

氏名	カク 郭 耕 杖
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2790号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科建築学専攻
学位論文題目	Loss Evaluation for Medical Functionality of Hospitals due to Earthquakes (病院の医療機能の地震時損失評価に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 鈴木祥之 教授 河井宏允 教授 林 康裕

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、地震時防災拠点である病院を対象として、医療機能に影響を及ぼす非構造部材を安全型、機能型、妨害型の3種類に分類し、地震時の物理的被害を定量的に分析するとともに、災害医療の視点で医療機能レベルを定義して物理的被害による医療機能の地震時損失評価法の構築を目的として行った研究をまとめたものであり、7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、地震時医療機能に関する過去の被害調査と既往研究及び本研究の目的と方法について述べている。

第2章では、2003年宮城県沖の地震、宮城県北部の地震及び十勝沖地震が発生した後、病院における非構造部材の被害についてアンケート調査を実施した。その結果、天井や壁材など安全型の部材では震度5弱から、水・電気設備や医療機器など機能型の部材では震度6から被害の多くが発生し始めていることを示すなど、医療機能に影響を及ぼす非構造部材の被害と震度との関係を被害率として定量的に評価した。

第3章では、第2章で得られた被害率を用いて、代表的な安全型と機能型の非構造部材について、個別部材の損傷確率をフラジリティ曲線として導き、また個々の部材の耐震性能レベルに応じて損傷確率を与える評価式を提案した。1995年兵庫県南部地震などの地震調査で得られた被害率に基づく損傷確率の導出は主に構造物を対象としているが、今まで定量的に得られていなかった非構造部材の被害率を、第2章で述べたアンケート調査から求めることにより、実被害を踏まえたフラジリティ曲線の構築が非構造部材にも可能であることを指摘した。

第4章では、機能型に分類される医療機器について、機器の機能故障を引き起こす落下・衝突の原因である滑り量の予測式を提案した。まず、滑り量の予測式を簡潔に求めるために、作用する地震動を波形の異なる2種類の加速度パルス波とこれに対応する2種類の速度パルス波で近似的に表現した。次に、摩擦係数の大きい場合と小さい場合、それぞれ加速度と速度パルスで滑り量が決定されることを示すとともに、2種類のパルス波の入力より最大滑り量の上下限の予測式を求めた。これより、医療機器の故障確率は、機器の滑り量が落下・衝突の生じる限界距離を超える確率として評価し得ることを示した。

第5章では、妨害型に分類される医療用棚の散乱状況について、ストック棚、錠剤棚、散剤棚の3種類の典型的な棚を用いた振動台実験を実施して定量的に調べた。まず、正弦波を入力し、棚の種類による散乱の特徴の違いなど定性的な把握を行うとともに、入力の加速度や振動数による散乱距離の変化などを定量的に評価した。その結果、壁際に設置されたストック棚と錠剤棚はロッキングする際、上部の内容物は、壁との衝突力によって棚の奥側に大きく滑ることにより、上部の棚から殆ど落下しないこと、散乱の発生し始める条件は床の加速度であるが、散乱距離は加速度と速度の両者に依存すること、入力振動数が0.75 Hz以下の低い場合、棚が転倒するまで内容物は落下せず散乱は発生しないことを明らかにした。次に、地震波を入力し、正弦波の入力で得られた結果との関係を分析した上で、地震時に棚の内容物が散乱する距離及び面積の予測式を導くとともに、医療機能の地震時損失に結び付く医療空間の散乱率の評価法を提案した。

第6章では、非構造部材の物理的被害が医療機能に及ぼす影響を分析するために、災害医療で採用されている負傷者のトリアージに応じて、医療機能レベルを手術実施、重症治療、中症治療、軽症治療に定義するとともに、2004年新潟県中越地震の被害調査から物理的被害による医療機能レベルの低下について定量的に分析した。その結果、手術実施や重症治療のような高度医療行為は、医療空間の安全確保と医療機器の機能維持が必要であるため、天井落下の安全型と水・電気供給停止の機能型の被害が生じた場合、実施できないことを示した。また、妨害型の医療用棚の散乱状況の影響については、意思決定手法を適用したアンケート調査より、医療空間で作業する医療スタッフの判断を分析し、散乱が一部、半分、殆どの程度に応じて医療が実施できない確率を評価した。特に高度医療が実施できない確率が0.13、0.35、0.69となることを示した。

以上から、病院における医療機能の地震時損失評価法を提案し、病院の医療機能の耐震診断や耐震設計に有用となり得ることを示した。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、防災拠点である病院における地震時医療機能に影響を及ぼす非構造部材の物理的被害を定量的に分析するとともに、災害医療の視点から医療機能レベルを定義し、物理的被害による医療機能の地震時損失評価法の構築に関する研究をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1) 2003年に発生した三つの地震後に、病院における非構造部材の被害に関するアンケート調査を実施して、医療機能に影響を及ぼす非構造部材を安全型、機能型、妨害型の3種類に分類し、これらの被害と震度との関係を被害率として定量的に評価した。次に、代表的な安全型と機能型の非構造部材について、上述の被害率を用いて、個々の部材の耐震性能レベルに応じて損傷確率を与えるフラジリティ曲線を構築した。

2) 機能型に分類される医療機器について、機器の機能故障を引き起こす落下・衝突の原因である滑り量の予測式を提案した。滑り量を簡潔に求めるために、作用する地震動を波形の異なる2種類の加速度パルス波とこれに対応する2種類の速度パルス波で近似的に表現し、最大滑り量の上下限を求めた。これより、医療機器の故障確率は、機器の滑り量が落下・衝突の生じる限界距離を超える確率として評価し得ることを示した。

3) 妨害型に分類される医療用棚の内容物の散乱状況を、典型的な3種類の棚を用いた振動台実験から定量的に調べた。散乱の発生し始める条件は床の加速度であるが、散乱距離は加速度と速度の両者に依存することを示し、棚の内容物が散乱する距離及び面積の予測式を提案するとともに、医療機能の損失に結び付く医療空間の散乱率の評価法を提案した。

4) 非構造部材の物理的被害が医療機能に及ぼす影響度について、2004年新潟県中越地震での被害調査と意思決定手法を用いたアンケート調査から分析した。安全型と機能型の被害が生じた場合、手術と重症治療は実施できないが、妨害型については、散乱の程度に応じて治療が実施できない確率を評価した。これらから、病院における医療機能の耐震診断や耐震設計に有用な地震時損失評価法を構築した。

以上、本論文は、病院の非構造部材の物理的被害と医療機能への影響度の分析に基づき、地震時医療機能のレベルとその損失確率を定量的に評価できる手法を構築したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年2月13日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。