

I - B215

メキシコ市の軟弱地盤における波動場を評価するためのボアホール記録の系統的解析

東京大学地震研究所 正会員 飯田昌弘

防災科学技術研究所 正会員 木下繁夫

1. 序 1985年のミチョアカン地震で、メキシコ市の軟弱地盤ではきわめて継続時間の長い大振幅の記録が得られた。後続波の性質はまだ未解明である。Chavez-Garcia らは、3～5秒の周期帯の波動はラブ波であり、地表層を伝播する短周期表面波は後続波を生成しないことを示した¹⁾。我々は、ボアホール記録の系統的な解析を、軟弱地盤のRoma-Cボアホール強震観測点（地表と深さ102mに計器がある）で最近得られた良質の記録に適用し、軟弱地盤の波動場を解釈した²⁾。本稿ではその概要を紹介する。

2. データ 水平2成分の150秒間、0.3～5.0秒の周期帯を対象にする。Roma-C観測点では、深さ177mまでの地表構造と2.5kmまでの盆地のP波構造が得られている。地表面構造は、遅いS波速度と低い密度、及び高強度粘土で非線形挙動をしないのが特色である。本稿ではNS成分のみを示す。

3. 強震記録の解析 図-1 [上] の地表加速度記録には、2つ（40秒付近と90秒付近）の大振幅区間がある。図-2 [上] はボアホール記録の伝達関数（太線）を示す。図-3はボアホール記録の相互相関解析である。垂直入射の直達S波の伝播時間は0.75秒なので、約70秒までは実体波優勢、その後は表面波優勢である。さらに、周波数別の解析によると、2秒以下は実体波優勢、3秒以上はほぼ表面波、卓越周期を含む2～3秒は不明瞭である。

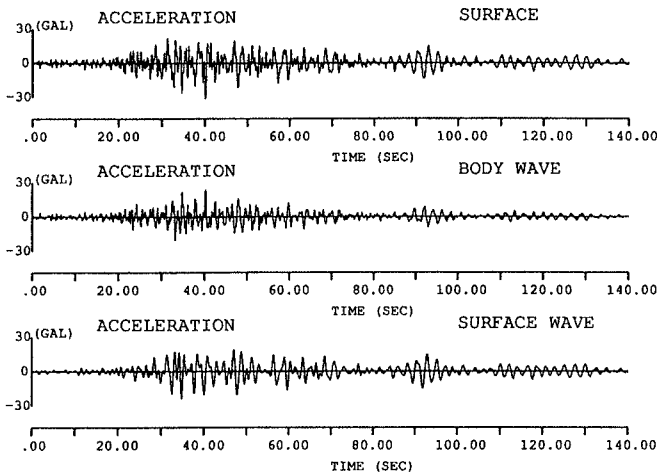


図-1 1985年9月14日の地震の、地表加速度記録のNS成分 [上] と、木下の方法によって分離されたS波部分 [中] と表面波部分 [下]。

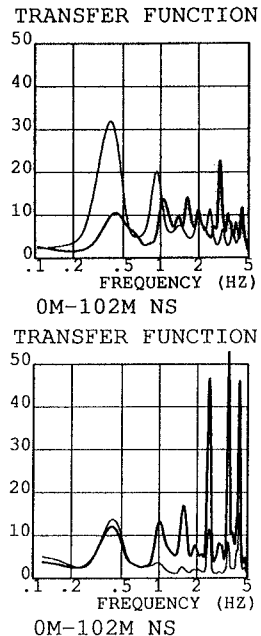


図-2 ボアホール記録の伝達関数（太線）とS波の理論伝達関数（細線） [上] と、ボアホール記録の最初の40秒間の伝達関数（太線）とS波の計算伝達関数（細線） [下]。

