

中央大学理工学部 学生員 青柳 寮大

同 上 正会員 國生 剛治

同 上 学生員 本間 昌幸

1. まえがき 兵庫県南部地震では、震源近傍では第4紀層の基盤で最大 0.6G を越える強い加速度が観測された。また、震源断層近傍の4地点に設置された鉛直アレー地震観測システムでの記録も得られている。これらの記録では、明瞭な地盤の非線形応答挙動が得られ、地盤物性の非線形性や、液状化によって地表の加速度がかえって低減する現象が捉えられた。

本研究では、鉛直アレー記録での水平地震動において地中と表層地盤との間での地震動のスペクトル比から見た増幅特性を整理、分析する。

2. サイト条件と地震記録 図1に、大阪湾近隣での4箇所の鉛直アレーの位置と、本震の震央ならびに震源断層に対応した余震分布位置を示している⁽¹⁾。この4地点において最も深い地震計設置深度(便宜的に基盤層と呼ぶ)はポートアイランド(PI)で GL-83.4m、総合技術研究所(SGK)で GL-97m、海南港変電所(KNK)と高砂発電所(TKS)で GL-100m であり、これらの基盤層は海南港変電所が $V_s=1630\text{m/s}$ の硬質の岩盤である他、ポートアイランドでは $V_s=380\text{m/s}$ の更新統の砂礫層、また高砂発電所、総合技術研究所では $V_s=480\text{m/s}$ の更新統の粘土層である。地表から GL-20m 程度までは埋土や沖積の砂や粘性土からなり、特にポートアイランドでは表層に 17.5m の厚さの埋め立て砂層がある。

本研究に用いた地震記録はこの各4地点の本震及び余震記録である。ただしポートアイランドの余震記録は本震直後に生じた2つのみを用いている。アレー観測における地震計の設置誤差は、最大コヒーレンス法により求められた角度を用いて EW、NS 方向に修正されている⁽²⁾。

3. スペクトル比の分析 スペクトル比を求めるにあたっては高速フーリエ変換を用い、平滑化には形をみて Hanning Window を高砂発電所は2回、その他の地点は3回かけている。今回検討対象とするのは、全

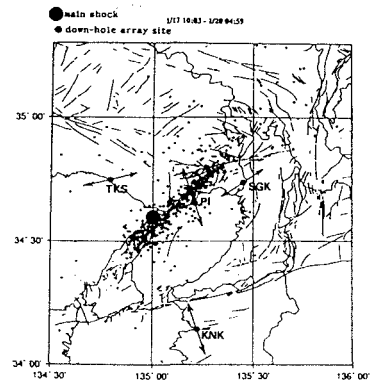


図1 4地点の鉛直アレーの位置と本震・余震の震央分布

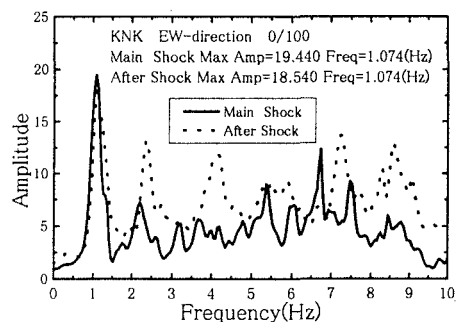
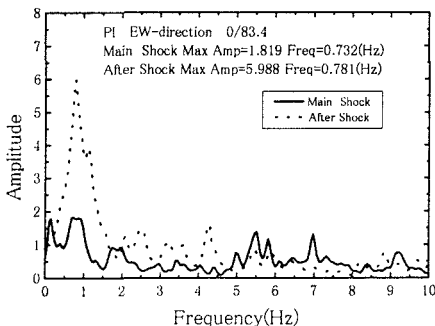


図2 PIにおける本震と余震(2つの平均)の地表と基盤のスペクトル比 図3 KNKにおける本震と余震(6つの平均)の地表と基盤のスペクトル比

キーワード：鉛直アレー、スペクトル比、非線形応答挙動

連絡先：〒112 文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科土質研究室、TEL 03-3817-1799

