

富士川中流部堤防におけるレベル2地震動時の変形解析検討

国土交通省甲府河川国道事務所 矢崎剛吉；鈴木 暁
(株)建設技術研究所 楊 雪松；正会員 ○堀川太郎

1. はじめに

河川堤防は、液状化し易い地盤において地震被害が多く発生していることが知られている．一方で土堤であり，比較的短期間で復旧できる靱性に富んだ構造系である．レベル2地震動に対する河川堤防の耐震性能照査は，被災後2週間に発生する確率 1/10 の水位（照査外水位）によって，外水氾濫を惹起しないとする堤防天端の沈下量を照査項目とした検討が実施される．

ところで，山間部の険しい峡谷を流れる富士川中流部においては，礫層を主体とする基礎地盤は地震時に液状化することはほとんどないものの，周辺の特有な厳しい地形・地質条件から地震によって斜面崩壊や地すべりが発生し，幹線道路が長期に渡って閉鎖されるおそれが高いと推定されており，堤防が被災するとその復旧には，相当長期間を要することが大きな課題であると考えられる．ここでは，液状化の影響の少ない富士川中流部の河川堤防について簡易な動的解析法（ニューマーク法）を用いて地震時の堤防挙動をシミュレートすると共に，静的有限要素法との比較検討を行った．

2. ニューマーク法による地震時堤防挙動の推定法

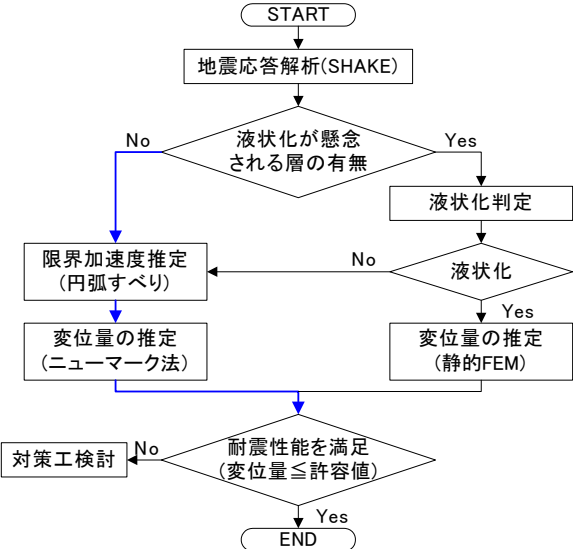
ニューマーク法は，滑り土塊を剛体として，滑り面における土の応力-ひずみ関係を剛塑性と仮定して地震時の斜面滑動量を推定する解析法である²⁾．斜面滑動量は，主に次に示す3つのステップによって計算する³⁾．

- ① 地盤応答解析（SHAKE）による地表面加速度波形の算出
- ② 円弧滑り安全率 $F_s=1$ となる土塊の滑り出す加速度の臨界値，すなわち限界加速度の算出
- ③ 限界加速度を超えた地表面加速度を時間積分して盛土の滑り変位量の算出

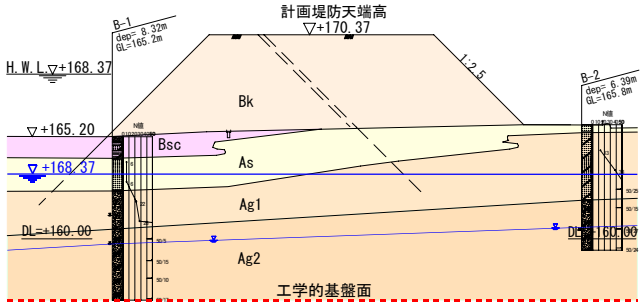
3. 解析条件

富士川中流部堤防の一断面を対象に，レベル2地震動に対する堤防の挙動をニューマーク法と静的有限要素法(ALID)を用いて解析検討を行った．入力地震波として，直下型地震は「河川構造物耐震照査指針（案）」に準拠して道示の加速度波形Ⅱ-I-1を用い，海溝型地震は内閣府中央防災会議より入手した対象地点における東海地震の基盤波形を用いるものとした．

解析対象の河川堤防の直下地盤に傾斜分布する沖積砂層（As）は，液状化の対象層であるが地下水位以下は川表側の一部分であり，液状化に伴う堤防天端の沈下量はALIDによれば僅か4.4cmである．一方，川表側に軟弱な腐植土（Bsc）が傾斜分布しているため，1G程度の地表面加速度によって滑り出すおそれが高い．



図－1 地震時堤防挙動解析のフロー



図－2 検討対象の堤防・基礎地盤断面図

表－1 主要土質定数							
土層	層厚 (m)	N 値	G ₀ (kN/m ²)	R _L	γ _t (kN/m ³)	C (kN/m ²)	φ (度)
Bk	3.65	3	7,400	—	20.0	0	30
Bsc	1.15	2	2,600	—	18.0	12.0	0
As	1.65	6	6,300	0.243	18.0	0	31
Ag1	1.95	33	24,200	—	20.0	39.0	0

G₀：初期せん断弾性係数； R_L：液状化強度比
γ_t：湿潤単位体積重量； C：粘着力； φ：内部摩擦角

キーワード 河川堤防，堤防挙動，ニューマーク法，動的解析，自重解析
連絡先 〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1 (株)建設技術研究所 TEL 03-3668-4543

