

I - B133 中小地震観測記録から評価したSI値等の増幅度の地震防災システムへの適用性に関する一検討

佐藤工業(株) 正会員 ○末富 岩雄, 吉田 望
東京ガス(株) 正会員 清水 善久, 中山 涉

1. はじめに 東京ガスでは、新SIセンサー約3,600基を配した新防災システム(SUPREME)の構築を行っている¹⁾。高精度被害推定および個々の地区ガバナ地点の揺れ易さの把握を目的として、蓄積される中小地震の地震波形データの分析による地点の揺れ易さ評価を順次開始している。一方、1995年兵庫県南部地震では地盤の顕著な非線形挙動により、地震動増幅特性が変化したことが知られている²⁾。ガス供給停止の判断を行うSI値が30~60カイン程度での揺れ易さが防災システムにとって最も重要であるので、中小地震観測記録から得られるSI値等の地震動代表値の基盤に対する増幅度の防災システムへの適用性について検討を行う。

2. 1995年兵庫県南部地震における地震動代表値の増幅度

Suetomi & Yoshida²⁾は1995年兵庫県南部地震の観測記録を分析し、最大加速度については埋立地で増幅度が1を下回るなど顕著な影響を受けているが、最大速度については影響が小さいことを示している。文献2)では最大加速度、最大速度のみを扱っており、また増幅度での表現となっていない。そこで、SI値、計測震度の関係を加え、増幅度での表現として、図-1に示す。基盤の扱いが同等でない(岩盤点と鉛直アレー地中記録では大きく条件は異なる)ので、厳密な議論は難しいが、地震動代表値による特性の違いからSI値における特性を把握できると考えられる。

最大速度に関しては10cm/s以上では増幅度の変化は見られない。地震動が小さいところで大きな増幅度を示しているのは、基盤とした地中記録が堅い岩盤中にあるために特に増幅度が大きくなっているものであり、他の代表値でも見られる。最大速度増幅度に関しては、地盤の非線形化の影響は現れないと考えられる。

SI値の場合、最大速度に比べてやや右肩下がりであり、軟弱地盤で増幅度が小さくなる傾向が見られる。したがって、地盤の非線形化の影響を受けるものと考えられる。図-1(b)では30カイン付近から影響が現れるものと考えられる。計測震度についても、計測震度5.0を越えると軟弱地盤で増幅度の低下が見られる。

最大加速度の場合、増幅度は明らかに右肩下がりであり、また最大加速度が小さい時は硬質地盤の増幅度が相対的に小さいのに対し、最大加速度が大きくなると硬質地盤での増幅度が相対的に大きくなっている。これらは、地盤の非線形化により増幅度が著しく小さくなっていることを示している。このような加速度の頭打ち現象は、地盤の応力がせん断強度近くになると、それ以上のせん断応力の伝達が阻止されることにより生じる。液状化が生じる場合には、過剰間隙水圧の発生によりせん断強度も減少する²⁾。

3. 鉛直アレー観測記録における地震動増幅度 強震記録と弱震記録が鉛直アレーで得られている4地点(ポートアイランド、関西電力(株)総合技術研究所、大阪ガス(株)葺合供給所、東京電力(株)新富士変電所、ただし葺合供給所についてはポートアイランドを地中観測点と見なす)について、増幅度を算出する。その際、等価線形解析により地中記録から入射波を抽出し、開放基盤(2E)波に対する増幅度として評価する。地盤が顕著な非線形挙動を示すような大きな地震動を幾度も観測しているところはなく、非線形化の影響を明瞭にすることは難しい。SI値増幅度と最大速度増幅度の相関は大変高いことが知られている³⁾。また、末富ら⁴⁾は簡易なモデルで非線形解析を行い、最大速度は頭打ちにならないのに対し、SI値、計測震度、最大加速度は頭打ちになることを示し、非線形に関する特性は最大速度とSI値で異なることを示している。そこで、最大速度増幅度との違いから、他の増幅度に関する非線形化の影響を把握する。

キーワード：地震防災，増幅度，非線形，SI値

連絡先：〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20, TEL 03-3661-2298, FAX 03-3668-9481

