

氏名	おかもと たくお 岡本 拓夫
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第164号
学位授与年月日	平成16年 3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	地下浅部構造によって励起される地震動 —弓ヶ浜半島の震度異常—
学位論文審査委員	(主査) 西田良平 (副査) 榎明潔 塩崎一郎

## 学位論文の内容の要旨

鳥取県西部地震(2000、M7.3)の発生時に、震央より約30km離れた境港市で周りの市町村より大きい震度6強が計測された。以前より、内陸の活断層に起因する浅部大地震(直下型地震)の発生に伴い、震源域付近において石が跳ぶ等の強震動が発生していることが、古くは濃尾地震(1891、M8.0)で認められた竹藪の移動など、現象として報告されている。しかしこれらについては、最近になって学術的解析が詳しくなされるようになってきた。最初の大掛かりな調査は、長野県西部地震(1984、M6.8)時に認められた“石の跳び”の現象である。震央付近で多数の石の跳びが認められ、重力加速度を超える加速度が働いた可能性を示した例として知られている。長野県西部地震では他に、山体の崩壊に伴う土石流も報告され、これらの現象は震源付近で発生した強震動によると考えられている。兵庫県南部地震(1995、M7.3)においては、“震災の帯”としての強震動が認められている。阪神・淡路大震災として多数の死傷者をだした原因でもある。成因論としては断層の滑りが地表付近まで及んだとした断層説、破線の集中によるレンズ効果などが考えられたが、現在では地下構造によるエッジ効果が最も有力視されている。鳥取県西部地震時に境港市では、本震の震央に近い米子市よりも大きい震度6強を計測し、震度異常域が出現した。本論は、最近の解析を紹介・適用して、特に境港市で認められた震度の大きい帯(震度異常の帯)について、直下の構造に起因すると考え議論を行ったものである。

兵庫県南部地震の“震災の帯”を説明するために、A. Pitarka et al. はFDMの手法で、震災の帯上で観測された余震波形の計算を試み、帯上の観測波形の特徴を説明した。結果として、その特徴が地下構造で説明できることを示し、詳細地下構造を決定した。すなわち、震災の帯がエッジ効果である可能性を示した。さらに彼等は、解析手法を発展させ、三次元に拡張した3DFDMを紹介した。本論文では、A. Pitarka et al. による3DFDMによる構造解析法を、長野県西部地震と鳥取県西部地震の強震動領域の解析に適用した。

長野県西部地震では強震動による各種の地変が認められ、これらの現象を総合的に解釈するために、大学等による合同観測がなされた。この期間中、京都大学のグループは、石の跳びの認められた領域で高密度・高周波観測を行った。得られた極微小地震の詳細分布と波形データを用いて解析した結果、

石の跳びが認められた領域の直下が高減衰領域であることが分かった。また、余震の位相解析の結果より石の跳びが認められた直下に基盤の溝状のような構造が指摘でき、爆破観測の結果もこの構造を支持している。すなわち、石の跳びの認められた直下に溝状のような低速、高減衰領域が存在することが分かった。この構造をより確実にするため、3DFDMによって余震波形の合成を試みた。結果、観測波形の特徴を計算波形で表現でき、この構造がより確かなものになった。また、低速度層の存在が本震時の石の跳びの成因となる可能性が指摘できた。

鳥取県西部地震では震度分布の特徴として、岡山県に伸びる震度の大きい領域と、境港市で計測された震度6強が顕著である。南部に伸びる特徴は、震源過程によって説明できるが、境港市の震度は説明できない。さらに境港市では、市内で震度の異なる現象（例えば帯状）が認められた。境港市で認められた現象は、震源や径路の影響ではなく直下の構造によると考えて、前述の手法の適用を試みた。初期構造モデルは、鳥取県の構造解析データを利用、物性の情報は、吉川他（2001）、岡本（2000）を参考にした。また波形の特性を理解する為に、新たに震度異常を起こした領域で地震の観測を行った。結果、地震観測については震度異常域の観測点で観測された波形の振幅が圧倒的に大きく、増幅現象が認められる結果が得られた。震度解析においても、境港市役所と境測候所で震度が1近く異なる統計的結果が得られ、増幅現象を示唆している。計算波形では、以前に行われた余震観測の観測波形を良く説明できた。さらに、新設点の仮想余震波形（余震波形データがない）では、震度の小さい観測点（MRU）より震度の大きい観測点（HGJ）でS波で2倍を超える差が認められた。MRUとHGJは500m程度しか離れておらず、表層を導入することではっきり違いが認められたことにより、基盤構造によるエッジ効果と表層による励起された波の多重反射の相乗効果によって、異常震度の領域が形成されたと結論づけられた。また、波形シミュレーションの結果、震度異常域が波形の振幅の違いによって説明できることが分かった。すなわち、弓ヶ浜半島の直下について詳細な構造が得られ、震度異常域の出現が説明できた。

本論文では、直下型地震で地表に認められた強震動による現象が、直下の構造によって励起されて発生した可能性を指摘できた。特に、励起された地震動によって境港市の幅の狭い震度異常域も説明できた。本論文の内容は沖積層上の都市における防災について、震度予測法の見直し等、新しい提言をするものである。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、鳥取県西部地震で観測された境港市での震度異常域について、総合的に調査・観測して、地下構造解析・理論波形計算を行い、地下構造がその原因であることを明らかにした研究である。大地震が発生した時に震度異常分布が観測されるが、震源過程による地震波の射出方位と表層地盤の影響により説明できる場合がほとんどである。しかし、境港市の震度異常は震源過程で説明できず、表層は砂地盤であることから、その原因は境港市直下のやや深い地下構造であると推定される。そして、この震度異常の出現メカニズムが解明されると、防災計画の基礎となる詳細な震度想定を行う上で、重要な示唆を与えることが出来ると考えられている。

今まで、境港市の震度異常について、市内で詳細な震度アンケート調査が実施され、詳細な震度分布が決定され、震度異常域の形状（長さ3 km、幅500 m）が明らかにされている。そして、鳥取県による構造調査、重力探査など構造解析のデータが多く蓄積されている。

本研究では、地下構造解析と理論地震波形計算を組み合わせる解析方法を活用して、境港市の震度異常域について、地下構造モデルを決定するとともに、基盤構造によるエッジ効果と表層によって励起された波の多重反射の相乗効果によって、異常震度の領域が形成されたと結論づけた。そして、波形シミュレーションの結果、震度異常域で理論地震波形の振幅が増幅することによって明らかになった。そして、この震度異常域を挟んで地震観測を実施して、地震波の振幅が大きくなる現象を観測し、理論波形と観測波形が一致することを検証した。すなわち、弓ヶ浜半島の直下について詳細な地下構造を決定し、震度異常域の出現を説明した。これは今後の震度想定について地盤構造だけでなく、深い基盤構造を決定することの重要性を示唆した。

本論文では、境港市の震度異常域の出現が、直下の地下構造で励起された地震動によって発生することを、理論と観測で明らかにした。地下構造解明と震度異常域の出現メカニズムの解明は、沖積平野の都市における地震防災において、今後活用されることが期待できる。

以上により、本論文は博士（工学）の学位に値するものと認められる。