

海岸狭窄部における堤防の耐震対策検討

玉野総合コンサルタント（株） ○西尾 俊彦
 同上 杉村 昌広

1. はじめに

巨大地震により海岸堤防が甚大な被害を受けることは、津波による二次災害を引き起こす重大な要因となる。

本事例は、二次元地震応答解析により、津波に対する海岸堤防の耐震性能評価と耐震対策工の検討を行った業務の一部であり、図-1 に示す海岸狭窄部の地震応答解析において、対岸の影響について現象論的観点から考察を行ったものである。

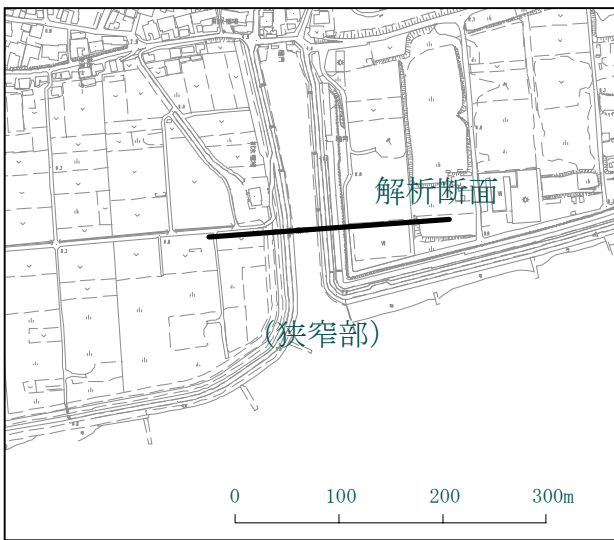


図-1 解析断面位置図

2. 検討概要

地震応答解析には、液状化による構造物被害予測プログラム FLIP (Finite Element Analysis Program for Liquefaction Process ; 「液状化による構造物被害予測プログラム」) を使用した。想定地震動は、東海・東南海連動地震としてモデル基盤面に図-2 に示す基盤地震波を作用させた。対象とする海岸堤防の基礎地盤は、層厚 10mの沖積砂層であり(図-3)、簡易判定により液状化が懸念される土層であることから、耐震対策検討の対象層となった。

耐震対策工法は、比較検討の結果、サンドコンパクション

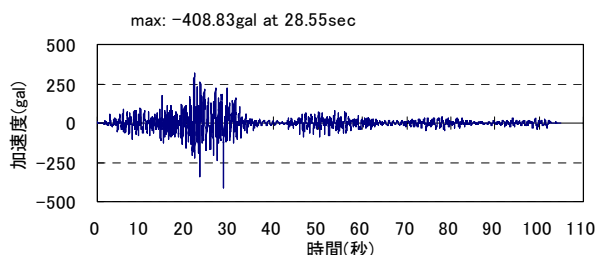


図-2 検討で用いた入力地震動(2E 波)

工法(以下、SCP 工法)が採用されたため、二次元地震応答解析による検討は、以下の3ケースで実施した。

CASE-1: 現況無対策

CASE-2: 堤外側原地盤を SCP で改良した場合

CASE-3: 堤外側・堤内側原地盤を SCP 改良した場合

なお、FLIP 解析に必要な各層の液状化パラメータについては、土質試験結果に対する要素シミュレーションによって決定することを原則とし、SCP などについては「FLIPにおいて必要な各種パラメータ簡易設定法」¹⁾に基づいて設定した。

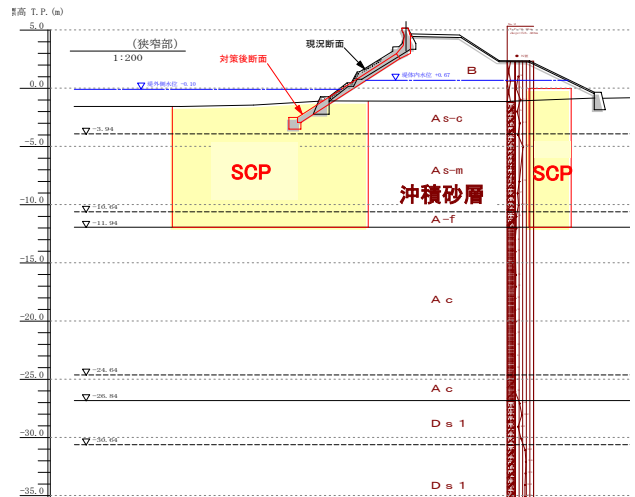


図-3 海岸堤防の想定地層断面図

3. 対岸堤防を考慮した解析検討

解析対象箇所は、先述したように海岸狭窄部であり、解析断面のモデル化にあたって、対岸部の取り扱いについて若干の検討を加えた。

図-4 および図-5 に、対岸の影響を考慮しない場合および対岸の影響を考慮した場合(詳細は後述)の残留変形図を示す。

通常、設計上の安全から、このような検討において対岸の影響を考慮することは少ない。しかしながら、図-4 に示すように、堤外側地盤の地震後の水平残留変位は、対岸堤防の基礎地盤直下に及び、対岸堤防から見れば堤内側の残留変位が生じる問題点が発生することが明らかになった。また、上記のような変位は、堤防天端の残留沈下量を過大評価する要因となることから、本検討では対岸堤防の影響を以下のように取り入れて評価を行った。