図-2に4地点における増幅度の比較を示す。顕著な液状化を生じたポートアイランドでは、最大速度の増幅度に変化がないのに対し、SI値の増幅度はやや小さくなっている。しかし、標準地盤である他の地点についてはSI値での増幅度が低下するという傾向は見られない。したがって、液状化が生じない条件では、50~80カインまでは、非線形化の影響を無視できる、すなわち中規模地震観測記録から得られた揺れ易さ係数を用いることができるのではないかと考えられる。軟弱地盤では30カイン程度から影響が見れるが、液状化に関しては別途判定を行っている⁵⁾。計測震度、最大加速度については、ポートアイランドでは明瞭に影響が見れており、関電技研でも影響が見られる。葺合、新富士における計測震度は、卓越周期が伸びる影響で逆に大きくなっている。浅層地盤が薄い地点の増幅度評価には注意を要する。

4. おわりに 本検討より、ガス供給停止の判断を行う30~60カインまでは、非線形化の影響を無視でき、中小地震観測記録の分析から得られる揺れ易さを用いることができることが明らかになった。今後、中小地震観測記録の分析から高精度の揺れ易さ評価を行うとともに、非線形解析により100カイン程度での強震時増幅度の評価を行っていく予定である。

本研究では、神戸市開発局、関西電力(株)、大阪ガス(株)による観測記録、および(財)震災予防協会による強震動アレー観測記録データベースから東京電力(株)により提供された観測記録を使用しました。記して関係各位に感謝いたします。

参考文献 1)清水善久;東京ガスの新リアルタイム防災システム-SUPREME-と今後の展望,第1回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集ーリアルタイム地震防災の現状と今後ー,土木学会,pp.13~18,1999年
 2)Suetomi,I. and N.Yoshida; Nonlinear behavior of surface deposit during the 1995 Hyogoken-Nambu earthquake, Soils and Foundations, special issue on geotechnical aspects of the January 17 1995 Hyogoken-Nambu earthquake, No.2, pp.11-22, 1998.9
 3)小川安雄・清水謙司・江尻謙嗣;地震動の最大水平速度VmaxとSI値の関係について,第53回年次学術講演会概要集,1998年
 4)末富岩雄・澤田純男・吉田望;地震動上限値と地盤のせん断強度の関係に関する一検討,第34回地盤工学研究発表会(投稿中)
 5)鈴木崇伸・清水善久・中山渉;液状化地盤における強震記録の特徴について,第10回日本地震工学シンポジウム,pp.1223~1228,1998年

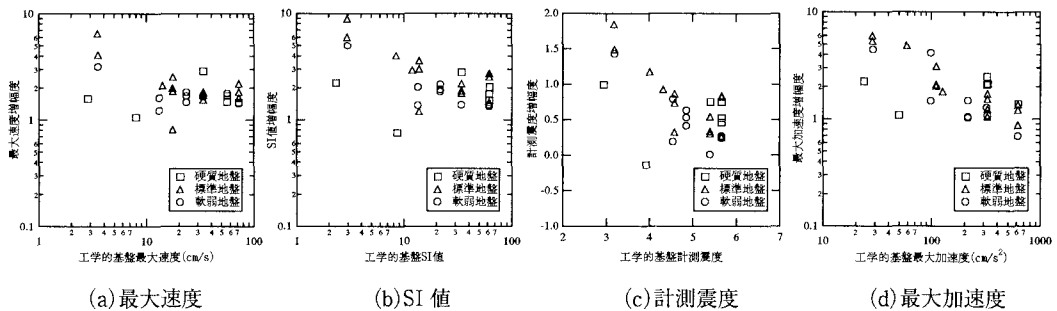


図-1 1995年兵庫県南部地震における地震動代表値の増幅度

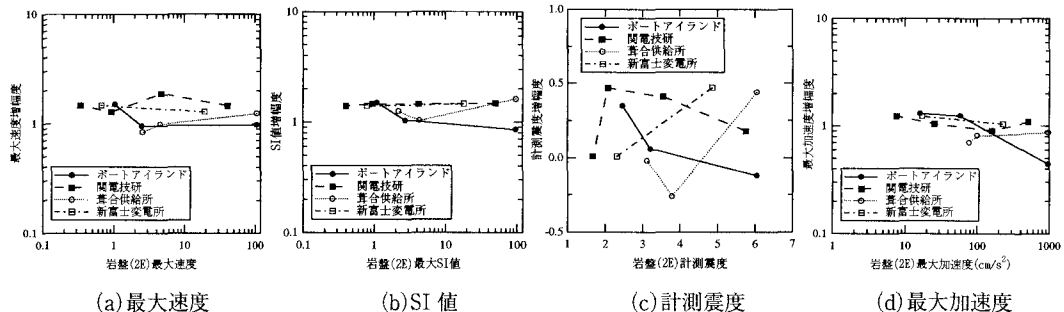


図-2 鉛直アレーにおける弱震時と強震時の増幅度