

# 東海・東南海連動地震を対象とした 木曾三川下流部の耐震性能評価について

応用地質株式会社 ○杉野 友通  
同上 河合 桂司

## 1. はじめに

濃尾平野に位置する木曾三川下流部周辺では東海地震および東南海地震が逼迫している。これらの地震は、海溝型の地震であるために津波が発生し遡上する可能性が非常に高い。特に日本有数のゼロメートル地帯である濃尾平野においては、来襲した津波が堤内地に進入すると、海水面がゼロメートル近くになるまで流入し続けるため、その被害は壊滅的となることが予想される。そのため、木曾三川下流部では堤防の耐震性能評価に際しては、濃尾平野特有の地震動および地盤特性を考慮した「木曾三川下流部 河川堤防、水門・樋門耐震性能評価手法ガイドライン：財団法人国土技術センター、H18.3（以下、ガイドラインと記す）」が策定されている。一方、全国的な耐震点検は、国土交通省河川局により策定された「河川構造物の耐震性能照査指針（案）：国土交通省河川局治水課、H19.3（以下、指針（案）と記す）」に従う。

本文では、ガイドラインに準じた高潮堤防の耐震性能評価について紹介し、地震動継続時間を考慮した評価手法の妥当性について報告する。

## 2. 木曾三川下流部の地盤構成

堤防横断方向の地盤構成を図-1に示す。堤体直下には、南陽層（≒沖積層）の砂質土層が10～15m程度、その下部に粘性土が30m程度分布する。河川堤防の地震被害は、基礎地盤の液状化に起因するものが大半である。堤体直下に沖積層の軟弱な砂質土層が分布する木曾三川下流部では、地震に対して脆弱な地域であり、その照査および対策検討が極めて重要な事項である。

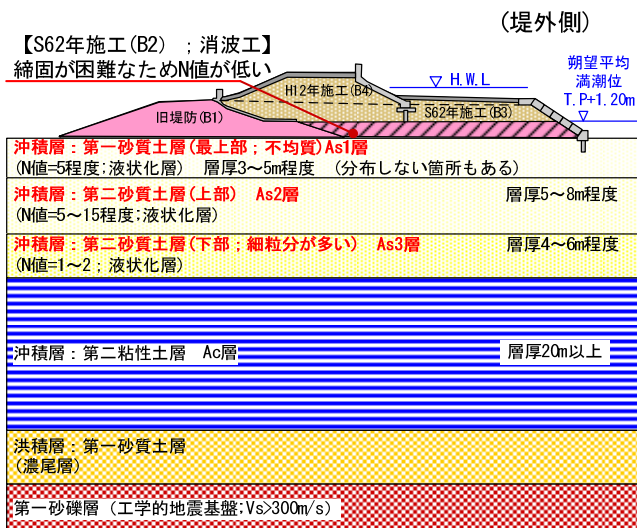


図-1 木曾三川高潮堤防の模式図

## 3. 対象地震動の設定

木曾三川下流部では、東海地震および東南海地震が逼迫しているため、ガイドラインに基づいて指針（案）におけるレベル2-1地震動（海溝型）に該当する地震動を設定した。対象とした地震動は、中央防災会議等で検討されている想定地震のうち、最も大きな被害が想定されている「東海・東南海連動地震」を対象とした。図-2に、本検討で設定した工学的基盤面における地震の波形例を示す。この地震動の特徴としては、加速度レベルは特に大きな値とはいえないが、地震動継続時間が非常に長い（約120秒）という点が挙げられる。なお、地震動の設定についての詳細は、本文では省略する。

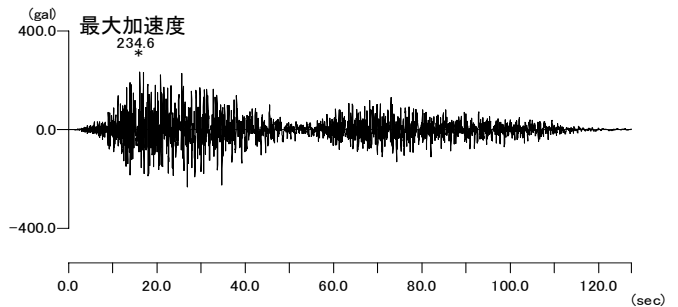


図-2 東海・東南海連動地震の波形例

(揖斐川左岸-0.6k)

