

河川堤防の震災評価手法に関する検討

建設省土木研究所 正会員 吉見精太郎

建設省土木研究所 正会員 常田 賢一

1. まえがき

構造物の震災程度を評価するための地震動強度として、震度、最大加速度、S I等の指標が提案されている。しかしながら、構造物の震災の程度・形態は、その構造特性、材料特性及び応答特性により多様であるため、前述の指標を一律の基準で各種構造物に適用させることは必ずしも合理的とはいえない。このように震災程度の予測精度の向上を図るためには、構造物の特性を考慮した震災指標及びその基準を設定することが必要であると考えられる。ここでは、既往の地震において被害を受けた河川堤防を対象に2次元動的応答解析を行い、最大水平加速度及びS Iを用いた震災程度の評価手法について検討した結果を報告する。

2. 解析手法・解析モデル

解析の対象とした河川堤防を表-1に示すが、1978年宮城県沖地震および1987年千葉県東方沖地震において、被害のあった河川堤防をそれぞれ3箇所及び1箇所、さらに被害のなかった河川堤防をそれぞれ1箇所及び2箇所の計7箇所を抽出した。解析地点の地盤種別は、ケース1と2がⅡ種地盤、ケース2、3、5及び7がⅢ種地盤である。堤体の断面規模は、堤体高さ3.4m～6.8m、天端幅2.0m～6.8m及び敷幅22m～62mである。被害形態は、堤防天端の縦断亀裂・沈下・断差、堤体全体の変形及びのり面のすべり等である。以上の7地点について解析モデルを作成し、2次元有限要素法による動的応答計算を行った。図-1にケース5の解析モデルを示すが、全モデルの節点総数は481～1048、要素総数は437～986である。動的応答計算における入力波は、ケース1～4は宮城県沖地震で得られた開北橋地盤上記録を、ケース5～7では千葉県東方沖地震で得られた小見川大橋地盤上記録を用いた。なお、小見川大橋地盤上記録は基盤に戻したものを入力波とした。入力加速度は、震央からの距離により加速度を減衰¹⁾させて振幅調整し、ケース1～4が94～121gal、ケース5～7では53galとした。図-2にそれぞれの入力波のフーリエスペクトルを示す。2次元動的応答計算により算出された応答加速度により、最大水平加速度(α_{max})及びS I²⁾を求めた。

3. 震災評価基準の検討

表-2には、各ケースの地表（モデル左端）と堤頂（堤防天端中央）における α_{max} 及びS Iを示した。同表によると、 α_{max} 及びS Iは大部分のケースにおいて、地表にくらべ堤頂の方が大きくなっていることがわかる。また、入力波の異なるケース1～4とケース5～7とでは、 α_{max} はケース1～4が大きくなっているのに対して、S Iはケース5～7の方が大きくなっている。両地震においては特にS Iの差異が大きくなっているが、これは入力波のスペクトル特性による影響と考えられる。

図-3、4は、それぞれ地表と堤頂における α_{max} 及びS Iと河川堤防の震災との関係を示したものである。図-3より、宮城県沖地震のケース1～4では、概ね $\alpha_{max} \geq 160\text{gal}$ 、 $S I \geq 6\text{kine}$ で、千葉県東方沖地震のケース5～7では、ほぼ $\alpha_{max} \geq 140\text{gal}$ 、 $S I \geq 20\text{kine}$ で河川堤防に被害が発生している。したがって、両地震においてはほぼ同レベルの α_{max} で被害が発生しているのに対して、S Iについてはかなりの差が生じているといえる。一方、図-4では、いずれの地震においても α_{max} 及びS Iともに、河川堤防の被害の有無を判別する明瞭な境界は見受けられない。以上により、入力波形特性が著しく異なる場合には、S Iの絶対値だけでは必ずしも被害の有無を適切には評価できないと考えられる。そこで、地表と堤頂の間の α_{max} とS Iの増幅率によって震災を評価する方法について検討してみた。図-5には、地表と堤頂の間の α_{max} とS Iのそれぞれの比 α' 、 $S I'$ と河川堤防の被害との関係を示している。これによると、 $\alpha' \leq 1.5$ で被害が発生しており、 $S I'$ についてもほぼ同様な傾向が認められる。また、同図中の破線は、 α' と $S I'$ を組み合わせた震災評価基準の一例を示している。さらに、実際に観測された強震記録との比較として、1993年釧路沖

地震による大津築堤の地表記録と堤頂記録の α' と $S I'$ を図中の△印として示した。この記録の得られた地点は被害を受けていないため、被害の生ずる α' と $S I'$ には下限値が存在するものと考えられる。

4. まとめ

本検討により河川堤防の震災評価について以下の知見が得られた。

- 1) $S I$ は入力波形のスペクトル特性に影響を受けるため、その絶対値だけでは必ずしも震災を評価し得ない。
- 2) 地表と堤頂において α_{max} 及び $S I$ の比が小さい（概ね1.5以下）場合に被害が生じる可能性がある。
- 3) 観測された強震記録を用いて、さらに検証を加えることが必要である。

【参考文献】1)建設省土木研究所:最大地震動および地震応答スペクトルの推定法(その4),土木研究所資料第1993号,昭和58年3月。2)G.W.Housner, Member ASCE:BEHAVIOR OF STRUCTURES DURING EARTHQUAKES, Journal of the ENGINEERING MECHANICS DIVISION, October, 1959.

