

Ⅲ-A122

応力-ひずみ関係モデルの差がレベル2地震動に対する地盤の地震応答に与える影響

佐藤工業 正会員 吉田 望* 末富岩雄* 規矩大義*

1 はじめに

兵庫県南部地震を契機として、構造物の設計にレベル2地震動を考慮して行う必要性が指摘されている。筆者らは、レベル2地震動で想定されるような大ひずみ領域では、動的変形特性($G-\gamma$, $h-\gamma$ 関係)は、これまで常識的に知られていたものとは異なり、ひずみとともに減衰が小さくなったり、繰り返しとともにひずみが次第に大きくなり履歴曲線は安定しない等の現象があることを実験を通して指摘し、さらに、これらの特徴を有する応力-ひずみ関係モデルを提案した¹⁾。本報では、このような応力-ひずみ関係が地震応答に与える影響を検討する。

2 応力-ひずみ関係モデル

提案した応力-ひずみ関係の詳細はここでは省略するが、任意の $G-\gamma$, $h-\gamma$ 関係を満たす事ができる、筆者らが従来から提案しているモデル²⁾に、ひずみが大きくなるに従って履歴曲線の形状が変化し減衰が低下する現象と繰り返しに伴って応力-ひずみ関係が劣化する現象を考慮できる様に修正したものである。すなわち、ある限界ひずみまでは従来と同じ挙動、これを越えるひずみでは、このような特徴が表現できるモデルとなっている。図-1は次節で用いる例題に用いる材料の応力-ひずみ関係であるが、この事が表現されていることが分かる。

3 計算例と考察

1987年千葉県東方沖地震の際、東大生研千葉実験所で得られた地震記録とサイトを用いて、試算を行う。ここでは、千葉県東方沖地震の記録に対して、図-2に示すような動的変形特性を使った解析が行われている³⁾。本報では、この動的変形特性をそのまま用いたケースと GL-10m 以浅は、図-2に波線で示すように、せん断ひずみ0.5%以上のひずみに対する減衰を小さくするケースの二つのケースを計算する。

地震応答解析では、図-3のモデルに、GL-40m の実観測波を入力した等価線形解析を行い、入射波を求め、これを10倍したものを同じ位置に作用させ、応答を求めた。図-3に最大応答値を、図-5に地表の加速度時刻歴を、図-4にひずみが最も大きい第7層の応力-ひずみ関係を、図-6に地表の GL-40m に対する増幅比を、図-7に地表の加速度時刻歴から求めた加速度応答スペクトルを示す。なお、図-3の地層は、原論文から少し修正している。

図-3では V_s が大きく変化している第7層 (GL-7.5~10m) の最大ひずみが非常に異なる。また、変位もこの層を境に大きく異なる。図-4に示した第7層 (GL-7.5~10m) の応力-ひずみ関係から、この原因は明瞭である。すなわち、図で Proposed model として示した、提案モデルでは繰り返しに伴う劣化現象が明瞭で、大きなせん断ひずみを発生の原因となっている。これに対して、図で Conventional model として示した、減衰がひずみと共に減少しないモデルでは、ひずみは大きくはならない。

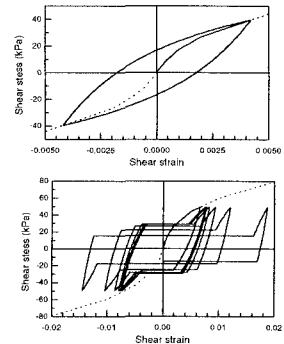


図-1 小ひずみと大ひずみの応力-ひずみ関係の例

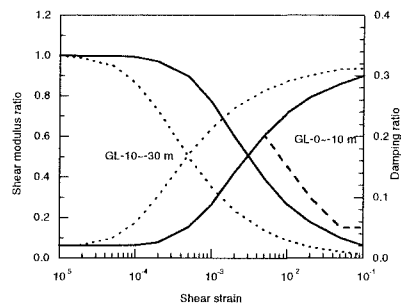


図-2 解析に用いた材料の非線形性

キーワード：レベル2地震動，地震応答解析，動的変形特性，非線形解析，

* 東京都中央区日本橋本町4-12-20

最大加速度は、第7層を境として、差が大きくなり、提案法によるものの方が大きくなっている。しかし、図-5に示した加速度時刻歴によれば、提案法による解析では10秒以降、一部はノイズのように見えるところもあり、この結果からのみから両者に差があるとは断定しがたい。しかし、一方では、このようなノイズがあるとしてもこれを除いた波形も異なっており、提案法による加速度は、既往法に比べると全体に小さい値となっている。これは、最大応答値を示した後は、せん断応力

