

表層地盤における表面波の増幅

東京大学地震研究所 正会員 飯田昌弘

1. 目的 ボアホール強震記録の解析により、すでにメキシコ市の軟弱地盤 (Iida, 2000; Iida and Kawase, 2004)、東京湾の埋立地盤 (Iida, Yamanaka, and Yamada, 2005)、の地震動の性質を調べた。ここでは、メキシコ市全体の地震動の性質を調べる (Iida, 2005a)。メキシコ市の地盤はきわめて多様であり、地盤の卓越周期は0.5秒から4.5秒にも及ぶ。

2. 観測記録 かつては湖であったメキシコ市は、Hill 区域、Transition 区域、Lakebed 区域、の3つの地質区域からなる。3つの地質区域の4ボアホール観測点を使用する。使用する地中地震計は、50m から100m くらいの深さに設置されている。

Hill 区域の Chapultepec 観測点 (地盤の卓越周期は0.43秒) は、硬質地盤に位置する。Transition 区域の Coyoacan 観測点 (同0.70秒) は、やや軟弱な地盤にある。Lakebed 区域の Roma-C 観測点 (同2.47秒) は、きわめて軟弱な地盤に設置されている。同じ区域の Zaragoza 観測点 (同4.58秒) は、さらに厚い軟弱地盤を有する。

地表記録とボアホール記録の相互相関解析によると、各観測点において、地盤の卓越周期以下の地震動は、主にS波である。卓越周期付近では、Chapultepec 観測点、Zaragoza 観測点では、地震動は主に表面波、Coyoacan 観測点、Roma-C 観測点では、波動の種類は不明 (S波と表面波の混合) である。図1に、4観測点における記録の増幅例を示す。4観測点とも、地盤の卓越周期付近における増幅が大きい。

3. 理論増幅 4観測点におけるS波、Love波、Rayleigh波の理論増幅を計算する。S波とLove波の増幅を、それぞれ図2、図3に表示する (Rayleigh波は割愛)。表面波の計算では、深さ1kmの構造を使用する。S波は、深い構造による影響を受けないので、浅い構造のみ考えれば十分である。減衰は $Q = V_s / a$ (V_s はS波速度で、 a は定数) を仮定し、各観測点において、記録に基づいて a を評価する。定数 a は、4観測点とも20くらいが適当である。

硬質地盤においては、S波とLove波の増幅がほぼ等しい。他方、軟弱地盤では、Love波やRayleigh波の増幅が、S波の増幅よりもずっと大きい。軟弱地盤で大きな増幅を示す地震動は、S波ではないことがわかる。Coyoacan 観測点、Roma-C 観測点でも、表面波が優勢であると判断できる。なお、浅い構造のみ使用した場合には、表面波の増幅は、観測される増幅を説明できない。

4. 考察 地盤の卓越周期付近における地震動は、Chapultepec 観測点では主にLove波、Coyoacan 観測点ではLove波とS波の混合、Roma-C 観測点ではLove波、Rayleigh波及びS波の混合、Zaragoza 観測点では主にRayleigh波であると考えられる。地質区域によらず、かなりの地震動が表面波である。

地盤の剛性 (S波速度) が低下すると、減衰が増加する (Q が減少する)。このとき地震動がS波なら、表層地盤での地震動の増幅は小さくなるであろう。他方、地震動が表面波なら、逆に増幅が大きくなるであろうことに、注意が必要である。

表面波が深い構造によって励起されることを認識し、表面波を適切に取り扱う必要がある。そこで、深い構造による表面波に対する建物応答法を開発している。入力波動場による建物-地盤系の相互作用解析法である (Iida, 2005b)。

5. 結論 1) 地盤の卓越周期付近では、4地点とも表面波が主体もしくは表面波が優勢である。表面波は、短周期領域では主にLove波、長周期領域では主にRayleigh波である。2) 硬質地盤では、S波とLove

(キーワード) 表面波、増幅、表層地盤、堆積盆地、地盤条件。

(連絡先) 113-0032 文京区弥生1-1-1, Phone: 03-5841-5779, Fax: 03-5689-7265.

波の増幅がほぼ等しいが、軟弱地盤では、表面波の増幅がずっと大きい。3) 表面波は、深い構造によって励起される。軟弱地盤における表面波の大きな増幅は、軟弱地盤と堆積盆地の両方に起因する。4) 減衰は、地質条件によらず $Q=V_s(m)/20$ くらいであり、軟弱地盤における減衰はきわめて大きい。

謝辞 強震記録は、メキシコ国立防災センターの Quaas Roberto 氏に提供していただきました。

参考文献 Iida (2000). BSSA, 90, 1268-1280. Iida and Kawase (2004). BSSA, 94, 598-618.

