

東京大学大学院 学生員 〇佐々木 有三
 東京大学地震研究所 正 員 伯野 元彦
 東京大学地震研究所 正 員 藤野 陽三

1. まえがき 地震による建造物の被害の要因は複雑多岐にわたる。建造物の建設されている地点の周辺地形も、その要因となり得るのではないかと、最近いくつかの研究がなされている。

筆者の1人は、昨年1976年5月3日の北イタリア地震による被害調査に参加し、建造物被害分布に1つの興味深い特徴があるのを見つけた。それは、図-1に示すような、比較的硬い地盤(岩に近い)が丘を形成し、その裾野に礫混り砂質土、さらに沖積層が覆っている地域において、硬い地盤にごく近い家屋群(A)の被害が激しかったのに対し、丘から離れた同じ沖積層上の家屋群(B)は何ともなかったということである²⁾。この被害分布の原因について意見はいろいろ分れるかもしれないが、筆者らは地形が影響しているのではないかと考え、いくつかの数値計算を行い定性的ではあるが示唆的な結果を得た。それは、図-1の(A)のような場所において鉛直動が地形の影響により誘起される可能性が高いということである。以下、報告する。

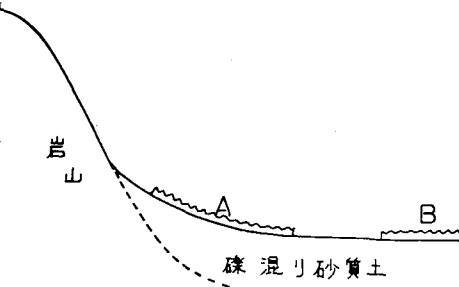


FIG. 1

2. 解析方法 図-1に示されるような地盤をモデル化し(例えば、図-2f)、有限要素法による動的応答計算を行った。一般に土の諸定数は非線形性(非線形性)を示すが、ここでは計算時間による制約から弾性応答を求めた。各要素の大きさは解の精度を保つために波長の1/5以下になるようにした⁴⁾。北イタリア、エルセントロ、タフト地震記録の水平成分4~7秒間を基盤よりの入射波とした。北イタリア地震記録は地表で記録されたものではなく、それを用いたが解析の定性的結果を要するほどのものではないと考えらる。また北イタリア、エルセントロ、タフト地震の最大加速度は各々、332 gal、326 gal、173 galとした。

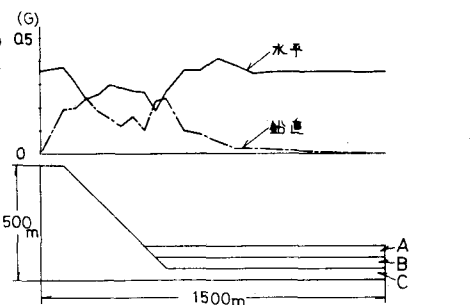


FIG. 2 表面の総最大加速度分布 (モデルI)

3. 北イタリアの場合(モデルI) 図-1に示す地形を有限要素解析するために、図-2fに示すような二次元地盤モデルを考えた。計算時間の関係でモデルは丘の途中で切断せざるを得なかった。地盤定数は表Iに示す。境界条件としては、両端とも水平方向自由、鉛直方向拘束とした。北イタリア地震記録を入力し、4秒間応答解析を行い地表に沿っての水平、鉛直最大加速度を示したのが、図-2gである。丘を途中で切断したために起る境界の影響が大きいものと思われるが、比較的軟弱な層、ならびに傾斜した硬い地盤上で鉛直動がかなり起っていることは注目に値する。他の2つの入力地震波に対しても同様の傾向が見られた。

	単位体積重量 γ	ポアソン比	減衰定数 β	切断波速度%
A層	1.8	0.45	0.1	200
B層	2.0	0.40	0.08	400
C層	2.5	0.35	0.05	1000

表 I

4. モデルⅡ しかしながら、モデルⅠでは境界の影響が非常に大きいと考えられるため応答への影響が少ないモデル(図-3F)を次に考えた。すなわち、このモデルでは丘をすべり谷み形となっている。ただしモデルⅠに較べ、傾斜とも縮小されている。各層の地震定数は表Ⅱに示す。また斜面の傾きは45°である。

	単位体積重量 γ	ポアソン比 μ	減衰定数 β	せん断波速度 V_s
A層	1.8	0.45	0.1	200
B層	2.5	0.35	0.05	1000

表Ⅱ

このモデルにエレメントⅠ地震を千秒間入力し、地表の水平、鉛直最大加速度を求めたものが図-3Eである。実線、一点鎖線、破線は各々表層の厚さを30m, 20m, 10mとしたときの最大加速度である。この結果、軟弱層の丘に近い場所では鉛直動が起きているのが認められる。誘起される鉛直動は軟弱層が厚くなるに従って大きくなることに注目したい。これを明らかにする為に軟弱層の丘に近い地点における鉛直動の水平動に対する比 β を次のように定義し(β = 最大鉛直加速度/最大水平加速度)この値を3種類の地震波について求めたのが図-4である。入力地震波により増加率は多少変わるが、軟弱層が厚くなるに従って鉛直加速度が大きくなることが分る。また、図-3において丘の両斜面土においても、鉛直動が大きく出ていることも注目し値すると考えられる。

次に地震定数はモデルⅡと同じであるが、斜面の角度を、45°から75°に変えたモデルⅢについても同様に、3種類の地震波を入力として、地表の応答加速度分布を示したのが図-5である。図-3と較べて明らかのように、丘付近の軟弱層表面における鉛直動の起こり方は減少している。このように斜面の角度によっても鉛直動の起こる可能性は敏感に変化するようである。

5. まとめ 北イタリア地震の被害分布の特徴と地形の影響という点からとらえていこうとしていくつかの地震モデルの地震応答解析を行った。その結果、丘の斜面及び、斜面近く軟弱層では鉛直動が起る可能性の高いこと、しかし軟弱層の鉛直動は軟弱層の厚さ、斜面の傾きと深い関係にあることが分った。また限られた地域で鉛直動が大きく誘起されていることは、北イタリア地震の際、先に述べた一部の地域において、ブロッコ造り構造物に被害が大きかったことと結びつくかもしれない。

参考文献

- (1) 入倉次郎; 第5回地震動シンポジウム, 日本建築学会, 1977, 2月
- (2) 伯野元彦, 土岐憲三; "北イタリア(フリウリ)地震による被害調査" 土木学会誌, 1977, 11月
- (3) Idriss, et al; Report No. EERC 73-16, Univ. of California, 1973
- (4) Kulemeyer, Lysmer; ASCE, SM-5, 1973