## 4. 解析手法の選定

河川堤防の地震時変形解析手法は、静的照査法と動的照査法に大別できる。以下に、本検討で用いた静的照査法（ALID<sup>1)</sup>）と動的照査法（LIQCA<sup>2)</sup>）の概要を示す。

### (1) 静的照査法（ALID）

ALIDは、地盤の液状化に伴って発生する流動現象のメカニズムを、自重応力下の砂質土層がせん断剛性低下によって変形すると仮定した静的な地盤変形解析手法である。変形量は、液状化層の液状化安全率（ $F_L$ ）と液状化強度比（ $R_L$ ）の関係（図-3(b)参照）より、剛性低下率を定め算出する。解析を行うためには、対象地での最大加速度と液状化強度比（一般にN値より推定）等が必要で、特別な原位置試験、土質試験は必要としない。動的照査法と比較して簡便で安価な照査法である。

### (2) 動的照査法（LIQCA）

LIQCAは、地震時の変形を時刻歴にしたがって計算する動的な地盤変形解析手法である。地震動をモデル平面に入力し、地盤中の応力、ひずみ、間隙水圧等の動的挙動を解析によって求める。解析を行うためには、対象地盤での地震動（時刻歴波形）や地盤の動的特性値等が必要

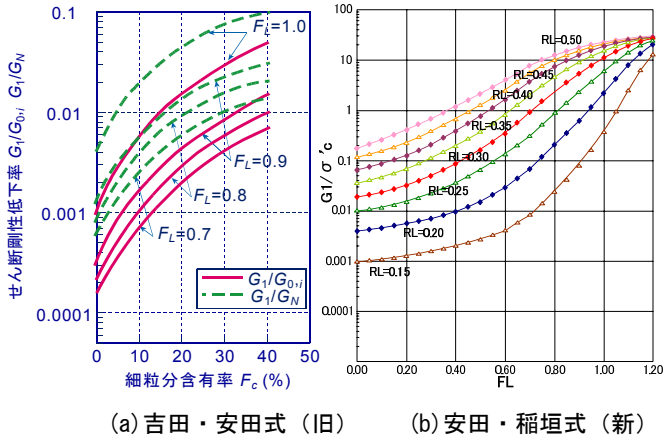


図-3 静的照査法による剛性低下推定式

要となり、静的照査法と比較して高度な照査法である。

(3) 解析手法の選定

指針(案)では、河川堤防の耐震性能照査において静的照査法を用いることを基本としている。ただし、静的照査法では、地震動継続時間について考慮できない。そのため、地震動継続時間の極めて長い地震が想定されている木曾三川下流部では、静的照査法を用いると堤防の沈下量を適切に評価できない場合がある。

ここで、代表断面(木曾川左岸4.0k)における静的照査法による沈下量と動的照査法による沈下量を比較して図-4に示す。同図より、平均  $F_L$  値0.8を境に  $F_L < 0.8$  の場合は静的照査法、 $F_L > 0.8$  の場合は動的照査法が安全側の沈下量を与える結果となる。また、静的照査法を用いた場合、平均  $F_L$  0.6未満の堤防沈下量は、被災事例における最大沈下率である0.75を上回る結果となった。なお、静的照査法の剛性低下式は、ガイドライン策定時から変更されたため、変更後の剛性低下式を用いた(図-3参照)。

