

I - B 236

鹿児島県北西部地震における川内市の地震動増幅特性の検討

飛鳥建設技術研究所 正会員 三輪 滋 正会員 沼田 淳紀

1. はじめに

1997年3月26日と5月13日に鹿児島県北西部でマグニチュード  $Mjma=6.3$  と  $Mjma=6.2$  の地震がほぼ同じ位置で生じた。震央に近い、K-NET のいくつかの観測点で得られた加速度記録を見ると、地点によりそのスペクトル特性に大きな違いが見られ、震源や伝播経路の特性よりも、むしろ各観測点における表層地盤の増幅特性の影響を大きく受けているものと考えられた。そこで、気象庁震度階で6弱を記録した川内市に着目し、K-NET<sup>1)</sup>から得られた地震動記録、地震後に実施した常時微動測定<sup>2)</sup>の記録などを基に、主にK-NETの川内観測点（以下K-NET川内）の地震動増幅特性について検討する<sup>3)</sup>。

2. 常時微動に基づいた川内市内の地盤の増幅特性

常時微動は川内市と数点で測定したが、ここでは、古くは湿地帯であり軟弱な地盤が厚く堆積するK-NET川内と、風化しているものの岩盤が露頭している、K-NET川内と隈之城川を挟んだA地点のものを示す。常時微動の水平動と鉛直動とのスペクトル比（以下H/V比）により表層地盤の増幅特性を検討できることが知られている<sup>3)4)5)</sup>。図-1に、常時微動のH/V比を示す。岩盤が露頭した良好な地盤のA点では明瞭な卓越は見られないが、K-NET川内では0.25秒付近、0.6秒付近に卓越が見られ、それぞれ1次、2次の固有周期と推定される。H/V比の違いから川内市の狭い範囲内であっても地盤の増幅特性に違いがあることが推定される。

3. K-NET川内における地震動と常時微動記録の検討

検討に用いた地震動データは、K-NET川内で1997年3月26日～6月27日の間に観測された19の地震である。様々な加速度レベルの地震動が得られているが、最大水平加速度が  $100\text{cm/s}^2$  以上の地震動（グループA）、地盤が線形

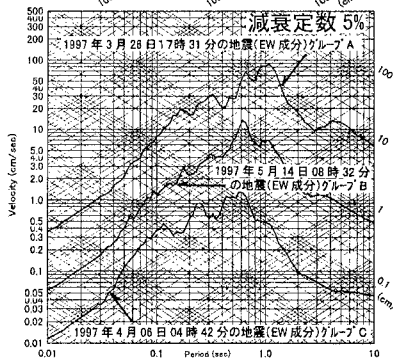


図-2 K-NETで観測された地震動の加速度応答スペクトル

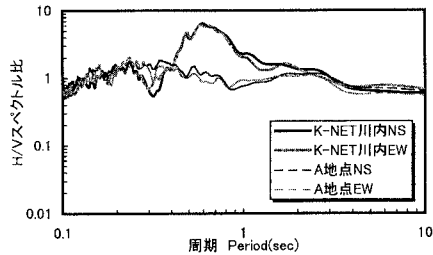


図-1 常時微動のH/Vスペクトル比

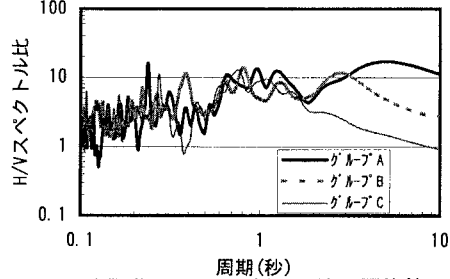


図-3 地震動のH/Vスペクトル比の平均値

に近い挙動をしていると考えられる  $10\text{cm/s}^2$  程度以下の地震動（グループC）、その中間の  $20\sim 100\text{cm/s}^2$  程度の地震動（グループB）という3つのグループに分けて検討した。図-2にグループA,B,Cからそれぞれ一例を選び、その加速度応答スペクトル（減衰定数5%）をトリバタイト表示で示す。Aでは0.32秒付近と0.9～1.2秒に、Bでは0.3秒と0.6～0.7秒に、Cでは0.25秒と0.6秒付近に卓越が見られる。これらの卓越周期は、それぞれ同等レベルの地震動ではほぼ同じで安定して認められる。いずれも地盤のひずみレベルが小さくほぼ線形的な挙動を反映すると考えられる常時微動の卓越周期と地震動レベルの小さなCの卓越周期とはほぼ一致しており、応答スペクトルに見られる卓越周期は地盤の増幅特性を表すものと考えられる。またこの卓越周期は、地震動レベルが大きくなるにしたがって長周期側に移動し、地盤の非線形性が反映されている可能性がある。また

地盤震動、増幅特性、常時微動、地震応答解析、鹿児島県北西部地震

〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間が瀬 5472, TEL0471-98-7553, FAX0471-98-7585, e-mail shigeru\_miwa@tobishima.co.jp

た、H/V 比は地震動への適用も研究されている<sup>6)</sup>。それぞれのグループの H/V 比の平均値を図-3 に示すが、応答スペクトルの場合とほぼ同様の卓越周期と、その地震動レベルによる長周期化が見られる。

