

清水建設（株） 正会員 石川 裕
同 同 吉見吉昭

1. はじめに

前報¹⁾では「アクティブ排水による液状化対策工法」開発の一環として、液状化早期検知の考え方について整理し、揚水開始を判断するための指標や揚水開始から液状化発生までの余裕時間について基礎的な検討を行った。本報告ではその続報として、余裕時間と地震動最大加速度の関係ならびに揚水開始のための閾値を変化させた場合の余裕時間の違いについて考察を加える。

2. 解析方法と条件

解析方法および条件は文献1)で用いたものと同じである。ここではモデル地盤の液状化強度を仮定した上で、揚水開始時刻と液状化発生時刻との差で定義される余裕時間について振幅を種々変化した3種類の加速度波形を用いて検討した。揚水開始時刻は加速度レベルもしくは累積損傷度があらかじめ設定した閾値を超えた時刻で表されるものとし、そのための加速度レベルの閾値は90Galと120Galの2ケースを設定した。また、累積損傷度の閾値は0.1と0.3の2種類を検討対象とした。液状化発生時刻は便宜上累積損傷度がちょうど1となる時刻と仮定した。

解析に用いた加速度波形は①地震波A：1983年日本海中部地震の青森記録（EW成分）、②地震波B：1987年千葉県東方沖地震の越中島記録（NS成分）、③地震波C：1989年の伊豆半島東方沖群発地震のうちの1989/7/9 M5.5の地震の伊東市役所での記録（NS成分）の3種類であり、その波形は図-1に示されるとおりである。このうち地震波Aはいわゆる振動型の波形、地震波Cはいわゆる衝撃型の波形であり、地震波Bはその中間的な波形である。なお、仮定したモデル地盤の条件については文献1)を参照されたい。

3. 解析結果と考察

（1）余裕時間と最大加速度の関係

3種類の波形の振幅を種々変化した場合の最大加速度と上述した余裕時間との関係について考察する。図-2に上述した4つの閾値のうち、加速度レベル90Galと累積損傷度0.3を用いた場合の余裕時間と最大加速度の関係を示す。波形の振幅の調整は各波形ともに、最大加速度を最終

