

# 津波が想定される地域の建築物設計方法と 安全率

学籍番号 1120321 氏名 成岡祐輔

指導教員 那須清吾

高知工科大学 工学部 社会システム工学科 那須研究室

**Key Word; 東北地方太平洋沖地震, 南海地震, 津波, 安全率**

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は気象庁が観測を開始してから史上最大規模マグニチュードを記録し、福島県を中心に大きな被害をもたらした。震源地は三陸沖だが震源域は南北に約500km、東西に約200km、岩手県沖から茨城県沖という広範囲に及んだ。それにより被害地域も広範囲に広がった。宮城県・福島県・岩手県を中心に太平洋側の地域での人的被害が大きかった。特に40.5mの高さを観測した津波での被害が絶大で建築構造物、土木構造物の被害は東北地方だけでなく関東地方にまで広がった。

そこで高知県を中心に発生すると予想される南海大地震が東北地方太平洋沖地震と同規模、もしくはそれ以上の揺れや津波が発生した場合、津波による被害がその程度発生するか。その被害を減少させるにはどのような設計を行えばよいかを検討すると同時に安全率についても考察を行う。

## 1, 研究背景

今後30年以内の発生確率が50~60%と言われている南海地震。紀伊半島沖から四国沖を震源とする巨大地震を南海地震と呼んでいる。日本付近にはプレートが集中的に存在している為、地震の発生件数が多く、南海地震などと共に併発する津波による被害が懸念されている。東日本大震災で発生した津波の様に断層が連続して滑ることで発生した場合、その規模も巨大になる。建築物についても、地震そのもので破壊された場合と、津波により破壊された場合があった。このような状況において建築物を如何に設計するか、その考え方は整理されていない。

## 2, 目的

東北地方太平洋沖地震は近年、国内で発生した地震の中でも最大級の地震と津波が発生し、地震による被害より津波による被害が大

きかったことが特徴である。今回の地震によって発生した津波での被害は絶大で河川の周辺では広い範囲が水没し、仙台平野をはじめとする平野部では海岸線から数km離れた場所でも水没するという被害が発生した。また津波の被害は沿岸部に建設されていた原子力発電所にもおよび、最大で5.7mと想定していた津波はそれをはるかに上回る14~15mの高さになり、福島第一原子力発電所はその被害を受けた。

南海地震でも東北地方太平洋沖地震と同様に断層が連動して滑った場合に発生することが想定されている津波では多くの被害が予想される。津波での被害を最小限にする為には、低い土地や建物しか存在しない地域では非難するか、津波避難タワーなどを建設する必要がるが、津波高さ以上の建築物では津波対策を考えた設計が有効であると考えられる。地震に耐える建物を設計しても津波が届く地域では

津波荷重などに対する設計も必要になる。そこで津波荷重を従来の設計に取り入れた設計方法を提案すると共に安全率についても考察を行う。

### 3, 研究の流れ

まず岩手県、宮城県で東日本大震災時に津波の被害を受けた海岸部の建築物の中で、国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所が調査し2011年5月に発行された「東北地方太平洋沖地震調査研究」の中から写真で確認できる津波による建築物の破壊の程度を構造別、階数別、被害別に分類しそれをグラフにプロットし、そのグラフをもとにどのような対策が考えられるかを検討し、安全率も考慮して津波に耐えることのできる構造物について検討する。

### 4, グラフ化および分析・考察

津波の被害を受けた建築物の中で木造のほとんどは津波で流されてしまい全壊したか、もしくは津波の被害の小さい場所では建物の半分ほどが流された例も存在した。高台に建てられたものや水辺から離れている場所に建てられているものも津波を受けて全壊している建物は少なかった。従って、津波と被害状況の関係を確認できる情報が少ない。

そこでRC構造のみに絞ってグラフ化しX軸に階数を、Y軸に被害件数を配置することで、階数と被害の状況や程度を分類することとした。

赤色の点が全壊の被害を受けた構造物、黄色の点は半壊程の被害を受けた構造物で緑色の点は比較的被害の少ない一部損壊程度の被害を受けた構造物である。

図4.1の緑色のラインは一部損壊の被害

と分類された建築物群の津波高さの下限値の包絡線を示している。青色のラインは同様に半壊に分類した構造物群の津波高さの下限値、赤色のラインは全壊に分類した構造物群の津波高さの下限値を示している。

