

突堤式の岸壁を対象とした地震応答解析断面のモデル化に関する検討

Modeling in Seismic Response Analysis for Jetty-type Quays

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾・空港整備事務所 浅川 圭一
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○諸澤 朱里
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 芋野 智成
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 寺島 彰人

1. はじめに

港湾施設を対象としたレベル2の大規模地震に対する耐震性照査は、有効応力法に基づく地震応答解析(以下、「FLIP¹⁾解析」という)で実施することが求められる。解析領域は通常、対象施設に側方境界の影響が生じないように陸側、海側とも100m程度以上の半無限の水平成層地盤としてモデル化し(以下、「半無限モデル」という)、対象施設から離れた位置にある構造物等を省略して解析されることが多い。本検討では、陸側の地盤が半無限に連続しない突堤式の岸壁を対象としてFLIP解析を実施し、対象施設に対する陸側(背面側)構造物による影響を確認するとともに、簡素化した半無限モデルによる耐震性照査結果の適用性について考察を行うものである。

2. 解析条件

対象施設は水深D.L.-10.5mの重力式岸壁であり、約50m背後に水深D.L.-6.5mの同じ重力式岸壁がある突堤構造(図-1)となっている。解析モデルは対象岸壁背面の構造物を省略した半無限モデルと、背面構造物を忠実にモデル化した突堤モデル(図-2)とした。液状化対象層(埋立土及び砂質土層)の地盤パラメータ(表-1)はN値と有効上載圧ならびに細粒分含有率Fcから簡易設定法(再訂版)²⁾で設定した。境界条件は側方と底面を粘性境界とし、図-3に示す地震動(4波形)を底面粘性境界の工学的基盤面に2Eで入力した。解析にはFLIPver7.3.0(構成則はtmp7法、数値積分法は改良型)を用い、Rayleigh減衰は地盤変位の感度解析結果から $\beta=0.003$ とした。

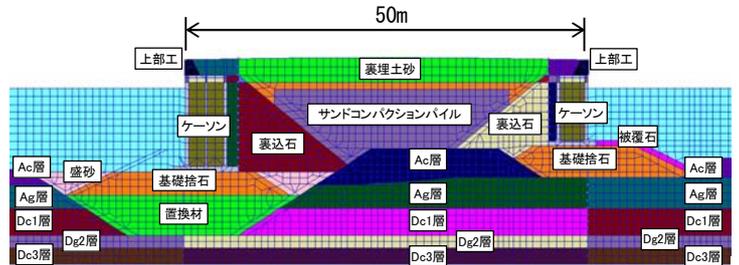


図-1 突堤式の解析断面

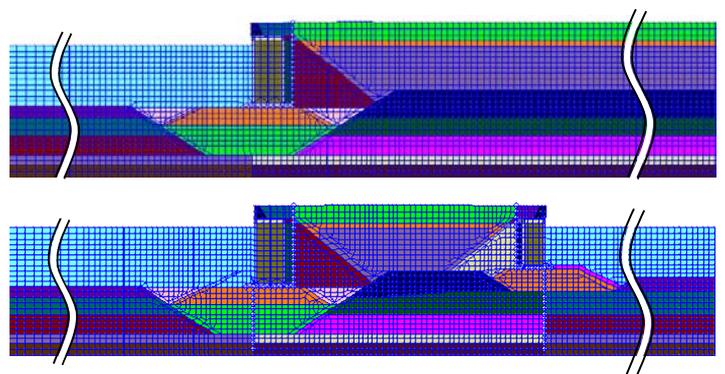


図-2 解析モデル(上:半無限モデル/下:突堤モデル)

