

1. まえがき

構造物の耐震解析においてその入力地震動となる地盤震動は構造物近傍の表層地盤構造により大きな影響を受けることが知られている。従って、地盤・構造物系の地震応答解析を行うには表層地盤の影響を受けないうわゆる地震基盤における地震動特性が必要になる。一方、原子力施設などの重要構造物は地下深部の硬い岩盤に敷設されることが多いが、このような構造物の耐震性を考察するうえでも基盤の地震動特性が重要となる。本小文は強震記録の統計解析から求められた基盤スペクトルと巨大地震の際に実測された岩盤スペクトルの関係に注目し、地震基盤のスペクトル特性について若干の考察を加えたものである。なお、本論ではスペクトルとして構造物応答を考える上で有利であり、かつフリーレスペクトルを近似することから減衰定数 $h=0.0$ の速度応答スペクトルを用いる。

2. 強震記録の統計解析による基盤スペクトル特性

地震基盤とするに足る硬い岩盤で、規模の大きな地震のスペクトル特性が実測された例は後述の実測スペクトルを除き少ない。従って、基盤スペクトル特性を割り出す次善の方策として、表層を有する地盤表面で得られた強震記録を利用することが行なわれる。著者は表面で得られた強震動スペクトルの統計解析から観測点固有の増幅特性と基盤スペクトルのアテニュエーション特性を求める重回帰モデルを提案した。^{1), 2)} そのような統計解析より求められた露出基盤（ここではS波速度1-2 km/secに相当）のスペクトル特性を示したのが図2である。図2は図1に示す日本全国26観測点より得られた228成分の水平動強震記録のスペクトルを統計解析して得た基盤スペクトルを地震マグニチュード別に示したものである（震央距離77 km、震源深さ43 km）。図2に示されるように、ここで統計的に得られた基盤スペクトルは地震マグニチュードMが大きくなるに従い、長周期成分が優勢になる特徴を有している。

3. 巨大地震で実測された岩盤スペクトルと統計スペクトルの比較

図2は表層を有する地盤表面で得られた強震記録から統計的に予測されたスペクトルである。従って、その信頼度を検討するには基盤（岩盤）で実測されたスペクトルと比較することが必要である。ところが、地下深部に存在する基盤は勿論、基盤とするに足る硬い露出岩盤での大地震の実測スペクトルが得られた例は1978年宮城県沖地震の開北橋岩盤、1983年日本海中部地震の不老不死の岩盤などの二三を数えるに過ぎない。このような基盤（岩盤）スペクトルの実測例が少ない中で、1985年メキシコ地震の際に、メキシコ湾沿岸のゲレロ地区で岩盤の強震記録が数多く得られた。ここでは、これらの強震記録も含めて、日本の大地震において実測された上述の岩盤スペクトルと統計予測による基盤スペクトルとの比較を試みる。