Iida, Yamanaka, and Yamada (2005). BSSA (in print). Iida (2005a). BSSA (submitted).

Iida (2005b). EESD (submitted).

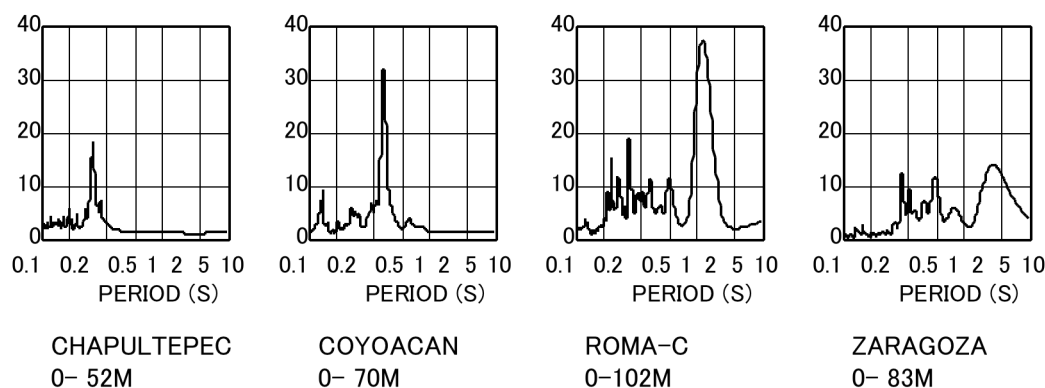


図1 地表記録と地下記録の振幅比 (EW 成分)。

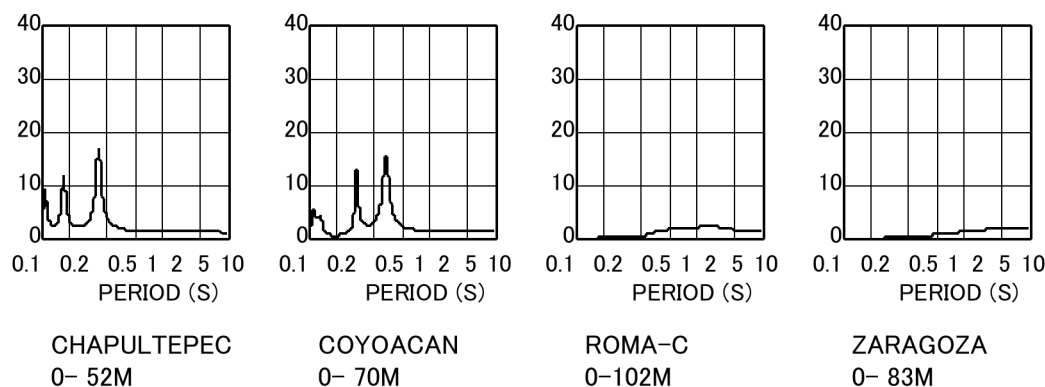


図2 表層地盤における S 波の理論振幅比。

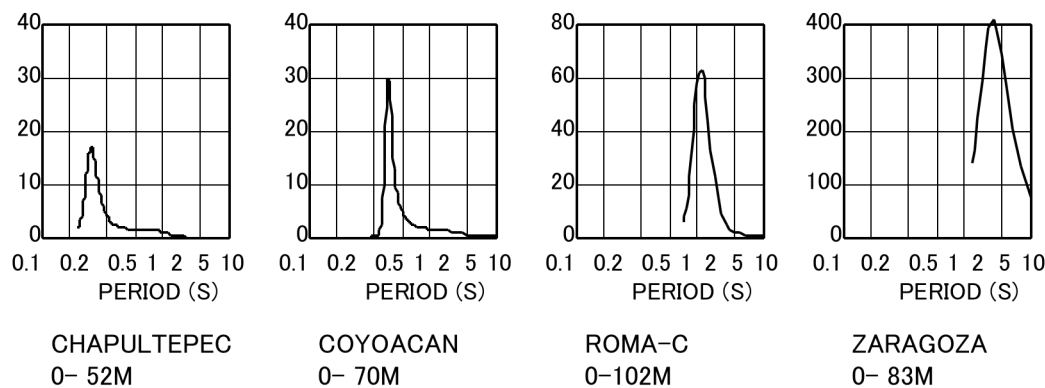


図3 表層地盤における Love 波の理論振幅比。