4. 工学的基盤の推定と地盤の増幅特性

K-NET 川内では、図-4 のように G.L.-20m までの地盤構造が示されているが、G.L.-20m での S 波速度は 230m/s 程度で、速度構造に明瞭なコントラストは認められず、軟弱層がさらに続くと考えられる。そこで、G.L.-20m, G.L.-30m, G.L.-35m に S 波速度 400m/s 程度の工学的基盤が存在し、そこまで 230m/s の S 波速度分布が続くとした 3 つの 1 次元モデルについて表層地盤の増幅特性を重複反射理論で検討した。図-5 に工学的基盤に対する地表の伝達関数を示す。

G.L.-30m~35m に工学的基盤がある場合は、1 次固有周期が 0.6~0.65 秒となり、常時微動や小さな地震動（グループ C）の地震動特性とほぼ一致する。このことから、この地点は G.L.-30~35m 程度に工学的基盤層が存在する軟弱地盤と推定される。地盤の非線形性を検討するために、工学的基盤が G.L.-35m に存在すると仮定したモデルで、3 月 26 日 17 時 31 分の地震動記録により、等価線形化法で逆応答解析を行った。得られた工学的基盤に対する地表の伝達関数を図-6 に示す。3 月 26 日の地震動は、グループ C よりも 1 次の固有周期が 0.2~0.3 秒程度長周期化しており、地震動レベルが大きい場合には地盤の非線形性が現れる。0.3 秒付近と 0.9 秒付近の卓越は、大きな地震動（グループ A）の分析から得られる卓越周期と概ね一致している。

以上、観測記録の応答スペクトルで地震動レベルにより卓越周期が変化すること、表層地盤の構造を反映した地盤モデルによってその卓越周期と変化が概ね説明できることなどから、K-NET 川内の地表で観測される地震動は、入射した地震動の特性に比べ、表層地盤の増幅特性を相対的に大きく反映しており、地震動レベルが大きくなるにしたがって、地盤の非線形性が現れているものと考えられる。

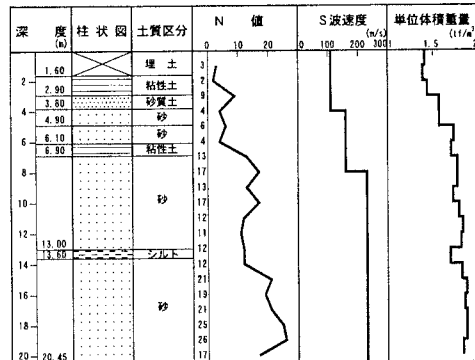


図-4 K-NET 川内の地盤構造<sup>1)</sup>

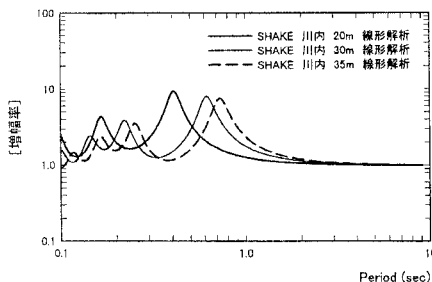


図-5 K-NET 川内における重複反射理論による各地盤モデルの伝達関数

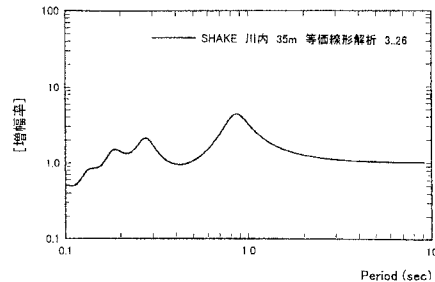


図-6 K-NET 川内における地盤の非線形性を考慮した場合の伝達関数

5. まとめ

川内市では、狭い範囲でも地点により増幅特性が異なる。K-NET 川内は G.L.-30~35m 付近まで軟弱な層が続き、地表の地震動は、入射される地震動特性に比べ表層地盤の増幅特性を大きく反映していると考えられる。また、地震動レベルが大きくなるにしたがい、地盤の非線形性が現れ、卓越周期が長くなると考えられる。

謝辞：科学技術庁防災科学技術研究所の K-NET の記録を利用させていただきました。記して感謝いたします。参考文献

1) 科学技術庁防災科学技術研究所: K-NET(Kyoshin net), <http://www.k-net.bosai.go.jp>、2) 沼田淳紀、三輪滋、池田隆明、森伸一郎：1997 年鹿児島県北西部地震における液状化の特徴と K-NET 川内の地震動増幅特性、平成 9 年度第 2 回自然災害総合研究班西部地区部会発表会、1998.2 3) 中村 豊、上野 真：地表面振動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み、第 7 回日本地震工学シンポジウム講演集、pp265~270、1986 4) 時松 孝次、仲俣 有二、田村 修次：短周期微動の水平鉛直振幅比と地盤特性の関係、日本建築学会構造系論文集、第 457 号、pp11-18、1994.3 5) 大野達夫、紺野克昭、遠藤達哉、年縄巧：常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定方法の改良と適用、土木学会論文集、No.489/I-27、pp251-260、1994.4 6) 山崎文雄、Mehedi A. Ansary:地震動の H/V スペクトル比の地点依存性に関する解釈、第 24 回地震工学研究発表会講演論文集、pp.285-288、1997.7