が増幅比は、全体的な形状は両者でよく似ているが、ピーク値では差が見られる。また、加速度応答スペクトルでは、低周波数部分では周波数1Hz程度で若干差が見られるが大きな値ではない。高周波数部分では、10Hz付近でかなりの差が見られる。ただし、応答スペクトルの各周波数成分に対する最大値は、最大せん断応力となる部分で発揮されるであろうし、この時点では両モデルの挙動はそれほど変わらないと言うことを考慮すると、この結果のみから、両者で差がないと言い切ることは困難であろう。

4 おわりに

大きなひずみが予想される地盤の地震応答解析では、地震応答解析の精度を上げるには大ひずみ域に特有の現象を考慮する必要がある。また、飽和している土と飽和していない土では挙動が全く異なるので、これを意識したデータ収集、解析が必要である。

参考文献

- 1) 吉田望, 規矩大義, 末富岩雄 (1998) : レベル2地震動に対する地震応答解析のための砂の応力-ひずみ関係, 地盤工学会年次大会
- 2) 吉田望, 辻野修一, 石原研而 : 地盤の1次元非線形解析に用いる

上のせん断応力-せん断ひずみ関係のモデル化, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp. 1639-1640, 1990 3) 鹿林, 山崎文雄, 片山恒雄 (1989) : 千葉実験所における地震動観測-その5 自由地盤の伝達特性について-, 第20回地震工学研究発表会講演概要, 土木学会耐震工学委員会, pp. 93-96

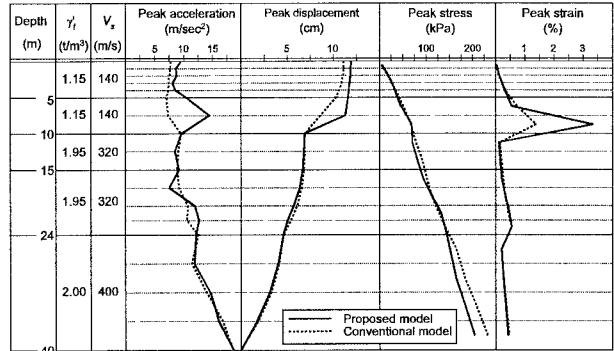


図-3 地盤モデルと最大応答値

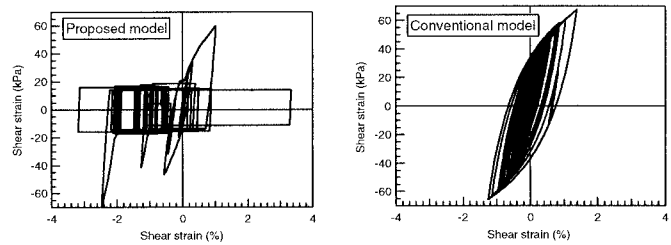


図-4 第7層の応力-ひずみ関係

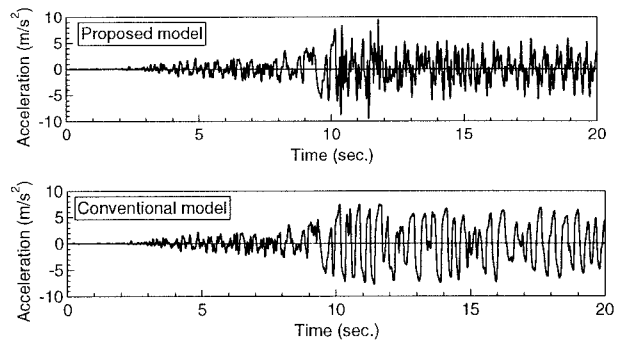


図-5 地表の加速度時刻歴

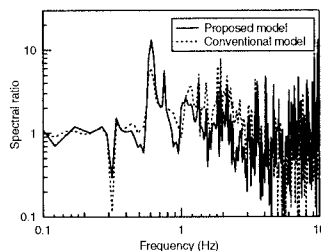


図-6 スペクトル比

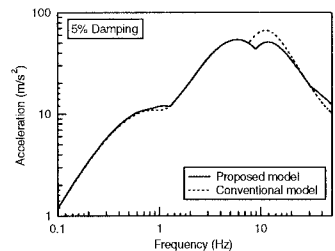


図-7 加速度応答スペクトル