対岸堤防(対象堤防とほぼ対称な形状)の影響は、その自重に相当する鉛直分布荷重を海底面レベルに作用させることで考慮することとした。

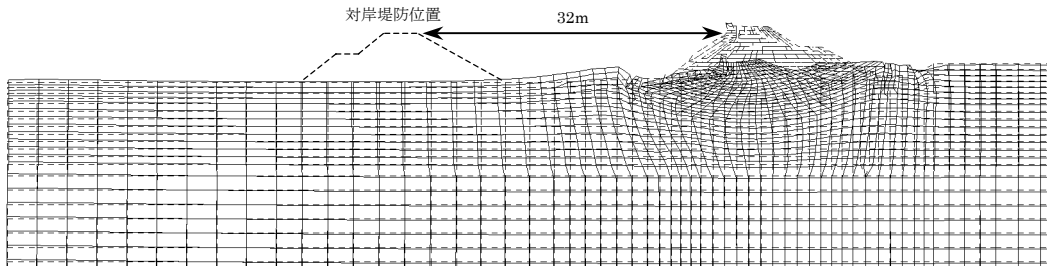


図-4 対岸堤防の自重を考慮しない場合の残留変形図 (CASE-1 現況：等倍スケール)

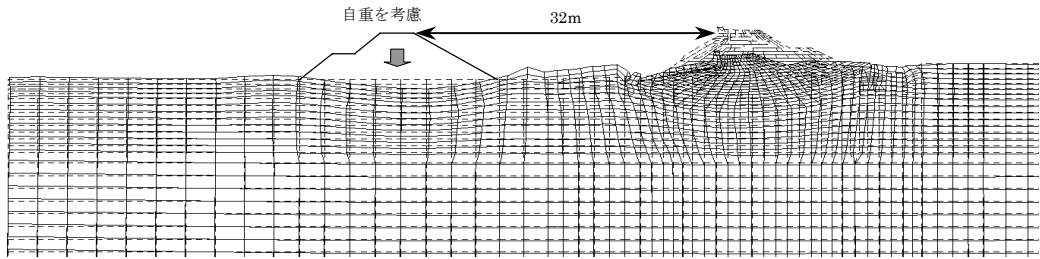


図-5 対岸堤防の自重を考慮した場合の残留変形図 (CASE-1 現況：等倍スケール)

これは、対岸部を土塊としてモデル化した場合、対岸堤体による不明確な反射波など相互作用が少なからず生じることを回避できないという判断に基づいたものである。なお、本検討ではFLIPの初期自重解析を図-6に示すような多段階解析としており、対岸堤防の自重については第2段階で与えている。

- | | |
|------|-----------------------------|
| 第1段階 | 現地盤およびSCP改良地盤（対策後断面のみ）の自重解析 |
| 第2段階 | 堤体自体の自重解析（土留めブロックも考慮） |
| 第3段階 | 護岸コンクリートの自重解析 |
| 第4段階 | 地震応答解析 |

図-6 多段階解析の手順

上記のような方法で対岸堤防の自重を考慮した解析による残留変形図を図-5に示すが、対岸堤防の押さえ効果を反映させるとともに、複雑な相互作用を回避する解析手法として、対岸堤防荷重を初期自重解析の段階で考慮することにより、対象堤防および対岸堤防の堤外側残留水平変位はいずれも堤外方向に算出されている。

4. 津波に対する耐震性能照査

対岸堤防を考慮した2次元地震応答解析結果に基づいて、地震時に津波に対する堤防機能が維持されるか否かの判定を、想定される津波高に対して、地震後の堤防天端の標高が上回っているか否かによって行った。地震後の天端標高については、図-7に示すように、予測されている地震活動による地盤変動量（沈下量）を考慮して算出した。

その結果、表-1に示すように堤外対策あるいは堤内外

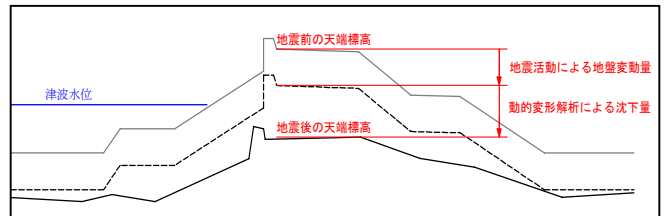


図-7 地震時の地盤沈下量の概念図

対策を行った場合（SCP 対策位置については前出図-1参照）には、津波水位を上回る天端標高が地震後も確保される結果が得られた。

表-1 解析検討結果

検討ケース	天端標高 (T.P., m)	地震による地盤変動量 (m)	解析による残留沈下量 (m)	津波水位 (T.P., m)	地震後の天端標高 (T.P., m)	判定
CASE-1	4.69	0.8	3.64	2.4	0.25	NG
CASE-2			1.46		2.43	OK
CASE-3			1.23		2.66	OK

5. おわりに

対岸部を持つ堤防の耐震検討解析において、現象としての不合理性を解決する手段として、対岸堤防の自重のみを考慮する解析法を用い、現象的には妥当な結果が得られた。今後、本解析法の有効性、対岸部との相互干渉の影響、本解析法適用の判断基準を検証していくことが、本解析法の適用上の課題として挙げられる。

《引用・参考文献》

- 1) 森田年一, 井合進, Honlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 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ータ簡易設定法, 港湾技術資料, No.869, 1997.