

氏 名	矢 尾 誠
国 籍 ・ 本 籍	愛知県
学 位 の 種 別	博士（工学）
学 位 の 番 号	乙第202号
学位授与の日付	平成27年 3 月13日
学位授与の要件	名城大学学位規程第 3 条第 5 項該当
学 位 論 文 題 目	建物の耐震性能の向上をめざす統括的体系 の構築について
論文審査委員	主 査 立 川 剛
	副 査 牧野内 猛
	副 査 小 高 猛 司
	副 査 武 藤 厚

論 文 内 容 の 要 旨

M9クラスの南海トラフ巨大地震の発生が我々の認識に入ってきたこの時点において建物の居住者の安全性確保はさらに一層喫緊の課題となってきた。建物上部構造は言うまでもなく建物群・基礎地盤系の動力学特性を十分に反映し、現行の耐震設計に欠落した耐震・制震設計法の追及が重要課題である。同時に建物は倒壊しなくても、内部空間の危険物の日常的な生活空間から除去・固定ならびに避難経路の確保は別の重要な課題と考える。「かぐ転防」運動の中で学生・院生・卒業生を含めた運動論の構築が研究対象となり、防災意識が大きく変動する居住者への援助方法も大きな研究課題である。

先に、建物群・基礎地盤系の動力学特性の解明を試みる研究について述べる。

1995 年の兵庫県南部地震、2011 年の東北地方太平洋沖地震など、数次にわたる大震災の名を冠した震災も経て、建築構造物の設計法は飛躍的に進歩を遂げてきた。しかしながら、工業製品を用いた設計と施工の精度を必要に応じて向上させることが可能な上部構造に比べ、品質管理が困難な基礎地盤の動力学特性解明には、様々な制約が伴わざるをえない。

地盤と建物の相互作用問題における解法として、1つは近年の計算機の進歩の恩恵を直接に受けた有限要素法や境界要素法等の数値解析による方法であり、もう1つは波動論に基づく解析的な方法である。前者は、現実 に即した混合境界値問題にも汎用的に対応できる優れた方法ではあるが、得られた解は数値実験の域を出ず、無限遠方境界を含む動的な問題など、問題の本質を捉えることが困難である場合も少

なくない。一方、後者は得られる数値結果のみならず、解の積分表示の被積分関数のパラメータの極限值などに対する情報が得られるため、有限要素法などを用いた数値実験結果に規範を与えることが出来る。

一方、従来の波動論に基づく解析的な方法である D. G. C. 理論は、建物基礎下の応力を一定値に、基礎の外部領域での応力が零とし、境界条件を応力で統一した方法で、解の誘導は比較的容易に行える。しかしながら、この境界条件の設定は、基礎と地盤の接触条件を満足しているとは言い難い。剛体に近い性状を示す建物の基礎の変位分布は『変位一定』と考えられ、その結果の応力分布は、ブジネスク分布に近い形が予測されるのである。

以上を背景として、本論文の境界条件は、基礎下での『変位一定』、基礎の外部領域で『応力零』と置く、いわゆる混合境界値問題を考える。より現実的な境界条件である。この場合の未知関数は地盤に発生する接地圧分布であり、これらの合力から複素ばね剛性を求め、実部と虚部から、地盤のばね剛性と地下逸散減衰を含む減衰性能を考察する。有限要素法の誕生により永きにわたり敬遠されてきた問題を、本研究では取り扱う。解析解や数値解の誘導には、多大の困難が横たわっているが全て想定内のこととして一步一步解決してゆく。

混合境界値問題は、積分方程式に定式化することは可能であるが、地表面の応力分布が算出されるのみであり、内部の任意位置での変位分布と応力分布が求められる訳ではない。

次に「かぐ転防」運動の実践的研究については述べる。

近年の地震被害では、福岡県西方沖地震、新潟県中越地震、能登半島地震そして 2011 年（平成 23 年）3 月 11 日 14 時 46 分に日本の太平洋三陸沖で発生した東北地方太平洋沖地震があり、多大な被害を出している。さらには、今後起きるとされている東海・東南海地震時に人命を喪失しない様々な対策が急務である。

