2011 年 10 月 20 日
サイエンティフィック・システム研究会
2011 年度合同分科会

地震と人間被害

清野純史
京都大学工学研究科

［アブストラクト］
1995 年の兵庫県南部地震では，多くの建物が地震によって倒壊し，この建物の倒壊によって多くの人が亡くなった. 2011 年の東北地方太平洋沖地震では大津波が防波堤や防潮堤，道路・鉄道や橋梁を破壊し，家屋を飲み込んで多くの尊い命が失われた．ここでは，地震時における人的被害発生のメカニズムについて，地震の揺れと津波に対して定量的な見地から検討する．また，構造物が倒壊に至るまでの挙動解析を紹介するとともに，構造物の地震時挙動や内部空間被害と人間被害の関係について考察する．

［キーワード］
地震災害，人間被害，定量化，構造物被害，内部空間変容

１．はじめに

まだ記憶に新しい本年 3 月の東北地方太平洋沖地震では大津波が防波堤や防潮堤を乗り越え，道路・鉄道や橋梁を破壊し，家屋を飲み込んで多くの尊い命が失われた．また，都市基盤施設をことごとく破壊し，多くの建物を倒壊させた 1995 年の兵庫県南部地震では，この建物の倒壊によって多くの人が亡くなった．

構造物被害は，そこに働く力とそれが保有する耐力(抵抗力)の大小で決まるが，人が建物の中に住んでいる以上，人間被害の多寡もまた構造物の被害と大きく関係する．そこで，ここではまず建物被害と人間被害の関係，および地震の揺れと津波による人間被害の特徴について考察する．また，人間被害の定量化の手法と，様々な成傷器によって内部にいる人間がどのような被害を受ける可能性があるのかを，数値解析を基に検討する．

２．地震と津波による人間被害

1995 年の兵庫県南部地震の際に神戸市内で亡くなった方々の統計をみると，全体の約 83.3%が建物倒壊などによって亡くなっており，焼死を含めると全体の 95%にも及ぶ人々が，建物の倒壊やそれに付随する事象によって亡くなっている．窒息･圧死による余命時間は数分，頭部･頚部でも数時間であり，これらの割合が阪神淡路大震災のときには 8 割強を占めたことを考えると，倒壊後の救助活動もさることながら，まずは事前の建物の耐震化がいかに重要であるかがわかるであろう．今日に至る，その後の耐震

補強推進政策は，この事実が嚆矢となったと言っても過言ではない．

地震による揺れの場合は，建物に地震力が働き，その力によって建物が壊れ，その中にいた人が被害を被るという図式であった．しかし，津波による人的被害は，津波の力によって物が壊れ，それによって人的被害が発生するという図式ではなく，その人が屋外にいようが屋内にいようが，津波に直接巻き込まれることによって生じることがほとんどである．しかし，巻き込まれた後の余命時間は建物倒壊と同じであっても，人間被害発生に関しての決定的な違いは，地震後の余裕時間の違いにあることは明白であろう．この違いが，今後の津波対策に直接反映されることになる．

３．建物被害の数値解析

建物が倒壊しても内部空間を確保することができれば，少なくとも数日は人は生き延びられる．地震時の人的被害を考えるには，耐震性が不足している建物に対しては，耐震補強や改修を行って建物の構造的被害をできるだけ軽減すること，そして，構造部材や家具・什器類による成傷メカニズムや内部空間が減少する過程を検証することが重要であることがわかる．

ここでは木造建物と組積造と対象とした震動解析結果の一例を紹介し，内部空間の損失が大きな加害要因になることを紹介する．

４．人間被害の定量化

自動車工学の分野では，衝突時の乗員安全性評価の指標（運輸省，1999）として胸部合成加速度(胸Ｇと略す)および頭部傷害基準値 HIC(Head Injury Criteria)が提案されていた．すなわち，純粋に人体に働く力や力積という計測可能な物理量で負傷程度を表そうとするものである．現在では乗員保護性能として，前面や側面などの衝突モードごとに頭部や頚部，胸部や下肢部への傷害の度合いを得点化し，その総得点で安全性を 5 段階評価している（[独]自動車事故対策機構，2000）が，ここでは 1999 年度時点での乗員障害評価にしたがって，人体に作用した力の最大値と，力の作用時間も考慮に入れた判定値である胸 G と HIC を考え，これを家屋倒壊時の人間被害をはじめとする，いくつかの災害時の人間被害評価に適用した例を示す．

５．まとめ

成傷器としての建物によって内部にいる人間がどのような被害を被る可能性があるかを追跡するために，その構造物が倒壊に至るまでの挙動を，主に木造建物を対象として，その地震時挙動や内部空間被害と人間被害の関係，室内変容と人間被害の関係について検討した．その際に，人間被害を物的被害と同じ立場で論ずるには，同じ土俵で議論できるような定量評価が必要となる．ここでは，定量評価のための一手法を紹介し，これを用いた人間被害の数値計算例を紹介した．