表-1 解析の対象とした河川堤防

No.	解析地点名	築堤距離 (m)	築堤の状況・形態	地震名 (入力波形)
1	北上川橋脚第2橋脚 L8.83	8.8	堤防天端中央及び片側に築本の欄間地震を得た33mの低下及び31mの隆起	1978年宮城県沖地震 (開北橋脚堤防上記録)
2	鳴瀬川橋脚第2橋脚 L1.93	9.8	堤防天端中央及び両側に築本の欄間地震を得た73mの低下及び1mの隆起	
3	青根川山崎堤防 R17.83	10.7	堤防天端の状況・サードによる1mの低下及びのり面の隆起	
4	名東川橋脚第2橋脚 L2.83	11.2	被害なし	
5	利根川堤防 R49.733	8.9	被害なし	1987年千葉県東方沖地震 (小見川大津築堤上記録)
6	利根川堤防 R44.733	8.9	堤防天端の隆起、低下及び陥没	
7	利根川堤防 R47.833	8.0	被害なし	

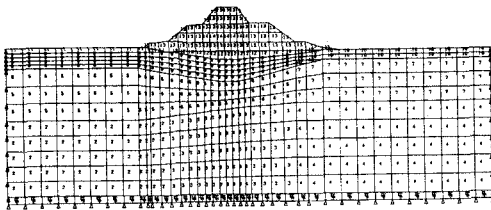
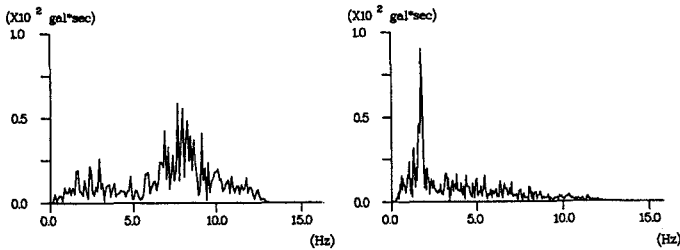


図-1 解析モデル（ケース5：節点数1048，要素数986）



(a) 開北橋地盤上記録 (b) 小見川大橋基盤上記録

図-2 入力波のフーリエスペクトル

表-2 2次元動的応答計算により得られた地震動強度

No.	入力加速度 (gal)	α_{max} (gal)		$S I$ (kine)	
		地表	堤頂	地表	堤頂
1	12.1	197.1	232.2	7.7	9.6
2	11.0	173.6	171.4	7.5	8.4
3	9.8	171.9	234.8	7.7	9.9
4	9.4	153.0	233.7	5.6	7.7
5	5.3	95.2	157.8	14.4	22.5
6	5.3	148.9	153.1	21.2	30.6
7	5.3	138.4	220.2	18.0	30.5

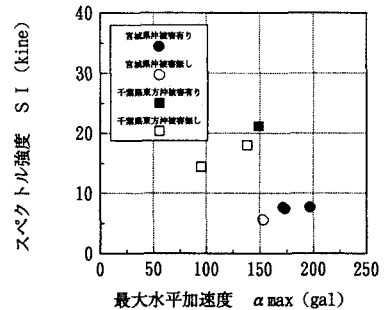


図-3 α_{max} および $S I$ と河川堤防の震災との関係 (地表)

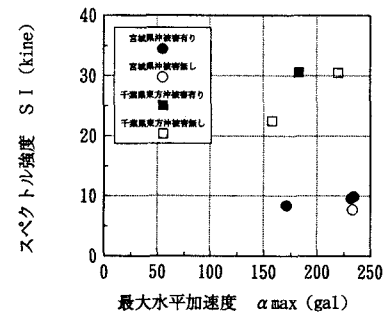


図-4 α_{max} および $S I$ と河川堤防の震災との関係 (堤頂)

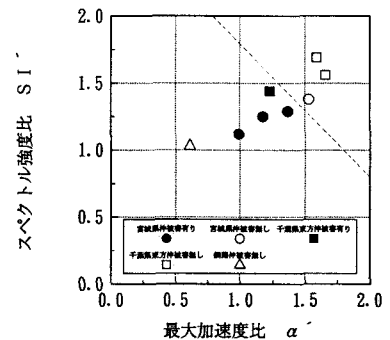


図-5 α' および $S I'$ と河川堤防の震災との関係