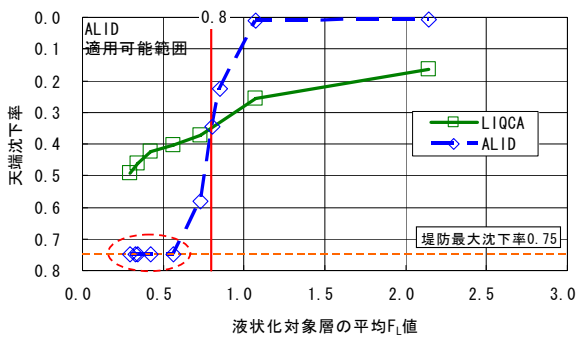


図-4 平均 FL と沈下量の関係 (静的・動的比較)

5. 耐震性能評価結果

耐震性能評価結果の例として、木曾左岸3.2kの解析結果を示す(図-5)。比較検討のため、静的照査法および動的照査法の2種類を行った。解析の結果、静的照査法では沈下量が4.42mとなり、沈下後堤防高が照査外水位を下回り「耐震性能が不足する」結果となった。これは、図-4に示すように、静的照査法では平均  $F_L$  が0.6付近を下回ると、沈下量が急激に大きくなり、最大沈下率である

0.75を上回るためである。一方、動的照査法では沈下量が1.80mとなり沈下後堤防高が照査外水位を上回り「耐震性能を満足する」結果となった。木曾三川下流部の基礎地盤は、 $F_L$ が0.6を下回る飽和砂質土層(As1~As3層)が多く、静的照査法を用いると過大な沈下量となる場合がある。また、用いる照査法により、沈下量が大きく異なるため、対策区間や優先度の選定において不連続性が生じることが懸念される。

そのため、本検討では対象区間全川に亘り、静的照査法と比較して高度な照査法と位置づけられる動的照査法を適用することとした。結果として、木曾三川下流部(高潮区間)では、全断面において堤防沈下高が照査外水位を上回り「耐震性能を満足する」結果となった。

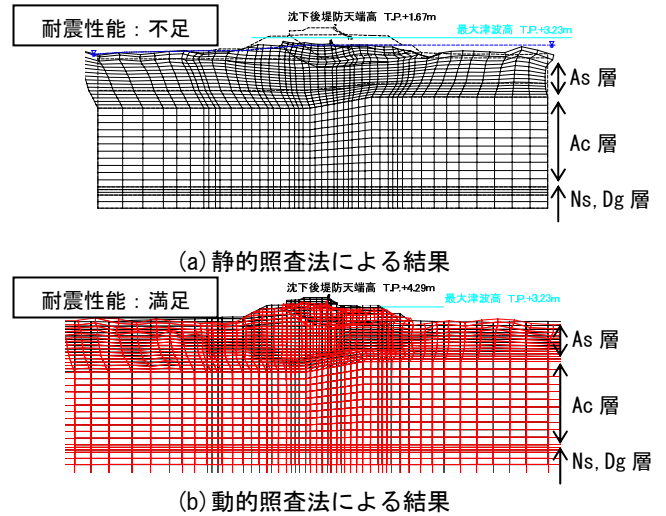


図-5 耐震性能評価結果(木曾川左岸3.2k)

6. おわりに

指針(案)では、河川堤防の耐震性能照査において静的照査法を用いることを基本としている。ただし、木曾三川下流部など、東海・東南海連動地震のような地震動継続時間の極めて長い地震が想定されている地域では、静的照査法を用いると危険側の評価となる場合がある。また、液状化層が厚く強度の小さい地盤(平均  $F_L$  値が0.6未満)に対して、静的照査法を用いると、既往最大の沈下率である0.75を上回る過大な沈下量となる。そのため、河川堤防の耐震性能評価においては、想定される地震動や地盤構成に応じて、適切な照査法を用いることが重要であることがわかった。

最後に、本文を執筆するにあたり、国土交通省木曾川下流河川事務所より特別なご配慮、ご指導をいただきましたことに感謝申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1)ALID 研究会：2次元液状化流動解析プログラム ALID/WIN
- 2)液状化解析手法 LIQCA 開発グループ：LIQCA2d04 (2004公開版)資料, 2004