

複雑な地盤条件における函渠耐震照査手法の適用性について

株式会社ニュージェック

○

正会員

松山 彰宏

正会員

水口 尚司

正会員

石村 勝伸

1. はじめに

近年、函渠を含めた盛土構造物の耐震照査の手法は、地盤応答解析・構造物解析の組み合わせにより様々な函渠の耐震照査結果手法が採用されている。函渠と地盤との相互作用を合理的にモデル化し、近傍地盤の地震時安定性を FEM 要素の応力状態から照査する応答震度法などの静的二次元 FEM 解析(以下: 応答震度法)が、耐震函渠の耐震照査結果の主流となっている。しかし、応答震度法では成層地盤での解析モデルが基本となるため、複雑な地層構成及び地盤形状が再現出来ず、その耐震照査結果が危険側となる可能性もある。本論文では、複雑な地盤状況を評価可能な動的二次元 FEM 解析「FLIP(Finite element analysis of Liquefaction Program)(以下: FLIP)」と応答震度法の耐震解析結果を比較し、複雑な地盤状況下での函渠の各耐震照査結果手法の適用性について考察する。

2. 検討条件

(1)対象地盤及び函渠

本論文ではある事例をもとに図 1～2 の函渠をモデルケースとして検討を行う。その特徴は以下のとおりである。①函渠の片側が盛土に覆われていない。②函渠下の地層構成は傾斜も確認され層構成も複雑である。③函渠直下は、軟弱地盤が卓越しており、地盤改良(幅 10m)が施工されている。なお、従来の応答震度法のモデルを図 3 に示す。このモデルでは、盛土層、現状地盤層、地盤改良層の互層関係や傾斜等は反映することが出来ていない。

対象函渠の標準断面は図 4 に、地盤条件は表 1 に示す通りである。なお、地震波形については道路橋示方書(耐震設計編)の地震動を用いることとした。

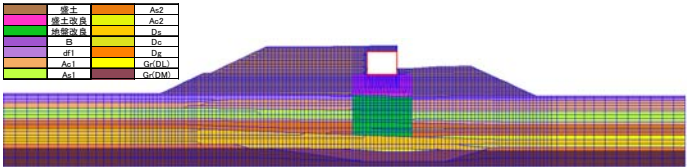


図 1 検討断面図 (FLIP 解析モデル図)

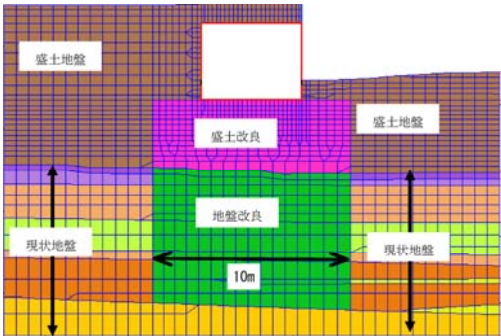


図 2 FLIP 解析モデル拡大図

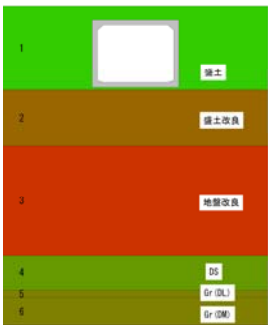


図 3 応答震度法解析モデル図

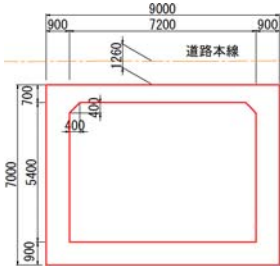


図 4 函渠標準断面

表 1 地盤条件

土層	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断波速度 (kN/m ³)	内部摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m ³)
盛土	19.0	100	30	0
盛土改良	19.0	339	0	300
地盤改良	19.0	440	0	500
B	17.0	130	38.8	0
df1	19.1	130	39.8	0
Ac1	17.5	130	0	60
As1	20.3	130	40.1	0
As2	17.0	200	40.9	0
Ac2	18.7	200	0	65
Ds	17.0	230	41.3	0
Dc	19.0	230	43.1	0
Dg	21.0	230	43.9	0
Gr(DL)	20.0	260	40.8	0
Gr(DM)	22.0	260	43.1	0

表 2 検討ケース

ケース	解析手法	解析モデル
1	動的二次元 FEM 解析 (FLIP)	図 1 の通り (左右非対称)
2	静的二次元 FEM 解析 (応答震度法)	成層地盤

(2) 検討ケース

検討ケースを表 2 に示す. 本検討では, 動的二次元 FEM 解析(解析コード:FLIP)と静的二次元 FEM 解析(応答震度法 解析コード:GALKINS)の比較を行った. なお, 函渠の構造部材のモデル化は, 非線形特性を考慮した.

