

別紙 4

報 告 番 ー	※ ー	第
------------	--------	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 地盤構造と震源方位が堆積盆地の長周期地震動に及ぼす影響に関する研究 (Study on the influence of ground structure and source direction on long-period ground motion in sedimentary basin
氏 名 寺島 芳洋

論 文 内 容 の 要 旨

南海トラフ沿いの巨大地震の発生がひっ迫している。南海トラフ沿いでは昭和東南海地震（1944 年）や昭和南海地震（1946 年）が起きてから、70 年以上が経過しており、次の大地震発生の可能性が高まりつつある。南海トラフにおける巨大地震が発生すれば、関東地方から九州地方の広い範囲で震度 6 弱以上の強い揺れが予測されており、非常に広範な地域で地震被害が生じる可能性がある。

南海トラフ沿いの巨大地震や内陸部における震源が浅い活断層の地震については、大規模な堆積盆地の上に立地する中部地方や関西地方、関東地方の都市部において長周期地震動による超高層建物など長周期構造物への被害が懸念されている。地震波の長周期成分は減衰しづらいため、震源域からの距離が近いサイトはもとより、距離の離れたサイトでも大きな長周期地震動となる可能性がある。例えば、新潟県中越地震（2004 年）では東京都心部の超高層建物がエレベータのワイヤーが破損する被害が生じている。

建築構造物の設計用入力地震動の作成においては、海溝型地震および活断層の地震について複数の断層や震源パラメータを考慮することが推奨されている。近年ではスーパーコンピューターなど、計算機的能力が向上していることもあり、種々の断層について条件の異なる多くの地震動を計算できるようになった。しかし、著者の経験では、超高層建物の構造設計などの実務においては人的資源やコストの観点から限定的な条件で地震動を計算せざるを得ない。具体的には、震度や最大地動速度が大きくなりやすい計画サイトに近い活断層や SMGA 配置を中心に検討する場合が多い。構造

物の周期が短く、短周期の地震動が重要となる場合にはこういった考え方でも良いが、長周期地震動を考慮した場合には、必ずしも震源と計画サイトの近さが地震動の大きさに直結せず、計画サイトに対する震源方位や震源深さも重要な因子であることが報告されており、上記の検討では十分ではない可能性があった。

この問題を解決するためのアプローチとして、東京都心など高層建物が集中する都市部のサイトについて検討すべき SMGA の配置や断層を予め整理しておくことを考えた。本研究では、まず、これまでに国内で蓄積された都市部における長周期地震動の観測記録を分析したり、三次元地下構造モデルを用いた有限差分法による数値シミュレーションを実施したりして、震源位置などの震源条件と長周期地震動の性状の整理を実施した。その上で、都市部に影響が大きい震源条件の可視化を行い、観測事実や物理モデルに基づく合理的な震源条件（断層や SMGA 配置）の選定が容易に行える方法を提案した。

なお、本研究で取り扱う長周期地震動は、2011 年東北地方太平洋沖地震等で観測された長周期の地震波が長距離を伝播し、長時間揺れが続く長周期・長時間地震動を指す。2016 年熊本地震で観測されたフリングステップによる長周期パルスは、断層のごく近傍で発生する事象のため、本研究の対象としなかった。また、検討では、一般に長周期地震動で取り扱われることの多い周期 2 秒～周期 10 秒を対象とした。

第 2 章では、観測記録や数値シミュレーションに基づき、震源位置による長周期地震動の変動の特徴を調査した。新宿サイトを対象に、観測記録の分析や数値シミュレーションを実施したところ、東京都心から南東から北の方角の地震で地震動の振幅が大きくなる傾向があることがわかった。地震動の卓越周期としては、周期 3 秒～7 秒と幅広く変動していた。

建物の振動性状によって長周期地震動の変動から受ける影響が異なることを考え、複数の減衰定数を設定して応答スペクトルを計算して検討に用いた。その結果、同じサイトであっても建物の振動性状によっては影響が大きな震央方位が異なる可能性があることがわかった。さらに、複数サイトについて、震央方位によるグリーン関数の変動を確認したところ、複数サイトで異なる特徴がみられた。以上から、堆積盆地と震源方位による長周期地震動の変動については、同じ堆積盆地であってもサイトや建物の振動性状ごとに、影響の大きな震央方位を確認する必要があることがわかった。

長周期地震動の変動に関係する因子として震源方位に加え、震源深さやサイトの地下構造が重要であることがわかった。震源深さについては、震源が浅いほど震源方位による変動幅が大きくなる傾向にあった。サイトの地下構造については、関東平野周辺の岩盤サイトよりも関東平野上のサイトで変動幅が大きくなることがわかった。

第 3 章では、堆積盆地と震源位置による長周期地震動の変動の要因について、数値

シミュレーションと観測地震動に基づく検討を行った。単純な盆地モデルや関東平野の地盤モデルおよび観測記録によると、盆地内における表面波の波線（伝播経路）の集中が、長周期地震動の変動の要因の一つであることがわかった。具体的には、異なる震央方位の複数の地震について、盆地内における表面波の伝播経路および振幅の空間分布を確認すると、表面波が集中して振幅が大きくなる場所が震央方位によって異なることがわかった。

また、盆地内部から震央を見た場合の盆地端部の形状が凸となる場合に、盆地内部において振幅が増幅しやすい傾向が見られた。これは、盆地端部付近よりも盆地内部の方が表面波の伝播速度が遅いため、盆地端部付近～盆地内部で屈折した表面波が集合するためである。関東平野における、南～北の方位における盆地端部形状がこれに対応する。逆に、盆地端部の形状が凹となる場合には、表面波は波面を広げるように伝播し、集中しづらいため、振幅としても大きくなりにくい。こういった特徴が第 3.3 節の検討における距離減衰性状に現れていると考えられる。関東平野における、北～東の方位における盆地端部形状がこれに対応する。

第 4 章では、サイトと震源域を結ぶグリーン関数を建物応答の観点から可視化して **SMGA** を配置する方法とその効果を検討することを目的として、首都圏で発生が危惧される相模トラフ沿いのプレート境界地震を題材に数値シミュレーションを実施した。震源域におけるグリーン関数の空間分布は震源距離によらない分布となっており、特定の領域でグリーン関数の応答スペクトルやエネルギースペクトルが大きくなることを確認した。その領域に **SMGA** を配置した場合と既往の **SMGA** 配置による波形合成の結果を比較したところ、従来の計算結果よりも振幅が大きく、継続時間が長くなる効果を確認した。以上から、グリーン関数の応答スペクトルやエネルギースペクトルの空間分布を可視化し、応答スペクトルやエネルギースペクトルが大きくなる領域に **SMGA** を配置することで長周期地震動の震源位置による変動を考慮した地震動予測ができることがわかった。