の時間がかかってしまう恐れがあるので、受け持ち人口があまりに多くなってしまふのは危険な状況であるといえる。

4. 避難施設整備の評価

(1) 浸水状況と避難状況の比較から

本研究では、津波の浸水状況と住民避難状況の時間的な比較により、避難施設への波の到達以前に避難できれば助かるという観点から避難施設の整備評価を行う。その際、津波高さ別の 3 種の津波に関してそれぞれ比較評価を行い、それらの結果より評価を行う。図 - 6 に、各避難施設の波が到達するまでに避難できる人の割合を津波高さ別に示す。

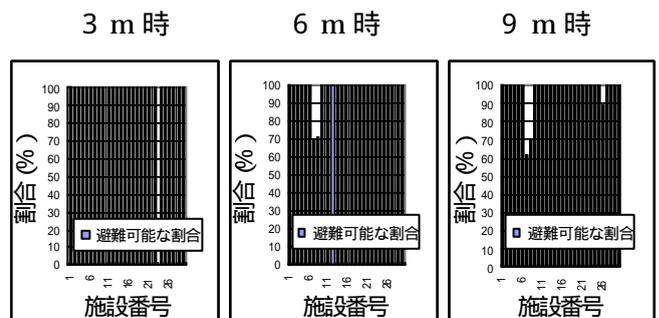


図 - 6 避難できる人の割合

図 - 6 より、津波高さ 3 m の時には全ての人々が避難できるということがわかる。しかし、津波高さ 6 m の津波が襲来すると施設番号 7, 8 の施設でそれぞれ約 30% の人が、津波高さ 9 m の津波が襲来した場合 7, 8, 26 の施設が最近隣の施設であるという地域で 10 ~ 40% の避難できない人が存在することがわかる。これらの 7, 8, 26 の施設が最近隣避難施設である地域を図 - 7 に示す。

これらをまとめると、次のことがいえる。

津波高さ 3 m の津波が襲来した場合は、迅速に避難を行えば人的被害はゼロに抑えられる。津波高さ 6 m 以上の津波が襲来した場合、現在の施設整備状況では危険である。特に、施設番号 7, 8, 26 の施設が最近隣避難施設となる地域は津波襲来時には危険な状況にある。

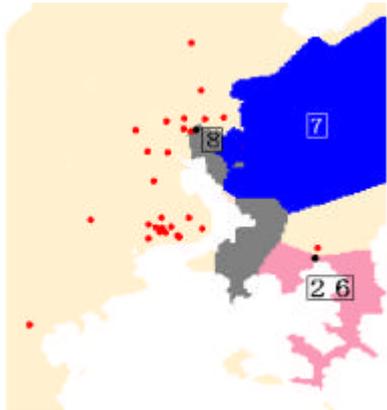


図 - 7 避難できない人が存在する地域

(2)避難施設の受け持つ避難人口

図 - 5 からわかるように避難施設が受け持つ人口には大きなばらつきがある。今回、これらの避難施設の収容人員は完全には調査できていないが、得られているデータより収容人員が 1,200 人以上の施設は多く存在しないので、受け持ち人口が 1,200 人以上の施設は全員避難することができない可能性のある危険施設とする。受け持ち人口が 1,200 人以上で、かつ標高が低い地域に立地している施設は 6 施設存在する。このような施設が最近隣避難施設であるという地域を図 - 8 に示す。図 - 8 より、比較的避難施設が集合している地域でも受け持ち人口が多くなる施設がいくつか存在するという

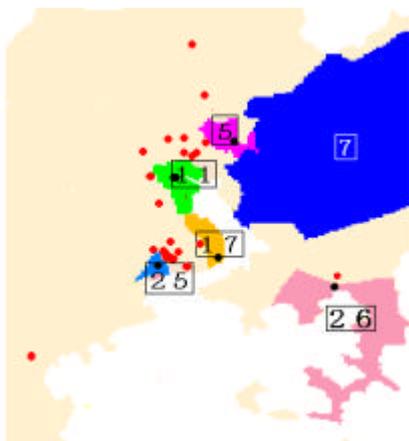


図 - 8 最近隣施設の受け持ち人口が多い地域

ことがわかる。

(3)総合評価

これらの結果より、津波が襲来するまでに全員が避難できない地域、避難所に集まる避難人口が多くなり容量を越えてしまう危険がある地域を限定することができた。施設番号 7, 26 の施設が最近隣避難施設であるという地域は津波が襲来するまでに全員が避難できず、受け持ち人口も多くなっており特に危険な地域であるといえる。

5.おわりに

本研究では、津波浸水シミュレーションと避難行動シミュレーションを行うことにより、避難施設に津波が到達までに避難できるかどうかと避難施設の受け持ち避難人口の 2 点から、須崎市の現在の避難施設の整備状況を評価することができた。その結果、津波襲来時の危険な地域が明らかになり、今後避難施設の追加配置を考える際にはそれらの地域への配置を検討する余地があるといえる。

避難施設の受け持つ人口について、シミュレーション結果より、一つの施設の受け持ち人口が多いにも関わらず、その近くに立地する施設の受け持ち人口が非常に少ないという地域もでてきた。これはあらかじめ防災マニュアルの作成および住民に対する避難教育が十分なされていないとすれば、実際に起こりうる事態である。このように危険地域の限定や最近隣避難施設の指定をするだけでなく、住民一人一人に必要な知識・心構えをもってもらうことが望まれる。

【参考文献】

- 1) 村上仁士, 他: 南海・チリ地震津波録, 海からの警告 - 高知県須崎市, 1995
- 2) 竹内光生・近藤光男: 地震発生時の避難場所の選定に関する研究 - 須崎市を事例として -, 土木計画学研究発表会講演集 (CD-ROM), 2001
- 3) 高知県: 高知県津波防災アセスメント事業報告書, 2000
- 4) 榎木亨, 出口一朗著: 海岸工学, 共立出版株式会社, 1998