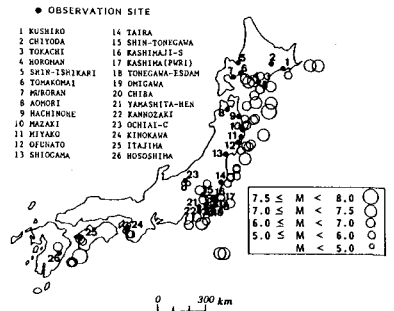


図1 強震記録観測点

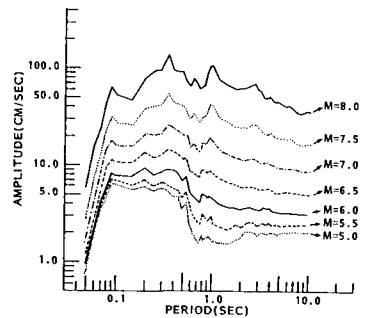


図2 統計予測された基盤スペクトル

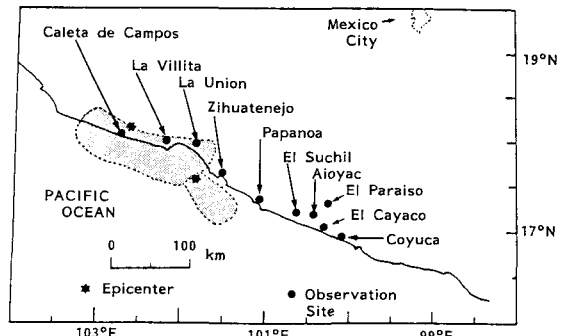


図3 1985年メキシコ地震のゲレロアレー観測点

図3は1985年メキシコ地震のグレロ地区での強震記録観測点を示したものである。同図では余震分布から推定された本震(表面波マグニチュード $M_s=8.1$)の震源域概形、および最大余震($M_s=7.5$)のそれも併せて示されている。図3に見られるように、Caleta de Campos、La Villita、La Union、Zihuatenejoの4観測点はほぼ震源域上に位置することがわかる。しかも、これらの観測点は表層に角レキを有するLa Villitaを除き、花崗岩に設置されている。従って、第一近似としてこれらの記録は巨大地震の震源域での基盤地震動とみなせるものであり、極めて貴重である。図4～図7にそれらの記録から求められた水平動二成分のスペクトルを示す。各観測点とも震源域としては比較的小きなスペクトル振幅を示していることが注目される。これらの観測点は震源域上にあるが、震源断層の破壊中心点から一定の距離を有すると考えられる。但し、その断層破壊の中心点は不明である。そこで、便宜的に図3に示した震央に破壊中心点を仮定して、さらに2で述べた日本の強震記録の重回帰分析結果から統計的に予測される基盤スペクトルを各観測点の震央距離に対応させて求め、それらを実測スペクトルと比較して示したのが、図4～図7の細線である。なお、予測スペクトルには重回帰分析の標準誤差による予測幅も示されている。図4～図7の比較によると、震央の西方近傍に位置するCaleta de Camposを除き、スペクトル振幅、形状とも実測スペクトルと予測スペクトルは比較的良好に合っていることがわかる。Caleta de Camposの著しい差異を始め、各観測点に見られる実測と予測の差は震源断層の破壊過程、とりわけ断層破壊の中心位置の設定に関係していると考えられるが、図4～図7の実測と予測の一致度は日本の地震のデータと外国における地震動の比較であることを考慮すれば悪くない。次に、同様な比較を1983年日本海中部地震、1978年宮城県沖地震の岩盤地震動の観測点である不老不死、開北橋地盤について示したのが図8、図9である。これらの図でも実測と予測の一致度は比較的良好い。

4. むすび

地表面の強震記録から統計的に求められた基盤スペクトルは世界の代表的な地震の実測基盤スペクトルと比較的良好な整合性をもっていることが確認された。

(参考文献)1)Kamiyama,Yanagisawa:Soils and Foundation,Vol.26,No.2, 2)Kamiyama:Structure Eng./Earthq. Engi.,Vol.4,No.2

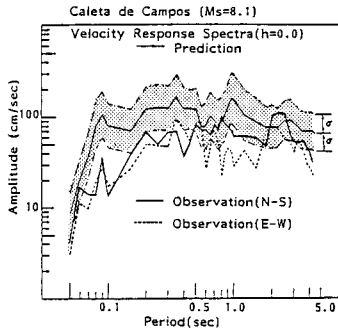


図4 実測および予測スペクトルの比較(Caleta de Campos)

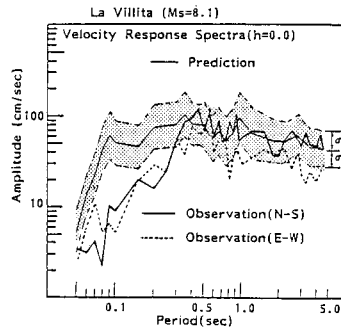


図5 実測および予測スペクトルの比較(La Villita)

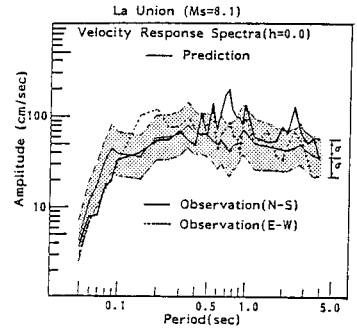


図6 実測および予測スペクトルの比較(La Union)

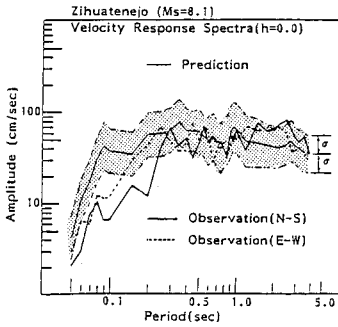


図7 実測および予測スペクトルの比較(Zihuatenejo)

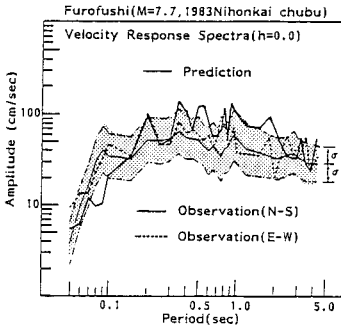


図8 実測および予測スペクトルの比較(不老不死)

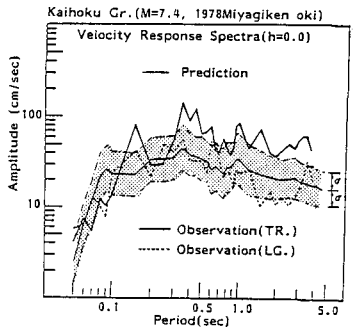


図9 実測および予測スペクトルの比較(開北橋地盤)