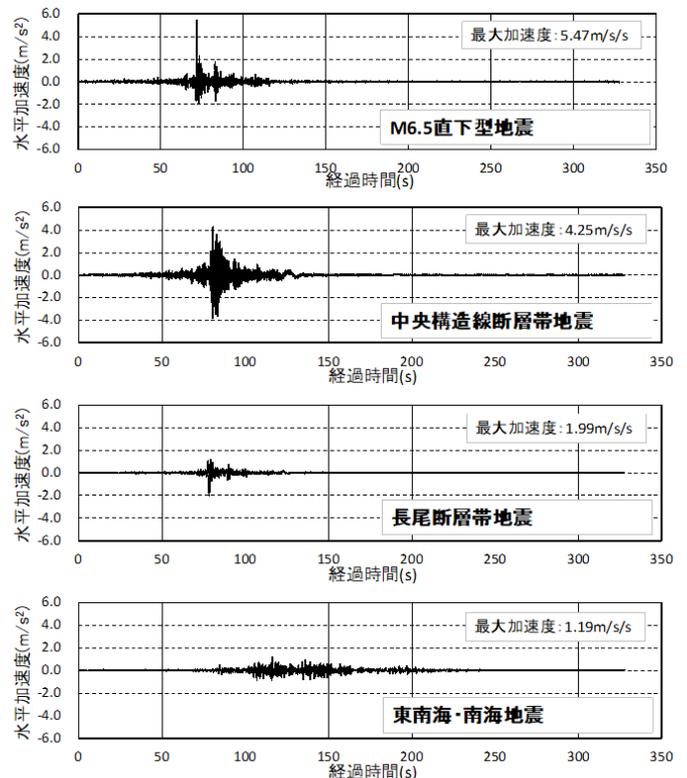


図-3 基盤入力加速度時刻歴波形

表-1 解析地盤パラメータ

土層名称	物理特性パラメータ			動的変形特性パラメータ							液状化特性パラメータ					
	質量密度 ρ (t/m ³)	ポアソン比 ν	加減率 n	基準拘束圧 σ'_{ma} (kN/m ²)	基準せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)	基準体積弾性係数 K_{ma} (kN/m ²)	有効拘束圧依存性 α	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	最大減衰定数 β_{max}	変形角 $\phi(p)$	S1	W1	P1	P2	C1
B 埋立土(水位上)	1.86	0.33	0.42	73.5	69,800	182,000	0.5	37.5	0.24	—	—	—	—	—	—	—
B 埋立土(水位下)	2.06	0.33	0.42	73.5	69,800	182,000	0.5	37.5	0.24	28.0	0.005	5.22	0.50	0.85	2.41	
Ac2 沖積硬質土	1.95	0.33	0.55	122.3	21,700	56,600	0.5	—	63.9	0.20	—	—	—	—	—	
Ag 沖積硬質土	2.04	0.33	0.43	150.8	194,600	507,500	0.5	42.8	0.24	28.0	0.005	27.11	0.50	0.38	1.96	
Dc1 洪積粘性土	1.98	0.33	0.55	172.8	29,400	76,700	0.5	30.0	0.20	—	—	—	—	—	—	
Dg2 洪積硬質土	2.06	0.33	0.39	190.8	180,300	470,200	0.5	43.8	0.24	28.0	0.005	9.11	0.50	0.18	—	
Dc3 洪積粘性土	1.97	0.33	0.55	204.8	34,800	90,800	0.5	30.0	0.20	—	—	—	—	—	—	
Dg3 工学的基盤	2.09	—	—	$V_s=342$ (m/s)	—	—	—	$V_p=1690$ (m/s)	—	—	—	—	—	—	—	—

キーワード 岸壁, 突堤式, 液状化, 有効応力解析

〒530-0004 大阪市北区堂島浜 1-2-1 新ダイビル パシフィックコンサルタンツ(株)大阪本社 TEL06-4799-7352

3. 解析結果

対象岸壁の残留変形量の解析結果を表-2に示す。これより、岸壁法線天端位置の残留水平変位ならびに構造物の残留傾斜角は、全ての地震動において、簡素化した半無限モデルよりも突堤モデルの方が大きくなっている。

M6.5直下型地震の残留変形図を図-4に、過剰間隙水圧比の分布を図-5に示す。対象岸壁直下の置換砂の過剰間隙水圧発生状況は同程度だが、岸壁背後の埋立地盤は突堤モデルにおいて液状化の進行が確認される。また、対象岸壁と背面岸壁の各法線天端位置における相対水平変位量時刻歴を図-6に示す。これらから、突堤モデルにおいては2つの岸壁の挙動に差異があるため、これらが相互に影響し合いながら両岸壁に挟まれる埋立地盤の過剰間隙水圧上昇を誘発させたものと推察できる。

表-2 解析結果 (岸壁残留変形量)

地震	半無限モデル		突堤モデル	
	水平変位	傾斜角	水平変位	傾斜角
M6.5直下型	-1.07m	-1.78°	-1.27m	-2.13°
中央構造線	-0.21m	-0.15°	-0.23m	-0.15°
長尾断層帯	-0.17m	-0.21°	-0.24m	-0.42°
東南海・南海	-0.73m	-1.81°	-0.82m	-1.90°

