

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 津野靖士

本論文は、『堆積盆地に於ける地下構造決定手法と強震動評価への適用研究』と題して、強震動に最も大きな影響を与える要素の一つである地盤振動性状の解明に重点を置き、アレー微動調査法を基軸とした経済性と都市環境に優れた地盤評価手法を提案している。さらに、多数のテストサイトにおける微動の観測・解析結果を用いて実地震動記録を説明し、提案した手法の広帯域地震動評価への適合性を立証した論文である。

建築物への入力地震動評価における地盤振動特性については、地質地盤資料をもとにした地盤種別が基本であったが、平成12年6月より改正建築基準法が施行され、表層地盤の増幅特性を設計者が独自に算定することも可能となっている。高層建築物等は表層のみならず、構造物の固有周期に関連する深部まで、更には周辺地盤も含めて評価対象とすることが望ましく、簡便かつ的確に地盤構造を知る手法の開発と推定結果の信頼性確保が要求されている。本論文は、建築物等の地震動入力評価のための地盤構造調査手法として、主として地震学や物理探査学の中で発展してきた、①微動のアレー（群列）観測から伝播速度を検出し地盤構造を推定する手法や、②簡便なごく表層の評価のための表面波探査、および③水平・上下動スペクトル比の利用を対象として、これらの手法の有効性と適用限界を検討している。異種法のそれぞれの利便性と限界性を融合的に利用し、結果の信頼性の検証を地震観測記録に求めているところに本論文の特色がある。

微動の利用は古くから提案されているが、第1章において過去の業績は過不足なくレビューされており、本研究の位置付けとして地盤振動特性評価の定量化にあること、特に微動の波動場を確認し、浅部・深部地盤および2・3次元地盤構造における地震動の評価に資することとしている。時宜を得た適切な課題と評価する。

第2章はアレー微動観測から推定されるS波速度構造の決定精度と実務への適用性を評価するため、PS 検層結果や地表と地中の地震記録による地盤の同定などの各種データ・解析結果と比較検討している。微動による浅部構造決定能力の一つの限界として速度逆転層の検出の難しさを指摘しており、一般的利用を考慮した適切な指摘と言える。但し、地盤増幅特性（1・2次の卓越周期と増幅度）は近似的に評価できることを多種地盤で実証し、実務への適合性を指摘したことは高く評価できる。ごく浅い（数m程度）構造決定には、簡易な振動源を用いた表面波探査の併用を提案しており、観測手法・解析手法共に簡便で実務への適用性が高い。

第3章では後の解析に用いる微動の水平・上下スペクトル比（H/V）の波動的性質の把握を試みている。これは特に微動の複雑性のために実体波か表面波であるかの議論が学会等でも終止符が打たれていない事情がある。本論では、既存の地中強震計による鉛直アレーと地表の水平アレーで微動を観測し、位相速度分散、地中振幅分布および粒子軌跡について検討した。その結果、微動が主として表面波から成ること、上下動との関連ではRayleigh波（主として基本モード）であることを確認し、

微動の H/V は Rayleigh 波の粒子軌跡として理解することの妥当性を立証した。微動の波動的性質を 3 次元的（地中・地表のアレー）観測に基づいた評価はこれまでに報告された例はなく、本章の結論は注目に値する。

第 4 章では深い地盤への適用を検討するため、周期数秒～十秒の長周期地震動が卓越する静岡県御前崎において、地震動と微動の位相速度分散がほぼ同一であることを確認した。さらに求めた構造を水平成層と仮定し、波数積分法を適用した 1944 年東南海地震による地震動シミュレーション（再現）を行っている。観測は振り切れていて不完全であるが、数秒以上の長周期成分が卓越することや振り切れる直前まではおおよそ再現されている。数 km もある厚い堆積層の速度構造が正しく評価された例は少なく、懸念される東海地震の地震動予測にも利用価値が高い。

第 5 章・第 6 章は第 4 章までの検討の適用例であり、特に 2・3 次元堆積盆地構造の重要性と微動による地盤構造評価の有益性について地震動シミュレーションを通じて検討している。第 5 章ではトルコ・アダパザル盆地に於けるアレー微動観測と表面波探査の解析結果を示し、重複反射理論を適用した解析により地震記録の S 波主要動部が説明可能であることを示している。一方、S 波到達後の後続位相は重複反射理論では全く説明が出来ないことから、アレー微動観測・表面波探査による推定構造と微動の H/V データの併用により 3 次元の地下 S 波速度構造モデルを構築しており、他の地下構造資料が乏しい時の地盤のモデル化に一石を投じる内容と言える。

第 6 章では、第 5 章で求めた 3 次元地下構造モデルを用い、地震記録に見られた振幅の大きな後続波を有限要素法の地震動シミュレーションにより再現し、アダパザル盆地での広帯域地震動評価に成功している。短周期と長周期（周期 2 秒以上）地震動の Hybrid による予測の有効性は、まだ一部でしか確認されておらず、この種の研究の積み重ねと更なる定量評価が望まれる。なお、地盤構造資料が乏しい地域で、微動観測資料に基づく推定地下構造を用いた三次元地震動シミュレーションにより、建築構造物に必要な周期帯域の地震動を良く再現していることは、学術的・実務的に高く評価できる。第 7 章のまとめは適切であり、観測資料の一部を付録としたことは妥当な判断である。

本研究は、建築構造物への適正な地震入力を策定する目的のもとに、物理的モデルに基づいた地盤振動特性を把握するための観測と解析手法を実践的に示した研究として評価する。また、本論の第 2 章を中心として実務への直接的貢献も期待できる。

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。