4. 解析結果

(1) 地盤応答解析結果

地盤応答解析において基盤に入力した波形（2E）を図－3に、得られた地表面波形を図－4に示す。基盤面から地表面までの高さが5m未満と小さいため、加速度の増幅が5%未満にとどまっている。

(2) 円弧滑りによる限界加速度の算出結果

円弧滑りの解析結果として、限界加速度を算出した際の滑り面を図－5に示す。滑り面は、軟弱なBsc層及びAs層を通り、限界加速度は290galと比較的小さい値になっている。

(3) ニューマーク法による盛土の滑動変位量の算出

地表面波形と限界加速度から算出した、滑り面に作用する加速度波形を図－6に示す。最大で561galとなっている。この加速度波形から得られた速度と変位を図－6、図－7に示す。限界加速度を超える加速度で発生した滑動量を積分し最終的な変位量は45cmとなっている。

(4) ニューマーク法とALIDの比較

ALIDの変位が4.4cmであるのに対してニューマーク法の変位は45cmであり、大きく異なっている。主な理由は以下の2点である。

- ① ALIDが液状化による変位を評価する解析法であり、液状化しない軟弱地盤（本検討におけるBsc層および地下水位で浅のAs層）の変位を評価できない。
- ② ニューマーク法の変位量は地盤の強度特性（せん断抵抗角および粘着力）によって大きく変化する。

(5) まとめ

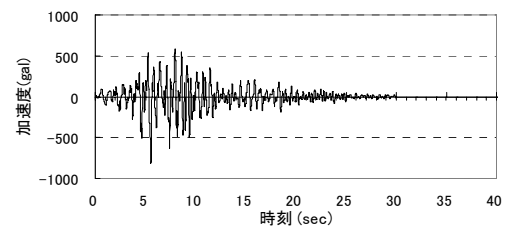
本検討ではAs層の強度特性をN値から推定している。地盤の変位を精度よく推定するためには、三軸試験などを実施して強度特性を精度良く把握することなどが有効である。

5. おわりに

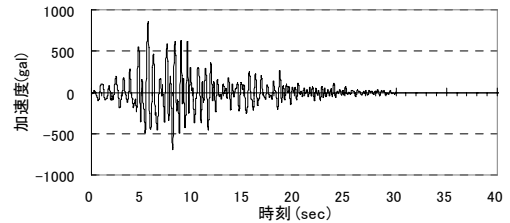
ALID及びニューマーク法は、動的FEM解析などと比べ、簡易に解析を行うことができ、地盤の変形を概略的に把握するのに有効な手法である。これらの手法を用いる際には、既往の事例や動的解析の結果との比較などによって、検討結果の妥当性を検証することが重要であると考えられる。

参考文献

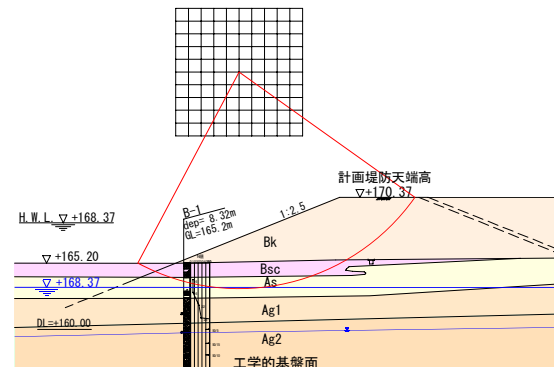
- 1) 河川構造物の耐震性能照査において考慮する 河川における平常時の最高水位の算定の手引き（案）（財）国土技術研究センター 平成19年5月
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説 耐震設計，1999.10.
- 3) N. M. Newmark：Effects of earthquake on dams and embankments, Geotechnics 15 No.2, 1965.
- 4) 伊藤 保裕，細山田 真，笠井 泰孝，高上 昌也，堀川 太郎：盛土（水路）の耐震性能と照査（その3：非液状化地盤における地震時挙動評価），第41回地盤工学研究発表会，2006.



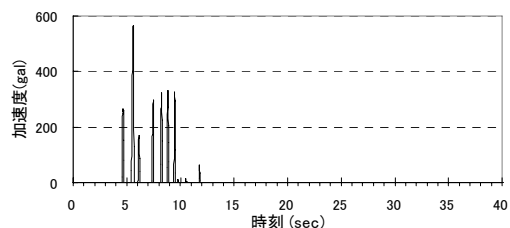
図－3 基盤波形（2E，最大値：812gal）



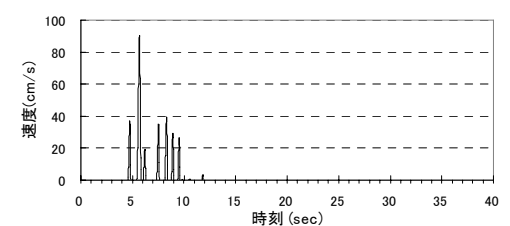
図－4 地表面波形（最大加速度 855gal）



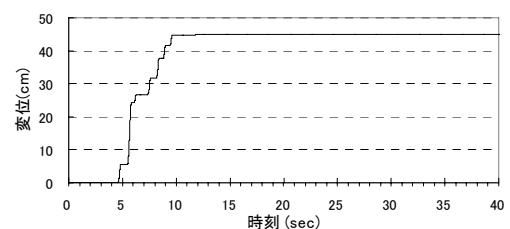
図－5 円弧滑り解析結果



図－6 滑り面に作用する加速度



図－7 滑り面に発生する速度



図－8 滑り面に発生する変位