

1. はじめに

筆者らは、これまで由比地すべり地において、地震時の土層内の間隙水圧の変動の観測を行ってきた。その結果、いくつかの地震に際して土層内に発生した動的な間隙水圧の変動が記録され^(4,5) 間隙水圧は、地震動の長周期の成分に強く応答し、周波数の増加にしたがって指数関数的に減少する傾向を示した⁽⁶⁾。今回、さらに間隙水圧と地震加速度との間の周波数応答について解析を行った。

2. 解析方法

解析の対象とした地震は1984年 9月14日 8時48分の長野県西部地震の本震と 9月15日 7時14分の最大余震および 9月19日 2時 2分発生した房総沖地震(震央:北緯34度 3分 東経 141度33分 MAG.:6.6)である。磁気テープ上の地震加速度と間隙水圧の記録は 1/200秒のサンプリング間隔でAD変換を行い数値化した。また、観測した東西方向と南北方向のデータから、観測地点から震央へ向かうR(Radial)方向とそれに直交するT(Transverse)方向の加速度成分を求めた。そして、地震動の周波数による間隙水圧の応答特性を把握するため地震動の各成分と間隙水圧について解析を行ない地震動と間隙水圧の間のコヒーレンスおよびフェイズを計算した。

3. 地震加速度と間隙水圧の応答

長野県西部地震本震と最大余震、および房総沖地震についてR成分の加速度波形と間隙水圧波形を図-1、図-2、図-3にしめす。R成分を解析の対象としたのは、これまでの解析で間隙水圧が地震加速度のS波のR成分に最も強く応答していたためである。実線は間隙水圧、点線は地震加速度である。本震の長周期の部分に明らかに相関が認められる。また、間隙水圧のピークの出現は長周期の加速度に応じて現れている。

ここで、地震加速度と間隙水圧をあるシステムへの入力 $X(t)$ とシステムからの出力 $Y(t)$ としてとらえる。二つの変動量の間関係をあらわす概念としてはコヒーレンスとフェイズが一般的に使われている。コヒーレンス $\text{coh}(\omega)$ は「二信号のフーリエ周波数成分の相互相関関数」⁽²⁾とされており、

$$\text{coh}^2(\omega) = \frac{S_{xy}(\omega)^2}{S_{xx}(\omega)S_{yy}(\omega)}$$

で表される。ここに、 $S_{xx}(\omega)$ 、 $S_{yy}(\omega)$ は二つの信号 $x(t)$ 、 $y(t)$ のフーリエスペクトル、 $S_{xy}(\omega)$ はクロスベクトルである。また、フェイズ $\theta_{xy}(\omega)$ は $x(t)$ 、 $y(t)$ のフーリエ成分 $X(\omega)$ 、 $Y(\omega)$ の位相角を表している。

$$\theta_{xy}(\omega) = \tan^{-1} \left(\frac{Q_{xy}(\omega)}{K_{xy}(\omega)} \right) \quad (S_{xy}(\omega) = K_{xy}(\omega) - i Q_{xy}(\omega))$$

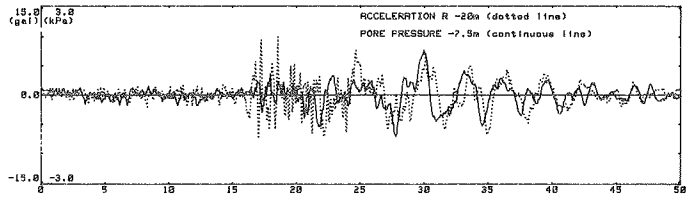
前報における間隙水圧と地震加速度の周波数領域における比較では、S波の区間においてR成分が間隙水圧に対して最も良い相関をしめしていたためS波部分について解析した。図-4、5、6に三種類の地震加速度についてS波の開始から20秒間($\Delta t=0.025$ 秒 800点)についてコヒーレンスを示した⁽¹⁾。長野県西部地震本震と最大余震については右下がりの傾向を示しており房総沖地震についても全体的には同様な結果と言える。コヒーレンスは二成分の間の各周波数成分ごとの線形性の程度を示すと言えるため、長周期成分ほど線形に近い応答をするといえ、Mavko & Harp⁽³⁾が、P波とS波のそれぞれの部分について間隙水圧と地震動のスペクトル比をもとめ、P波については負の線形関係、S波については指数関数的な右下がりの関係があることを示したことと調和的な結果となっている。また、フェイズについては必ずしも共通的な結果が認められない(図-7)。