て表層と最深点の間のスペクトル比である。図2はポートアイランドに、また図3では海南港変電所における本震と余震の地表と基盤のスペクトル比を示している。図中の実線で表しているのが本震であり、点線が余震のスペクトル比の平均である。図2の低振動数のピークに着目すると、ポートアイランドでは余震より本震の方がピークの位置が低周波の方に移り、スペクトル比の大きさも小さくなる。これは非線形増幅特性が表れていると解釈できる。また図3より海南港変電所では1次ピークについては位置も大きさもほぼ同じであり、非線形性がほとんど表れていないが2次以上のピークについては非線形性が表れているようにも見える。図4は水平方向の0 Hz から 10 Hz の振動数範囲でのスペクトル比の最大値と基盤加速度の関係を示している。埋め立て砂層が液状化を生じたポートアイランドでは、基盤加速度の増加によるスペクトル比の減少が図より読み取れ、非線形性が示されている。しかし、高砂発電所や総合技術研究所の2地点では図4だけでは基盤加速度の増加により増幅が減少したとは言い難い。図5は工学的に重要な振動数範囲である0.5 Hz から 2.5 Hz までのスペクトル比の平均値と基盤加速度の関係を示している。この図より、全体的に見て実線の直線で示すように基盤加速度の増加と共に増幅率が低下していく傾向は明らかである。一方、個別の地点ごとに見るとスペクトル比にかなりの差異が見られる。海南港変電所についてはおそらく基盤層と表層とのS波速度比が大きいこともあって⁽¹⁾、スペクトル比は他の地点よりかなり大きい。本震と余震をつなげてみると、基盤加速度による非線形増幅特性が表れているとも解釈できる。ポートアイランドについてはかなり明らかな非線形性を示しており、高砂発電所、総合技術研究所についてもわずかながら非線形性が表れていると見ることは可能である。

4. まとめ

- (1) スペクトル比の1次ピークを本震と余震で比べた場合、海南港ではあまり非線形性は見られず、ポートアイランドでは明瞭な非線形増幅特性が見られた。
- (2) 全地点を一体として見ると、スペクトル比の基盤加速度に対する関係は明瞭な右下がりの関係を示す。
- (3) 各地点ごとのスペクトル比は基盤と表層の間のS波速度比などによりかなり異なるが、右下がりの関係を示しており、各地点ごとに非線形増幅特性を示していると解釈することができる。

謝辞 今回用いた地震データを提供していただいた関西電力(株)建設部ならびに関西地震協議会、及び数値解析のご指導いただいた佐藤工業(株)の吉田望様、末富岩雄様に感謝の意を表します。

<参考文献> (1) 國生剛治、松本正毅：兵庫県南部地震の鉛直アレー記録によるサイトの非線形増幅特性、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集、3-B, pp/602-603、1997。(2) 國生剛治、高橋佳宏、本山隆一：兵庫県南部地震のアレー観測における最大コヒーレンス法を用いた地震計設置誤差の評価

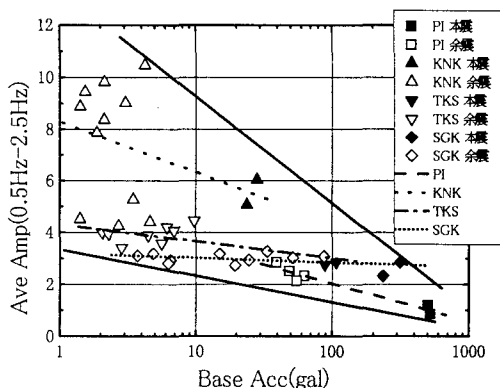
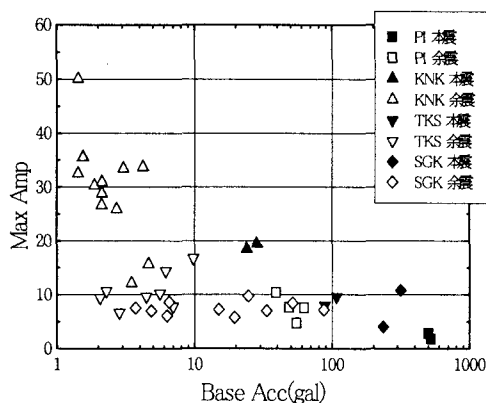


図4 水平方向のスペクトル比の最大値と基盤加速度の関係 図5 水平方向のスペクトル比の平均値と基盤加速度の関係