

累積損傷度を考慮した簡易液状化解析手法 その4 - 実地盤での液状化判定 -

累積損傷度 簡易液状化解析 液状化判定
地盤剛性

正会員 土田 剛*¹ 同 貫井 泰*¹
同 土方勝一郎*¹ 同 柳下 文雄*²
同 小山 桂介*² 同 塩見 忠彦*³

1.はじめに

液状化時の杭の設計では、建築学会「基礎構造設計指針」に基づき液状化に対する安全率(FL値)を算出し、これが1.0よりも大きくなれば液状化の可能性は無いものとして設計を行い、1.0以下の場合FL値に応じて地盤剛性を低減させて設計を行う方法が取られている。この方法の問題点としては、FL値がどの程度の液状化状態を表しているのかが実際は不明なことである。一方、これまでに提案した簡易液状化手法(CWELL)¹⁾によれば液状化状態を定量的に表す過剰間隙水圧比が簡便に時刻歴で得られ、有効応力解析と同様に液状化判定と液状化状態が同時に評価できる。

そこで、実地盤を対象に従来の液状化判定法と本解析による液状化状態の対応を検討する。

2.簡易液状化解析手法

本方法は地震時応答の半波毎に定義される累積損傷度を利用して半波毎にひずみと液状化を考慮した等価割線剛性を求め、これを用いて次の半波の応答を求めるものである。ここで、過剰間隙水圧比は累積損傷度からSeedらの式により推定する。さらに、応答が急に変化した時に、その剛性が半波の応答振幅に対応しない点を考慮して反復計算を行う²⁾。

3.解析対象および解析条件

検討の対象とした地盤は表-1に示すK地盤と表-2に示すF地盤である。ここで、液状化強度曲線は R_{20} をもとに龍岡らによる方法³⁾で推定した。また、入力地震波は臨海レベル 波とし、基盤位置に2Eで定義した。さらに、従来の液状化判定に用いる地震時のせん断応力は等価線形解析による最大応答値とした。

4.解析結果

図-1に過剰間隙水圧比の最大値を「基礎指針」により求めたFL値と比較して示す。ここで、過剰間隙水圧比は1.0となるとその層が完全液状化することを意味し、FL値は1.0以下となると液状化の可能性有とするものである。同図ではFL値の逆数(この場合、1.0以上で液状化可能性有となる)を水圧比と比較した。

表-1 検討対象地盤(K地盤)

地質	深度(m)	V_s (m/s)	N値	F_c (%)	t (t/m^2)	R_{20}
Fs	-7.8	180	9	18	1.92	0.214
As1	-11.9	200	10	7	1.92	0.163
	-16.1	200	25	29	1.92	0.199
Ac2	-19.8	180	-	-	1.80	-
	-21.5	170	-	-	1.80	-
As2	-35.8	170	-	-	1.64	-
Ac2	-37.1	240	-	-	1.82	-
Ac3	-46.3	240	-	-	1.83	-
As3	-48.8	240	-	-	1.93	-
	-53.6	290	-	-	1.93	-
Ac4	-59.8	240	-	-	1.75	-
As4	-62.2	260	-	-	1.86	-
Ds1	-73.3	350	-	-	2.00	-
Dg1	基盤	510	-	-	2.20	-

液状化対象層

表-2 検討対象地盤(F地盤)

地質	深度(m)	V_s (m/s)	N値	F_c (%)	t (t/m^2)	R_{20}
Fs	-2.7	150	11	3.9	1.90	0.326
	-4.4	150	7	3.9	1.90	0.254
	-5.3	150	3	3.9	1.90	0.171
	-6.8	160	3	3.9	1.99	0.165
As1	-8.8	160	3	3.1	1.99	0.386
As2	-11.9	360	27	0.0	1.79	0.192
Dc1	-13.1	360	-	-	1.97	-
Ds1	-14.6	360	-	-	1.97	-
	-19.8	430	-	-	1.80	-
Dg1	基盤	430	-	-	1.80	-