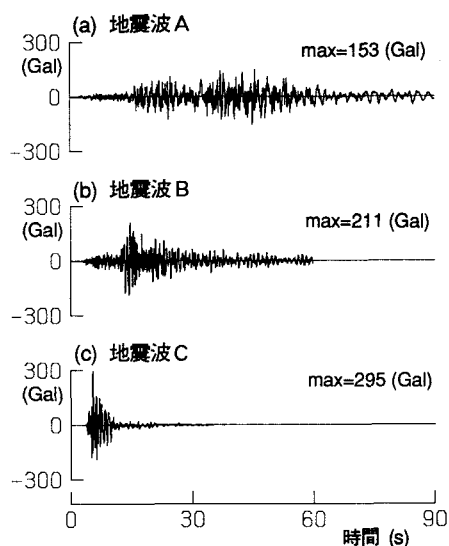


図-1 解析に用いた加速度波形
＜累積損傷度の最終値が1となるように振幅調整した場合＞

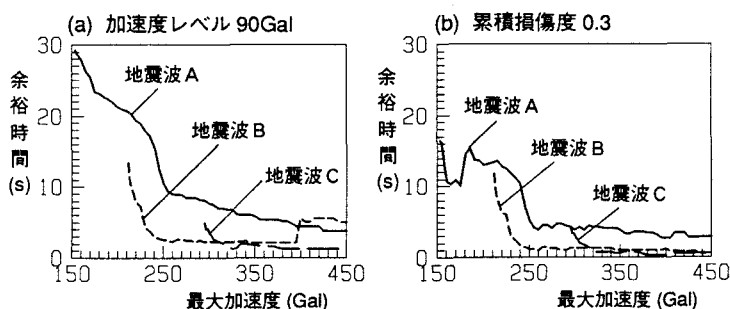


図-2 余裕時間と最大加速度の関係

の累積損傷度が1となる値（図－1参照）から450 Gal まで変化させている。

同一の波形でも振幅を大きくしていくにつれて、揚水開始時刻ならびに液状化発生時刻のいずれもが早くなってくる。図－2によれば、多少の凹凸はあるが、両時刻の差で定義される余裕時間は最大加速度の増大とともに小さくなると見てよい。そして、この傾向は閾値や波形の種類によらず同様である。最大加速度が同じと仮定すると、余裕時間は振動型の波形である地震波Aの場合が最も大きく、地震波B、地震波Cではほとんど違いはない。地震波Bに対する結果で最大加速度が200～240 Gal の範囲で余裕時間が大きくなっているが、これは累積損傷度がちょうど1となる時刻を液状化発生時刻と定義しているために、液状化発生時刻がたまたま波形の終端近くとなったことに起因している。累積損傷度はもつと早い時刻に1に漸進しているから、こうした場合の余裕時間の評価には注意が必要である。

液状化対策の設計において、地震動の最大加速度をどの程度に設定するかは、サイトの地震危険度や構造物の重要度などに依存するものであるが、最大加速度が250Galを上回るような大きな地震動を想定する場合には、特に衝撃型の波形に対しては余裕時間がきわめて小さくなることになる。したがって液状化の早期検知を考慮する場合には、最大加速度のみでなくある程度地震動の波形まで想定しておくこと、ならびに衝撃型の波形に対しては地震初動の段階で確実に液状化を警報することが肝要である。

（2）閾値を変えた場合の余裕時間の差

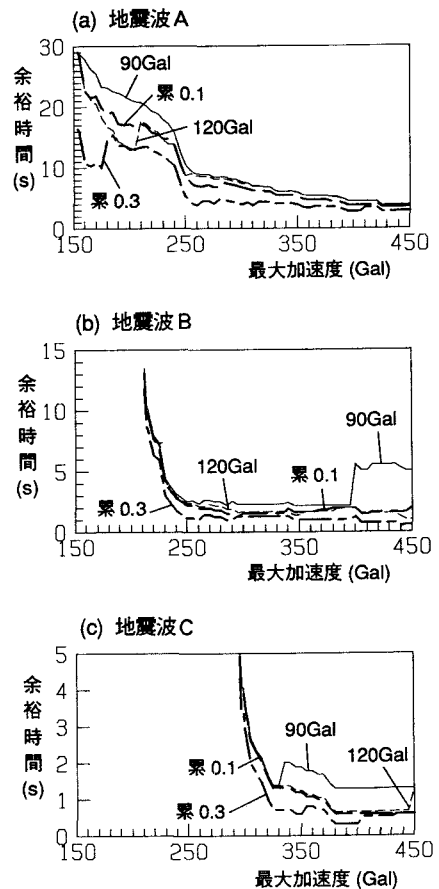
次に、今回用いた4つの閾値による余裕時間の差について考察する。図－3は各波形ごとにこの余裕時間の差を波形の最大加速度に対して示したものである。同図より、余裕時間は波形の種類によらず総じて、加速度レベル90 Galを用いた場合が最も大きく、逆に累積損傷度0.3を用いた場合が最も小さいと言えることができる。しかし、その差はただか数秒程度ときわめてわずかであることから、余裕時間の差という観点からは今回用いた4つの閾値による違いはほとんどないと見ておくのが適切であろう。

一般に、揚水開始のための閾値は小さく設定するほど余裕時間は大きく見込めるが、反面、前報¹⁾で示したように、揚水開始の判断が空振りに終わる可能性も大きくなる。したがって、こうした双方の得失を十分に踏まえた上で値を設定する必要がある。

4. おわりに

本報告では「アクティブ排水による液状化対策工法」開発の一環として、液状化早期検知に用いるための指標ならびにその閾値について、余裕時間の観点から考察を加えた。今後、地震初動による検知について研究を進めていくとともに、それが見逃しに終わった場合に備えて、今回のような解析的な検討も併せて実施していく予定である。

今回解析に用いた波形データを提供していただいた京都大学工学部・杉戸真太先生ならびに東京大学地震研究所強震観測センター・工藤一嘉先生に感謝いたします。



図－3 閾値を変えた場合の余裕時間の差

参考文献 1) 石川 裕・吉見吉昭：液状化早期検知の考え方、第28回土質工学研究発表会発表講演集、1993（投稿中）。