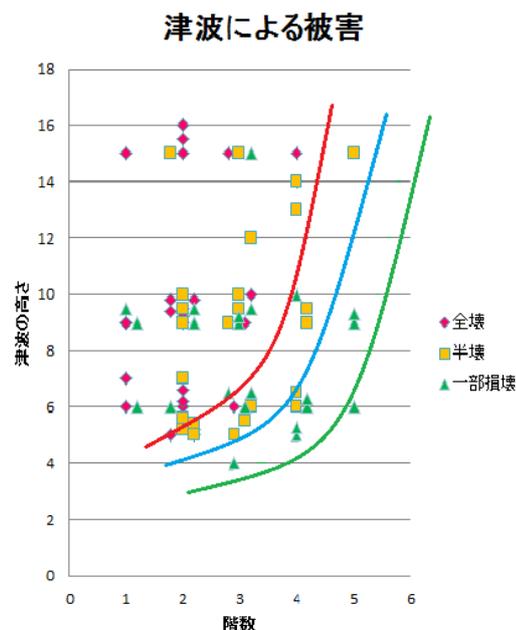


図4.1 津波によるRC構造被害

一部損傷の建築物は、少なくとも写真等から判断して地震荷重には耐えており、津波による壁や窓の損傷が中心であると考えら、その津波高さについては概ね10m以下に限定されている。一方、半壊および全壊の建築物も同様の包絡性の形状を示しているが、その津波高さは最大で16m程度まで分布している。これらの分布状況を分析すると、以下のことが考察される。

少なくとも緑の包絡線は、耐震設計上の問題は小さく、津波にも耐えている。このことから、当該建築物の耐震設計は妥当であったとともに、津波荷重にも耐えたと言える。

建築物の耐震強度は階数に依存し、建物階数に従った荷重にも構造物強度は依存する。

図4.1から言えることは、緑の包絡線上の

建築物は建物階数に依存する地震荷重および津波荷重により構造設計した場合、津波荷重にも耐える強度を有するということである。

青色の半壊建築物の包絡線および赤色の全壊建築物の包絡線については、その破損原因が地震荷重であるのか津波荷重であるのかは明確ではない。

## 5, 設計方法の提案

前章で東日本大震災での被災状況について分析した結果から得られた知見に基づいて今後の設計方法を考える必要がある。

設計条件としては、建築物の階数、地震力、津波荷重がある。これらの条件に従って設計方法が意味することは、階数で決定される構造断面あるいは地震荷重で決定される構造断面は、津波荷重に対して耐えられるということである。従って、緑の包絡線は、東北地域における地震荷重を前提とはするが、この地域における対津波設計の必要性の是非の限界を示している。

つまり、建築物の階数に対応してどの程度の津波高さに耐えるのかを教えてくれている。この様な緑の包絡線を東北の経験に基づいて計算することは可能である。

2) 上記の緑の包絡線よりも左上に位置する建築物を設計する場合は、津波荷重を考慮する必要がある。この場合、津波荷重がどの程度であるかを確認する必要があるが、現状では確立された方法論は存在しない。これについては、様々な津波の3次元解析により都市に存在する建築物群がどのような静的あるいは動的荷重を受けるのかを更に研究する必要がある。

## 6, 安全率

仮に、前章で提案した設計方法（緑の包絡線を用いた方法）により対津波設計を行う場合、半壊や全壊の包絡線の様な関係性に着目した方法を考えるべきだと考える。

安全率は材料のばらつきや、設計方法の不確実性など多様な要因を考慮して決定される。対津波設計においては、その現象についても解明されているとは言えないので、このことも苦慮に入れた安全率であるべきである。

## 7, 今後の課題

本研究においては、実際に被災した建築物に基づく貴重な知見が得られた。ただし、本研究では設計の考え方あるいは哲学を示したまでである。

今後は、3次元津波シミュレーションによる都市部での津波の流れの解明、そこから得られる津波力の解明を行い、図4.1で示した考え方を数値解析で再現することで具体的な設計方法として提案することが求められる。

また、耐震のみならず対津波設計を考えた建築物の補強方法についても考える必要がある。

## 8. 参考文献

- 1) 「建築物荷重指針・同解説」 2004 日本建築学会
- 2) 「鉄筋コンクリートの設計 限界状態設計法と許容応力度設計」 吉川弘道 著
- 3) 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）（東日本大震災）」  
独立行政法人 建築研究所
- 4) [http://www5d.biglobe.ne.jp/~kabataf/hyouka\\_nankai-trough.htm](http://www5d.biglobe.ne.jp/~kabataf/hyouka_nankai-trough.htm) 地震調査研究推進本部、中央防災会議 2013/01/31
- 5) <http://www.mars-taishin.com/tokucho/index.php> MARS 研究会 2013/02/01