液状化対象層

これらを見ると、過剰間隙水圧比と1/FLの大小関係にある程度の整合性が見られるものの、十分な対応ではなかった。この原因の一つとして、液状化試験で求まる液状化強度とN値から求める液状化強度の違いが挙げられる。

そこで、F地盤に関して、 R_{20} を用いて算定したFL値(図中「FL(強度)」)を図-1に示す。この場合、深部での傾向は整合してくる。一方、K地盤のように地表面付近での傾向が異なるのは、図-2に示す最大応答加速度分布の比較からも明らかのように、等価線形解析では水圧が上昇することによる地盤物性の変化を評価できないことによる。

そこで、図-3に地盤剛性の時刻歴を等価線形解析での収束剛性とそれにFL値に応じた「基礎指針」による低減を考慮した剛性(図中「液状化時」)を比較して示す。同図より、FL値で地盤剛性を低下させ

A response analysis procedure for liquefaction using an accumulated damage parameter

る方法では地盤剛性の変動を捉えられない。

従って、杭の設計等において液状化状態を適切に考慮するためには、液状化前や後での平均地盤剛性や完全液状化時の地盤剛性を用いる等により地盤剛性の変動を取り入れることが必要である⁴⁾。

5.まとめ

従来の FL 値による液状化判定と簡易液状化解析手法から求めた過剰間隙水圧比は十分には整合していないが、ある程度の傾向は一致した。

今後は、本簡易液状化解析手法の設計への適用性について検討していきたい。

(参考文献)

- 1) 貫井 泰他：累積損傷度を考慮した簡易液状化解析手法-その1, その2-; 建築学会大会梗概集,1999.
- 2) 塩見忠彦他：累積損傷度を考慮した簡易液状化解析手法-その3-反復法, 建築学会大会梗概集,2000.
- 3) 龍岡文夫他：Normalized Dynamic Undrained Strength of Sands Subjected to Cyclic and Random Loading, 土質工学論文報告集, Vol.20, No.3, pp.1-16, Sept.1980.
- 4) 土方勝一郎他：SRモデルによる杭基礎建築物の地震応答解析における液状化の考慮方法-その5-; 建築学会大会梗概集,1999.

注) FL 値の逆数が 1.0 以上になれば液状化可能性有となる。

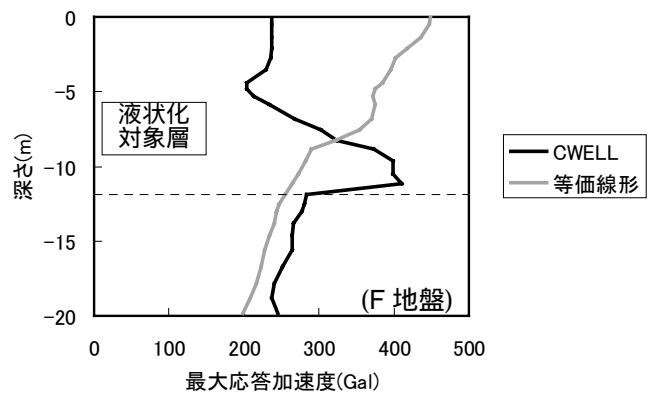
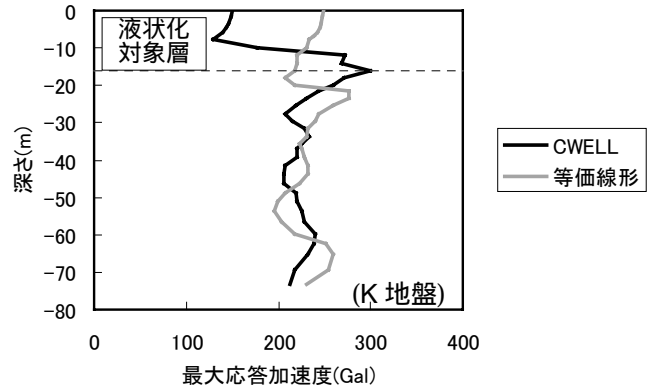