※水平変位：負が左方向、傾斜角：負が反時計回り

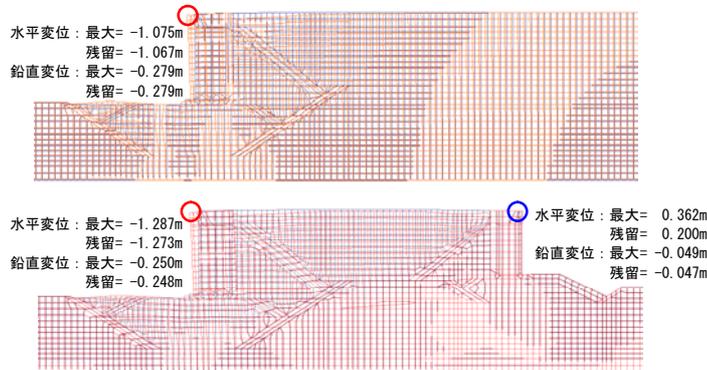


図-4 残留変形図 (M6.5直下型地震)
(上：半無限モデル, 下：突堤モデル)

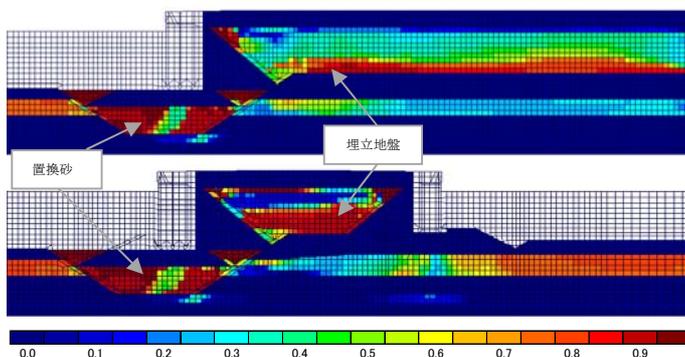


図-5 過剰間隙水圧比分布図 (M6.5直下型地震)
(上：半無限モデル, 下：突堤モデル)

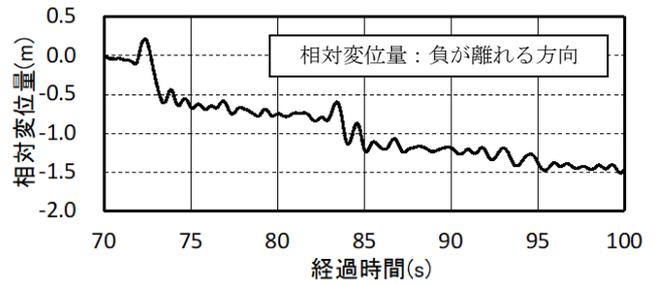


図-6 岸壁の相対水平変位時刻歴図 (M6.5直下型地震)

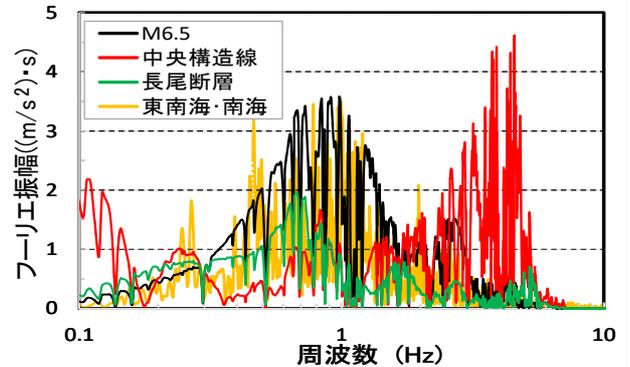


図-7 加速度フーリエスペクトル

また、埋立土砂の過剰間隙水圧上昇に伴って対象岸壁に作用する土圧も増大し、その結果として残留変形量も大きくなったと考えられる。なお、本解析で使用した各地震動特性については、図-7に示す基盤入力地震波形の加速度フーリエスペクトルや、図-3から読み取れる主要動の大きさ、継続時間等は様々であり、ある特定の地震動特性において起きた現象でないことが確認できる。

4. まとめ

- 1) 対象施設が突堤式の場合、簡素化した半無限モデルよりも突堤形状を再現したモデルの方が残留変形量が大きくなった。これより、突堤式の岸壁を対象に地震応答解析を行う場合は、安易に半無限モデルを使用せず、背面施設のモデル化について慎重に検討する必要があることを確認した。
- 2) 特に両岸壁に挟まれた地盤の過剰間隙水圧への影響は大きく、埋立地盤の液状化対策の検討においても背後施設のモデル化が重要であることが確認された。
- 3) 今回の検討は、背面施設までの距離が比較的近い50mとした特定の条件による結果である。一方、背面施設がどの程度離れた場合にこれらの影響が小さくなるかについては今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 井合進 他：Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, 港湾技術研究所報告 第29巻 第4号,1990
- 2) 森田年一 他：液状化による構造物被害予測プログラムFLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法, 港湾技研資料, No.869, 1997.