

高瀬川高潮堤 耐震構造の検討

建設省 東北地方建設局 高瀬川総合開発工事事務所 小原 善哉
 〇沢田 善治
 河川部 河川管理課 佐木 正人

高潮堤の設計外力は津波である。しかし 築堤場所の海岸に近いため砂地盤であることが多く 堤体材料も砂質土を使用する例が多いと思われることから 津波の前に起る地震によって 地盤の液状化や堤体の亀裂、沈降スベリ、空洞化（三面張の場合）等の被害が生じ易いと考えられる。

河川堤防の耐震設計については 洪水と地震の同時生起頻度が少ないこともあり、指針、基準としては特にないのが現状であるが、高潮堤については 機能から言っても地盤条件から言っても 堤体、地盤一体とした耐震構造とする必要がある。

青森県東部に位置する高瀬川でも、津波に対処するため高潮堤（延長6.1km、天端高T.P.5.1m、天端中5.5m、三面張構造）を築造する計画であるが、東北地方の太平洋側は、わが国でも地震活動の高い地域であり、また昭和53年5月に直下型の地震（M=5.8）に見舞われ、高潮堤予定地付近でも液状化や物語る噴砂現象が生じていることから、耐震性を考慮した構造とするべく、地盤調査や地震応答解析、液状化解析等を実施し、地震時の安定性を検討すると共に、被害が予想される箇所の最適な対策工を検討した。

1. 検討手順

今回行った検討の概略手順を図-1と示す。また、通常の堤防の設計と異なる特徴を挙げると、以下のとおりである。

- i) 軟弱な表層地盤の地震時強度低下に起因した堤防のスベリ、沈下の発生が予想されるため、これを考慮した検討を行った。検討手法は、円弧スベリ法による安定解析を用い、これに砂質土では液状化特性（過剰間隙水圧の上昇による強度低下）と粘性土では強度変化を考慮した。
- ii) 検討区間の延長が約4kmと比較的長いため、地層構成をもとに6地区に分け、それぞれについて安定性の検討および対策工の検討を行った。
- iii) i)で述べた強度変化の断面内分布を求めるためには、物性と地震応答特性を求めておく必要があるが、後者について6地区すべてで二次元地震応答解析を行うのは困難なため、一次元地震応答解析と併用する方法で実施した。

2. 地震応答解析

過去に調査地付近に大被害をもたらした、十勝沖地震（1968年）の入力加速度、波形を想定して地震応答解析を行った。

図-2、3は 二次元地震応答解析結果を図示したもので、（堤防のない）地盤部では、表層2~4mの極軟弱層の影響で、加速度の増幅の仕方が不連続であるが、堤防周辺では加速度分布に不連続さがなくなっている。また、のり尻下の地盤でせん断力が集中している様子かわかる。

図-1 耐震性の検討手順

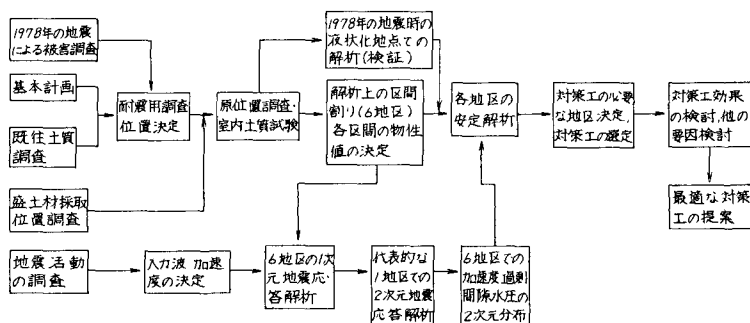


図-2 二次元地震応答解析結果(最大加速度分布)

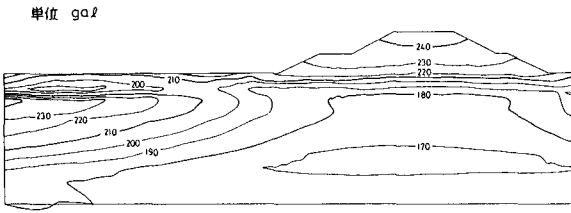
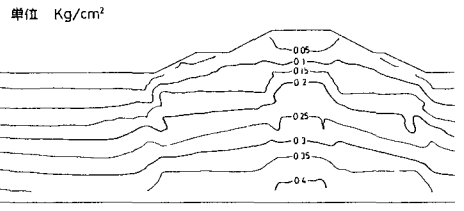


