

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 神野達夫

本論文は、『深部地盤構造を考慮した建築構造物への入力地震動に関する研究』と題して、地震および微動の観測と強震記録の解析的研究から、強震動特性を支配する要因であるやや深い地下構造および断層破壊過程に検討を加え、かつ実際の建物被害と入力地震動との関連についてまとめた研究である。

建築物への入力地震動として評価すべき強震動は極めて複雑な要因に支配されている。地震が断層（岩石）の破壊という複雑な力学系に支配されることはもとより、観測される地震動、あるいは建築物への地震動入力伝播経路や地表付近の不均質媒質による影響を受け、さらに複雑な特性を持つことになる。入力地震動研究ではこれらの要因を的確に把握するためにこれまでも多くの努力が払われてきた。特に我が国では地盤震動研究の歴史は長く、またごく表層の影響を知るべく地中観測を中心とした地震観測も多く手がけられてきた。しかしながら、1995年兵庫県南部地震による建築物被害とその原因追求から、1kmに及ぶ深さの堆積層および回折波を含む複雑な波動伝播が通常構造物への大きな要因として指摘され、深部地盤構造の把握が必要とされるに至った。さらに、最近の地震学における不均質断層運動の解明が進み、入力地震動として捉えるべき断層近傍の地震動がようやく工学的視点からの議論も可能になったが、設計基準などに取り込む段階には至っていない。

このような背景は第1章において議論されており、既往の研究の評価と本論文での研究目的・位置づけが整理されており、採用した参考文献およびそれに対する評価・位置づけは適切である。

第2章は本論文の基本構成をなし、一貫して使用する深部地盤構造の決定手法に関する理論的背景および実用性を議論している。深部構造の把握にはボーリング孔を利用する直接測定がもっとも信頼性が高い反面、膨大な費用を必要とし、きわめて特殊な目的に限られる。本論文で採用した微動のアレー観測には多くの費用は必要としないため、建設サイトでの利用が可能である。この手法は、微動に含まれる表面波の分散性からS波速度構造を推定する間接的手法である。手法の提案は決して新しいものではないが、実用化に向けた観測・議論はごく近年のことである。そのため、入力地震動評価に用いることができるか否かの検証を必要とする。本章では、深部地盤構造が他の手法で求められており、かつ地質構造が異なる二つの実験地で実践的に検証し、地盤構造決定に人為性を排除する逆解析の適合性も確認している。この確認の下に、地盤構造資料のないトルコでの観測と解析

を実施し、強震観測点および 1999 年トルコ地震の被災地の地盤構造を推定している。

第 3 章ではトルコ地震の強震記録と推定した深部地盤構造との関係を解析的に検討し、推定した地盤構造の妥当性を検証した。その延長として、強震記録が得られなかった被災地での強震動を推定し、被害との対応について検討している。やや遠方での被災地（アブジラル）では厚い堆積層のゆえに地震動が増幅され、その周期 1 秒前後の地震動は 1968 年十勝沖地震の八戸港湾の地震動レベルと同等であると結論し、我が国の旧基準の建物には被災の可能性があることを指摘した。また、震源近傍では地盤の非線形性と余震記録を経験的グリーン関数とする地震動評価法を取り入れ強震動の推定を行っている。対象としたアダバザル市街地は大きな被害を伴ったが、数 km しか離れていない強震観測点周辺はほとんど被害を受けていない。多くの建物被災はアダバザル市街地の厚い（100 m 以上）軟弱層に起因するが、断層のアスペリテイとその破壊進行方向および放射特性も少なからず影響していることを指摘した。また、日本建築学会調査団が詳細調査したギョルジュク周辺においてアレー微動観測および余震観測を実施し、2 段階での経験的グリーン関数法の適用により強震動を推定した。その際、本震時の地盤の非線形挙動を評価するため、地表で得られた余震記録は微動から求めた地盤構造を用いて基盤地震動に引き戻して評価され、次に基盤地震動での経験的グリーン関数法を適用して本震時の基盤地震動が作成され、最終的に非線形挙動を考慮して地表地震動を求める手法が用いられている。この手続は本論文による新しい提案である。

第 4 章では第 3 章において推定したギョルジュクの強震動（数箇所）と日本建築学会の調査に基づく被災度との比較検討を行い、かつ微動の水平動／上下動の振幅比（Rayleigh 波を仮定）から地盤構造の空間補間を試みた。このようにして推定された強震動分布と被災度分布との比較を行い、ごく震源の近傍であっても建物被災には地盤の影響が大きかったこと、断層破壊の進行方向による影響などが二次的に影響していることを指摘した。またギョルジュク周辺の地震動は周期 1-2 秒が卓越し、4 階建て以上の中層建物に厳しい地震動であり、被害程度と調和的であることを指摘した。

第 5 章に全体を整理し、建築物の耐震安全性を考慮する際に深部地盤構造の把握とその影響を重視する必要性と、地盤構造を把握するためのアレー微動観測法の妥当性、および震源近傍でのアスペリテイと観測サイトとの位置関係が重要であることを結論づけている。

本研究は、深部地盤構造の把握が入力地震動評価に極めて重要であることを指摘し、かつ把握のための手法を実践的な検証のもとに提案している。またそれを実際の被害地震に適用し、今後の耐震安全性検討のために貴重な資料も提供しており、耐震工学発展への貢献度は高い。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。