キーワード： 波動場、ボアホール記録、系統的解析、軟弱地盤、メキシコ市。

連絡先： 〒113 文京区弥生1-1-1 Phone: 03-3812-2111 (5779) Fax: 03-5689-7265

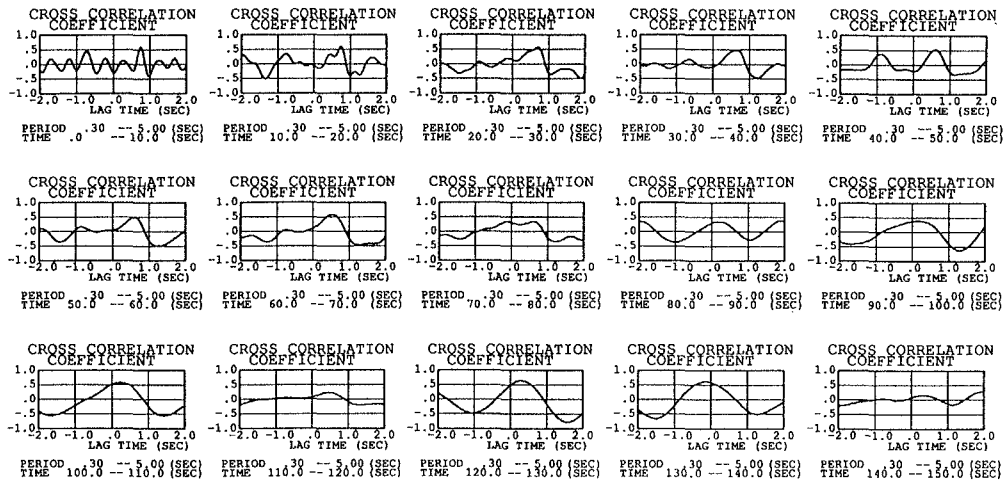


図-3 ポアホール記録の相互相関解析（NS成分）。

4. 理論解析 S波の理論伝達関数の卓越周期（周波数）の2.5秒（0.4Hz）での値は、観測伝達関数のそれよりずっと大きくなる（図-2 [上]）。また、盆地構造と地表構造に対するラブ波とレーリー波の伝達関数も計算した。卓越周期から、記録後半の表面波は盆地基本モードラブ波の可能性が高い。

5. 波動の分離 木下は、統計時刻歴モデルに基づく波動識別法を開発した³⁾。ポアホール記録に適用したところ、最初の30秒間はS波主体、70秒以後は表面波主体で、その中間の時刻では不明瞭である。この結果は、前述の相互相関解析の結果と概ね整合的である。次に、この方法を拡張して、表面波が基本モードラブ波なので、理論的に地表記録を実体波と表面波に分離できる。結果は図-1 [中・下] に示されるが、前半部にも表面波が認められる。中間部以降は表面波が主体である。

6. 軟弱地盤の沈下と非線形性 観測記録の最初の40秒間（S波部分）の伝達関数を図-2 [下] に示すが、やはりS波の理論伝達関数（図-2 [上]）のほうがずっと大きい。メキシコ市の軟弱地盤は毎年数十cm沈下するので、地盤の沈下と非線形性を考慮した3次元有限要素法解析を実施した。土の非線形性のモデル化に、バイリニアモデルとモール・クーロンの基準を使用する。動的解析の前に、重力による静的解析を実施する。圧縮された土のS波の計算伝達関数を図-2 [下] に示す。図-2 [上] の理論伝達関数との比較により地盤沈下の効果は大きく、卓越周期（周波数）付近では観測伝達関数（図-2 [下]）とよく一致する。卓越周期（周波数）は同じなので、土は非線形挙動をしていない。

7. まとめ ポアホール記録の系統的な解析により、メキシコ市の軟弱地盤の波動場を解釈した。相互相関解析は波動の種類の識別に有効である。理論的な方法によって地表記録をS波と表面波に分離したところ、表面波が優勢である。有限要素法解析により、地盤沈下の効果が大きい。

謝辞： メキシコ国立防災センターのRoberto Quaas氏とCarlos Gutierrez氏にはお世話になりました。国際協力事業団とメキシコプロジェクト委員会観測部会にはご支援いただきました。

参考文献： 1) Chavez-Garcia, F. J. et al. (1995). BSSA 85, 1116-1126. 2) Iida, M. and S. Kinoshita (1998). Submitted to BSSA. 3) 木下繁夫 (1981). 土木学会論文報告集, 第313号, 1-11.