4. まとめ

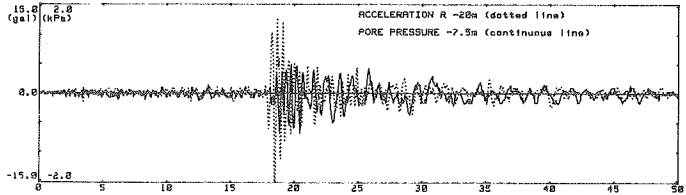
間隙水圧は加速度の長周期の成分により強く応答する傾向があり、周波数の増加に従って減少する傾向を示した。間隙水圧と地震加速度の位相差については一定の傾向はみられなかった。なお、本報告は林野庁地すべり対策調査の一環として由比地すべりで行っている観測結果について取りまとめたものである。

参考文献

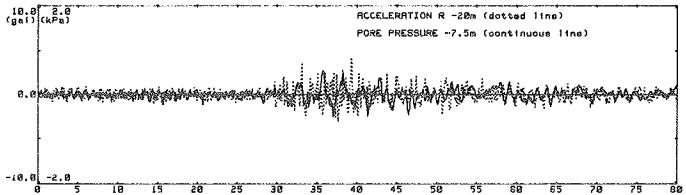
- (1)赤池弘次・中川東一郎:ダイナミックシステムの統計的解析と制御, 189pp,サイエンス社,東京,1972. (2)日野幹雄:スペクトル解析,300pp,朝倉書店,東京,1977. (3) Mavko, G. M. and E. L. Harp : Analysys of wave-induced



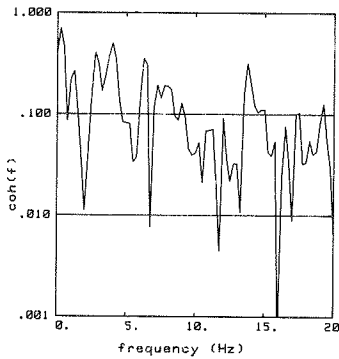
図一 長野県西部地震本震の地震加速度と間隙水圧の変動



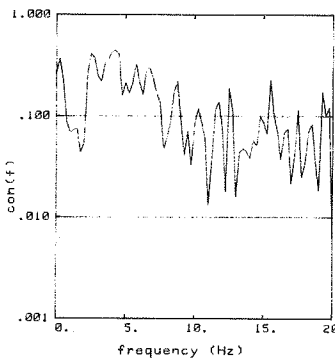
図二 長野県西部地震最大余震の地震加速度と間隙水圧の変動



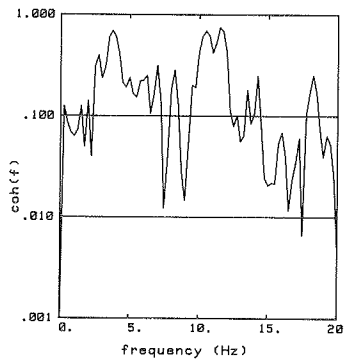
図三 房総沖地震の地震加速度と間隙水圧の変動



図一 長野県西部地震本震(1984.9.14)

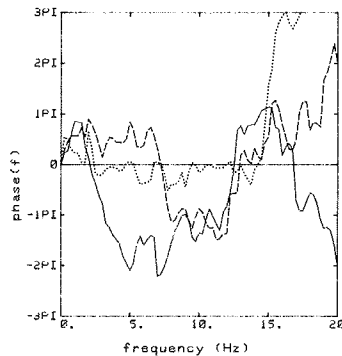


図二 長野県西部地震最大余震(1984.9.15)



図三 房総沖地震(1984.9.19)

pore pressure changes, Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 74, 1395-1407, 1984. (4) 落合博貴ほか:地すべり地における地震動と間隙水圧の変動, 第96回日本林学会大会論文集, 599-600, 1985. (5) Ochiai, H. et al. : Measurement of earthquake motion and pore water pressure at the Yui landslide area, Proc. IVth Int. Conf. and Field Workshop on Landslides, 203-208, 1985. (6) 地震動による地すべり土層内の間隙水圧の応答特性, 昭和61年度砂防学会研究発表会概要集, 238-241, 1986.



図一 地震加速度と間隙水圧のフェイズ (実線:長野県西部地震本震 破線:同余震 点線:房総沖地震)