

軟弱地盤の地震応答に与える二次元効果 (その2)

東海大学海洋学部 学生員 ○湯浅 明, 遠藤 義之, 湯本 雅之
東海大学海洋学部 正会員 浜田 政則

1. はじめに

通常用いられているSHAKEなどで、軟弱地盤が部分的に液状化した土層の地震応答解析を行った場合、ある層が極端に軟弱化するとその層より上方に地震波が伝播せず、地表面の応答が減少してしまう。地震動によって部分的に軟弱化した土層は実際有限の広がりがあるにもかかわらず、解析モデルでは、周辺の健全地盤より軟弱化した地盤の地表面へ地震動が回り込むということが考慮されていない。我々は、上述のことを考慮した軟弱地盤の応答解析を行った結果、一次元解析モデルでは、表層での地震動の増幅効果が得られなかったが、二次元解析モデルでは増幅効果が得られたこと、また、二次元解析モデルにおける軟化層の挙動はスロッシングに似た挙動を示すことを得た。本報告では、軟弱地盤のモード解析を行い、軟化層を考慮した地盤の挙動についてさらに検討した。

2. 計算条件

図-1 (a) (b) (c) に示す地盤モデルを用いて数値解析を行った。軟弱化した地盤と健全な地盤の違いは、軟化層があること、軟化層によってその上部に非液状化表層が生じることである。そこで、これらが軟弱層を含んだ地盤の振動特性にどのような影響を与えるかを考察するために、(a) モデル1：部分的に液状化した土層を含んだ全体の場合、(b) モデル2：非液状化表面層を梁モデルとした場合、(c) モデル3：軟化層のみの場合、の解析を行った。解析に用いられた地盤の物性値は図中に示した通りである。表-1にそれぞれの境界条件を示す。

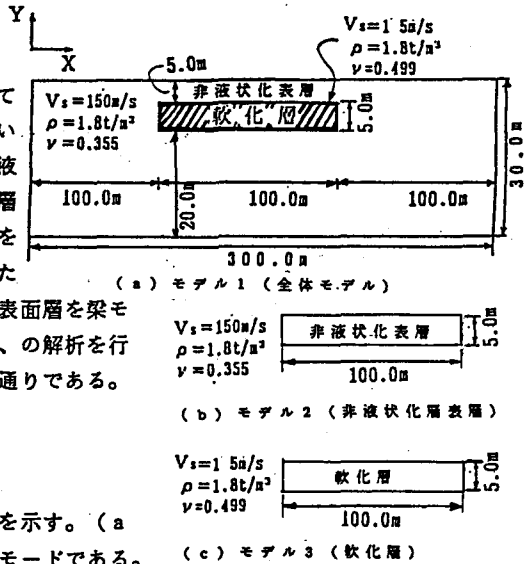


図-1 解析モデル

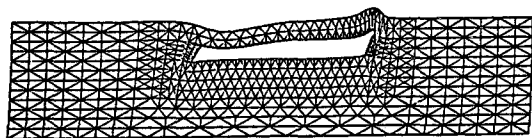
表-1 モデルの境界条件

	下部		側方	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
モデル1	固定	固定	自由	固定
モデル2	自由	自由	固定	固定
モデル3	固定	固定	固定	自由

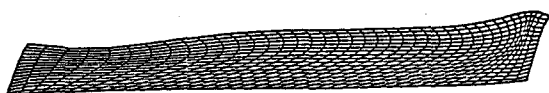
3. 結果と考察

1) 軟化層の固有モード

図-2にモデル1 (全体モデル) の第1固有モードを示す。(a) が健全部分の固有モード、(b) が軟化部分の固有モードである。この図より、部分的に液状化した土層を含んだ地盤の挙動は、軟化部分が大きく振動するモードであり、軟化層部分の振動が支配的である。また、図-2 (b) より軟化部分の固有モードは、スロッシングに似た振動モードであることがわかる。なお、固有周期は1.15秒である。図-3 (a) (b) に図-2の固有モードと同じ形をしたモデル2 (非液状化表層)、モデル3 (軟化部分) の各固有モードを示す。モデル3の側方境界条件は、スロッシング現象と同じくするために水平方向を固定、鉛直方向を自由とした。モデル2の固有周期は2.16秒、モデル3の固有周期は1.33秒である。図-2と図-8を比較すると、モデル1の軟化層部分とモデル3の固有周期が似た値になっている。ここで、モデル3 (軟化層) の固有周期を4分の1波長則 ($T = 4H/V_s$) より求めると1.33秒となり、モデル1の第1固有周期と一致する。これより、部分的に軟化した地盤の固有周期が、液状化層の厚さにも依存していることがわかる。モード解析より求めたモデル1の固有周期が4分の1波長則より小さいのは、非液状化表層や側方境界の水平方向が拘束されているため周期の伸びが抑えられているためである。また、モデル1 (全体モデル) で軟化層の厚さを10m