図-3 二次元地震応答解析結果(最大せん断力分布)



3. 液状化解析

砂地盤における液状化の可能性について、次式により検討した。

$$\text{液状化抵抗率 } FL = \frac{\text{動的せん断強度比 } R}{\text{地震時せん断力比 } L}$$

- $FL > 1$ なら液状化の可能性は少ない
- $FL \leq 1$ なら液状化の可能性は多い

図-4に：液状化層の厚いB地区の解析例を示したが、のり尻下ではせん断力の集中により液状化層が厚くなり、天端下では拘束圧が大きいため液状化しないといった結果がでている。

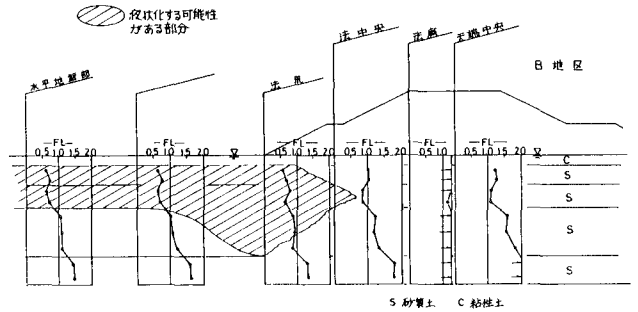


図-4 二次元断面での液状化解析結果

4. 安定解析

以上までに得られた地震応答状況、液状化状況等を考慮に入れて、地震時に堤防の被害を受けり可能性があるかを安定解析により判断した。但し、地震の影響として a) 水平震度 K_h 、b) 地震時の土の強度変化、c) 両方の影響を考慮する、の3ケースを実施した。

表-1に、解析結果の安全率を示したが、B地区ではb)の安全率の方が小さく、液状化層の厚いことかかえる。許容安全率は確立されていないが、いくつかの経験から1.1とすると、B地区で地震時のスレリ破壊の可能性があると判断された。

表-1 安定解析結果

盛土材	条件	常時	地震時			設計水平震度 K_h
			a) K_h のみ考慮	b) 強度変化考慮	c) K_h と強度変化考慮	
砂	A	2527	1720	2279	1571	0.13
	B	2449	1519	0960	0570	0.19
	C	2501	1758	1967	1543	0.10
砂 (ケラントリ)	C	2164	1665	1969	1540	0.10
	D	2257	1546	2116	1541	0.14
	E	2281	1705	2281	1705	0.13
粘土	F	2544	1705	1796	0920	0.13
	B	3047	—	—	0744	0.19

表-2 対策工の種類

対策処理	対策工法	考えなくてはき要因				その他、本地域での向題点
		費用	必要用地	施工機構	既設基礎方法の信頼性	
すべりに対する抵抗	押し盛土	◎	×	◎	○	
液状化防止(掃固め)	矢板・鋼管パイル	△	◎	○	△	
	サントコンパクション	△	△	◎	○	極表層の掃固め困難
液状化防止(置換・固結)	動圧密	○	△	△	○	
	石砕石置換	×	△	○	○	地下水が湧く施工困難
液状化防止(水圧用敷)	深層混合処理	×	○	△	○	
	砕石ドレーン	○	△	△	△	止水性に向題

◎ 特に優れている, ○ 優れている, △ 多少向題あり, × 劣っている
本調査地は人家から離れているため、施工時の騒音・振動の向題はない。

5. 対策工の検討

対策工として ①スレリ破壊に抵抗するよな工法。②表層地盤の液状化を防ぐ工法。といったことか挙げられる。その場合の具体的な工法と、工法選定にあたって考えなくてはき要因をまとめたものが表-2である。これによると、本堤防に適する対策工法は、押し盛土工法か動圧密工法と考えられる。

6. むすび

三面張構造の堤防は、大地震の被災例が少ないことから、今後は、三面張堤防の特殊性、例えば、尻下の影響等について、さらに研究が必要であろう。