3. 耐震検討

応答震度法の解析モデルに用いる応答加速度は一次元等価線形解析 SHAKE を用いて算出している. 一般的に, SHAKE は, 地盤のせん断ひずみが 1% を超えると解析精度が劣ると言われているが¹⁾²⁾, 図 5 に示すように応答震度法のせん断ひずみは 2.3% となっているため, 解析精度が確保されてないと考えられる. その原因として, 地震波加速度が基盤面より減衰することなく, 函渠に到達していることが考えられる. 表 3 に応答震度法の解析結果(曲げ照査及びせん断力照査)を示す. 函渠部材の曲げ照査については, 表 3 に示す様に各部材において応答震度法の方が低い応答値が確認された. また, FLIP は応答震度法と比べて左側壁, 右側壁の応答値差が大きいことから, 対象地盤の片盛土形状の影響が生じていることが考えられる.

4. まとめ

今回の耐震検討結果より以下のことが確認された.

- ・ 応答震度法においては, 本検討の様にせん断ひずみの上昇が確認される場合もあり, 解析手法の選定においては地盤条件等に十分留意する必要がある.
- ・ 片側盛土等の条件下での函渠の耐震照査では, その地盤形状特性が耐震照査結果において支配的な要因として考えられる場合は, 地盤形状特性を再現可能な解析手法の選定が望ましい.

5. 今後の課題

耐震照査手法の選定にあたっては, 地盤条件, 地盤形状等を考慮して適切に選定することが望ましい. そのため, 今後は各解析手法の棲み分けや選定方針を明確にしていくことが必要である.

参考文献

1) 空港土木施設耐震設計要領及び設計例 国土交通省航空局監修 平成 20 年 7 月 財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター
2) 埋立地の液状過対策ハンドブック(改訂版) 平成 9 年 運輸省港湾局監修 財団法人沿岸開発技術研究センタ

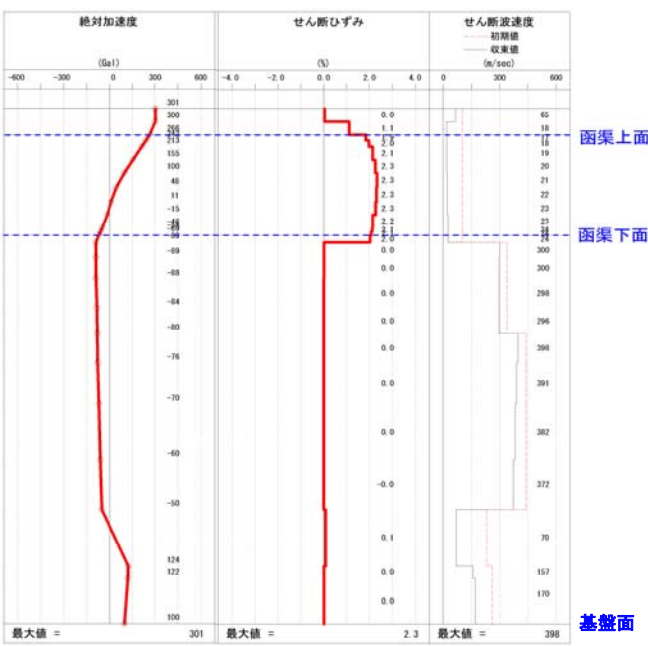


図 5 ケース 2 地盤応答結果図

表 3 耐震検討結果

解析手法		応答値				
		項目	頂版	底版	左側壁	右側壁
1	動的二次元 FEM 解析 (FLIP)	曲げ $\phi d / \phi a$	0.34	0.21	0.11	0.07
		せん断 Vd/Vyd	0.78	0.07	0.71	0.52
2	静的二次元 FEM 解析 (応答震度法)	曲げ $\phi d / \phi a$	0.03	0.01	0.003	0.005
		せん断 Vd/Vyd	0.12	0.24	0.37	0.35
ϕd :発生曲率(1/m) ϕa :終局曲率(1/m) Vd :発生せん断力(kN) Vyd :許容せん断力(kN)						