速やかに耐震改修を行う必要のある建物は数多くあるが、経済的対応が可能な自治体、企業などの建物に対し、特に年金生活者などの高齢者の個人住宅では無料の耐震診断でさえ実施にも至らないことが多い。これは診断結果から得られた結果の次ステップとなる補強工事への移行が困難なことや、診断時の手続きの複雑さ、現地調査対応の困難さが要因の一つとなるだろう。更に実施された診断結果からは多くの建物で、耐震改修は一向に進んでいないのが現実である。

家具転倒による被害の減少を目的として学生ボランティアチーム「かぐ転倒防止隊」（以下、「かぐ転防」隊と略す）を発足させた。学生ボランティア活動として活動を行う問題にも直面している。しかし、問題は早急に安全な空間を確保することであり、実活動を通じることで直接的に空間の確保ができ、問題解決の一つを提案できる。

本論では「かぐ転防」隊の施行錯誤的な活動を通じて地震時の人的被害減少に有効な「家具の転倒防止などの対策を高齢者の住宅を対象として速やかに多くの建物で行う」行為に必要な実践的方法論を提示することを目的とする。

最後に、「耐震性能の向上をめざす統括的体系の構築」は如何にして構築出来るかについて、これは建築と関わる様々な要素の改善・構築により形成できると考える。今後においても「耐震性能向上」という大命題に対し、幾つかの課題について、夫々と正対し統括的体系の構築を目指す。

本論文では2課題について示してきたが、「建物の耐震性能の向上をめざす統括的体系の構築」に向けて今後も活動していく。

論文審査の結果の要旨

申請者は、建物と地盤の動的相互作用に関する混合境界値問題の解法システムの確立を目途としている。従来の研究では、応力で統一した境界条件下で解かれた DGC (Dynamical Ground Compliance) 理論が 50 年以上前に示された。DGC 理論は優れた方法であるが、建物基礎と地盤の応答変位間に整合性がなく混合境界値問題として扱われる必要がある。一方、同時期に計算力学として FEM が開発されて以降、混合境界値問題が比較的容易に解けるため、以降、解析的解法の流れは途切れ十分とは言えない。論文としては、積分方程式による近似解法が報告されているが任意位置の応力と変位は計算できない。ところで、半無限地盤を有限要素で覆い尽くすことはできず、動的解を得ようとする、ある地点から放射された波動が、設定された有限境界に直角以外の角度で入射した場合、反射して戻ってくる時刻から解の信頼性は急速に低下する。そこで、同氏は半無限弾性体地盤上に変位制御の 2 次元加振実験を混合境界値問題として設定し解析解を求め、DGC の結果と比較している。この場合、DGC の静的解は発散し有限解をもたない。静的解の逆数は地盤ばね剛性で、その値は零となり、従来の解釈では解は存在しない。それに対して、導いた結果は有限の値であり、地盤ばね剛性は算出可能である。さらに、加振基礎からの波動の発生と伝播現象、そして地下逸散減衰についても DGC 理論の矛盾点を是正するなど地盤特性についての新しい知見を得ている。2 編の審査付き学術論文として纏めた。

さらに、同氏は発生必至の南海トラフ巨大地震の被害を最小限に抑え込む院生・学生のボランティア活動に依拠する「かぐ転防」隊を組織し実践している。地域の依頼人の感謝の中で、座学と違う学生の感激談話など、建築学の教育システムとしても確立されつつある。以上を 1 編の審査付き学術論文として纏めている。計 3 編である。

さて、建築界の慣習で、建物自身の健全性が満たされれば、施主に引き渡され、家具類の選択・配置は施主側の自主性に任されてきたが、震災記録から特筆されるべきことは、家具がらみの事故は常に 50% に近いことである。同氏は氏も含めた建築技術者がこの事実関係を施主側にインフォームドコンセントすべきであり、「建物の耐震性能の向上」の文脈の中に『内部空間の安全』対策を加え、また、上述の地盤特性を十分意識した設計体系を構築すべきとしている。

以上の視点や解析的解法の提案など新知見を提示しており、学位論文としての条件を十分備えていると評価できる。よって、博士(工学)の学位を授与することが妥当であると判断する。