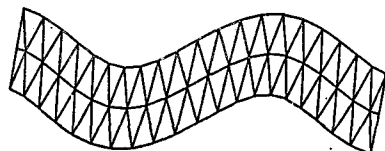


(a) 健全な部分

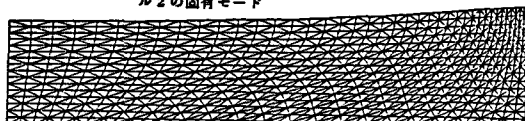


(b) 軟化層部分

図-2モデル1 (全体モデル) の第1固有モード



(a) モデル1の非液状化表層部分と同形なモデル2の固有モード



(b) モデル1の軟化部分と同形なモデル3の固有モード

図-3モデル1 (全体モデル) の第1固有モードと同形な固有モード

として第1固有周期を求めると1.63秒となった。軟化層の厚さが2倍になると固有周期も2倍になると考えられるが実際は、非液状化表層や軟化層の側方の拘束のため、固有周期が小さくなっている。これらのことを考えると、軟弱地盤が部分的に軟化したモデルの固有周期は、軟化部分の拘束状態によっても大きく左右されることが考えられる。

2) 非液状化表層の固有モード

モード解析でモデル1 (全体モデル) の各モードの刺激係数を求めた結果、第5固有モードの刺激係数が第1固有モードよりも大きくなった。図-4に第5固有モードを示す。(a)が健全部分の固有モード、(b)が軟化部分の固有モードである。固有周期は0.74秒である。前節と同様の考察を行うために、モデル1 (全体モデル) と同じ形をしたモデル2 (非液状化表層)、モデル3 (軟化層) の固有モードを図-5 (a) (b) に示す。固有周期はモデル2で0.71秒、モデル3で1.02秒である。これらの固有周期とモデル1の固有周期を比較すると、モデル1 (全体モデル) の固有周期が0.74秒であり、モデル2 (非液状化表層) の固有周期0.71秒と一致して強振状態になっていることがわかる。液状化の被害が顕著だった新潟地震などのヒアリング調査では「地震動の最中に地盤が海の波のようにならった。」などの証言がある。この現象は、図-4のようなモードが卓越したため生じたのではないかと考えられる。

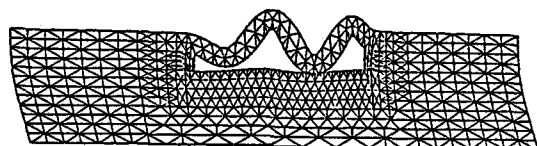
4. まとめ

軟弱地盤のモード解析を行い軟化層を考慮した地盤の挙動について検討した結果、軟化層の挙動は一種のスロッシングに似た挙動を示し、このような地盤の固有周期は、液状化層の厚さに依存すること、非液状化表層と軟化層の周期が一致した場合、強振現象が生じることがわかった。

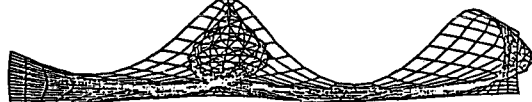
参考文献

湯浅 明・浜田 政則：軟弱地盤の地震応答に与える二次元効果、自然災害科学中部地区シンポジウム、PP

.33~40, 1990

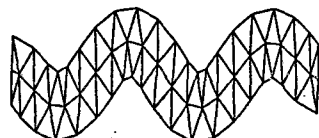


(a) 健全な部分

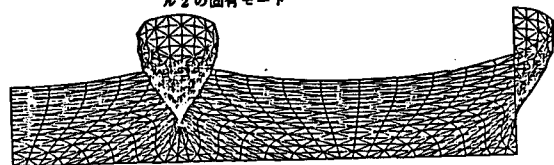


(b) 軟化層部分

図-4モデル1 (全体モデル) の第5固有モード



(a) モデル1の非液状化表層部分と同形なモデル2の固有モード



(b) モデル1の軟化部分と同形なモデル3の固有モード

図-5モデル1 (全体モデル) の第5固有モードと同形な固有モード