図-2 最大応答加速度分布の比較

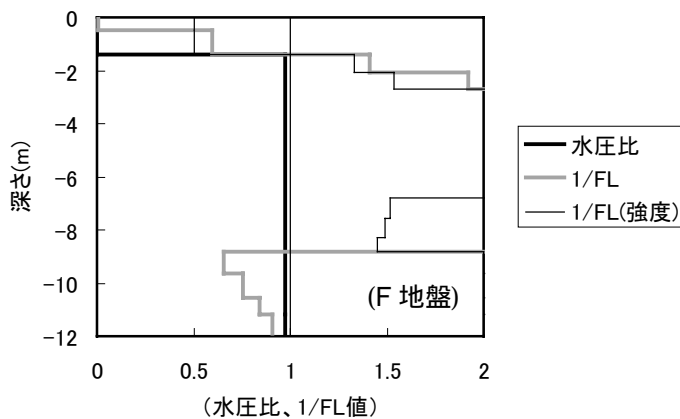
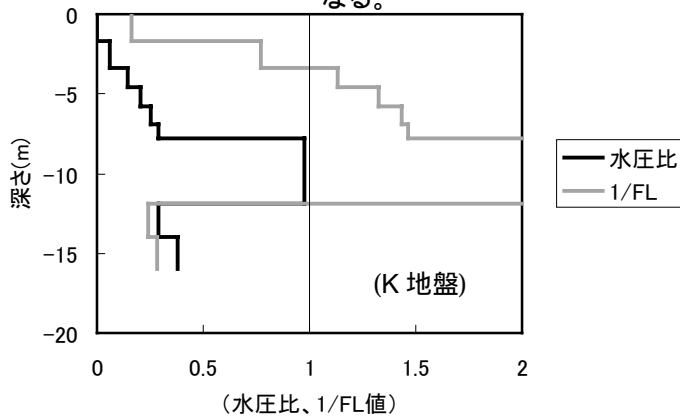


図-1 過剰間隙水圧比と FL 値の比較

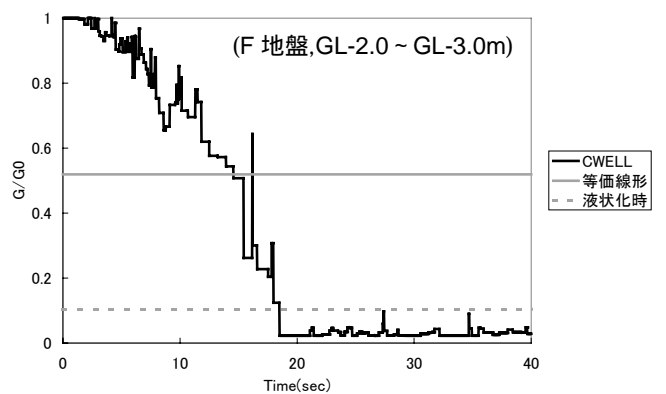
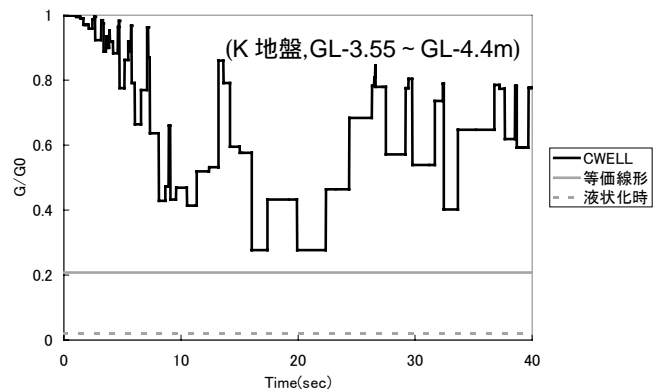


図-3 地盤剛性の時刻歴

*1 東京電力株式会社
*2 東電設計株式会社
*3 株式会社竹中工務店

*1 Tokyo Electric Power Company
*2 Tokyo Electric Power Services Co., Ltd.
*3 Takenaka Corporation