

III-317

軟弱地盤上の河川堤防の地震被害

北海道開発局

御坊田 裕 己

北海道開発局

岡 部 和 憲

（財）先端建設技術センター 正 佐々木 康

（財）先端建設技術センター 正 高 田 哲太郎

○ 応用地質（株）河川部 正 長 瀬 迪 夫

1. はじめに

平成5年1月の釧路沖地震は、十勝川、釧路川などの河川堤防に甚大な被害をもたらした。十勝川、釧路川の被害は、堤防天端や法肩に亀裂（開口幅最大2.5m）を生じ、天端が2m近くも沈下する大きな被害であった。大被害は、主として軟弱な泥炭地盤の上の比較的大断面の堤防（高さ6～8m）で生じ、所によって法面の中腹や法肩に噴砂の痕跡が見られた。

泥炭地盤は地震力の作用によっても砂質地盤のように液状化現象のような急激な強度低下は生じない。上述のような大きな変形をとまなう被害を被った主原因は、泥炭層の圧縮によって地下水位下に没した堤体材料（砂質土）が液状化したことによるものと考えられる（図-1）。

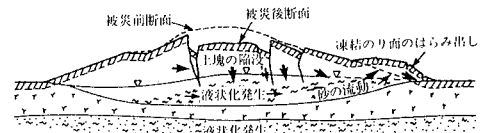
堤体土を十分締固めて築造しても、基礎地盤が圧密沈下すれば、堤体底部の中央部分は基礎地盤の中に取り込み、堤体内応力の再配分が行われることになる。雨水等の浸透によって堤体内に滞留した水が堤体下部にとどまれば、地震力によって液状化する可能性もあるわけで、圧縮性の大きい地盤上に大きな堤防を造る上では注意する必要があると考えられる。そこで、基礎地盤の圧縮性の大きさと堤体規模、形状を主因子とし、特に注意を要する組合せを検討するため、基礎地盤の圧密沈下にとまなう堤体内応力の再配分状況の検討（応力緩和領域の追跡）を行った。

2. 解析上の仮定

図-2、3に示すように実際の堤防は段階的に築造されている歴史的経過を反映して、材料、密度ともに均質ではないが、ここでは一様、均質な堤体を仮定し、これが瞬間的に荷重され、この荷重により基礎地盤が圧縮されて沈下すると仮定した。さらに、堤体、地盤とも線形弾性を仮定した。

現地調査から得られた堤体のN値と密度、ならびに図-3に示す釧路川堤防の堤体底部の沈下形状を基に基礎地盤の変形係数を同定した。この結果を表-1に示す。

さらに、堤防高（H）を5、10、15m、法勾配を2、3、6割、泥炭層厚を2.5、5、10mと変化させたとき



天端の土塊が陥没・沈下し、表のり部土塊は前方に押し出された。砂泥は表のり尻の方向に流動した。凍結層のために液状化した堤体土は噴出できず、のり尻部がはらみ出した。

図-1 堤防被災機構概念図

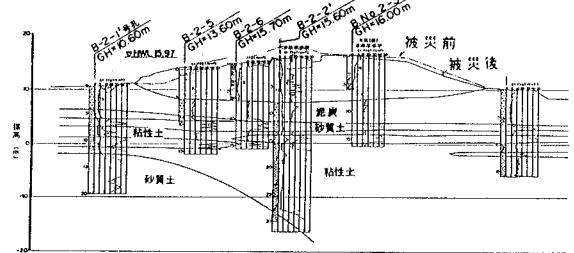


図-2 十勝川代表横断面

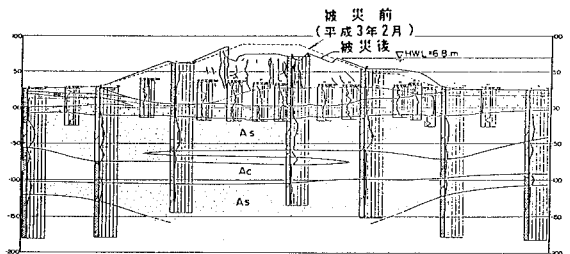


図-3 釧路川代表横断面

表-1 解析物性値

地盤	変形係数 E (Kg/cm ²)		ポアソン比 ν	
	堤体	地盤	堤体	地盤
泥炭	120	0.9	0.4	0.45

の圧密後の堤体内応力をパラメトリックに求めた。

3. 応力緩和領域

図-4に堤体内応力の解析結果の例を示す。図中のコンターは、平均主応力の大小を示すもので、平均主応力がゼロ以下となる引張り領域をここでは応力緩和領域とした。

応力緩和領域は堤体中央部でもっとも厚くなる。その厚さと堤高との比 (h/H') と、泥炭層厚に対する法水平長の比 ($H \cdot n/D$) を整理すると図-5が得られる。

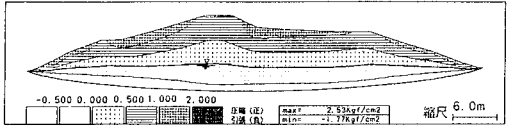


図-4 応力緩和領域

応力緩和領域は法勾配がゆるくなるにつれて少なくなり、基礎地盤の泥炭層厚の10倍程度の法水平長を有する堤体では応力緩和領域がほとんど生じないことがわかる。

パラメトリック解析の結果、引張り領域の厚さ (h) と泥炭の圧縮量 (S) との間には、ほぼ $h=1.25S$ という関係が見られる。この関係を用いて実際に

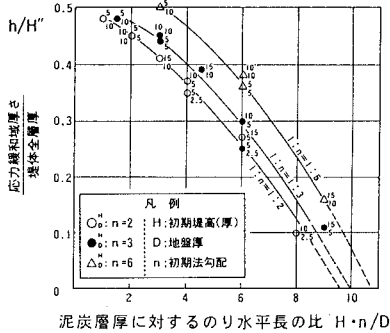


図-5 同一のり勾配でみた $H \cdot n/D$ と h/H' との関係

被害を生じた堤防の堤体底部の沈下量の実測値 (S)、ならびにのり勾配 (n)、泥炭層厚 (D) をもとに、被害の大きかった堤防の条件を整理すると図-6が得られる。

この図から、泥炭層厚に対するのり水平長の比が十勝川では5以上、釧路川では6.5以上の場合には大きな被害が生じていないことが判る。

4. おわりに

釧路沖地震による河川堤防の被害から得られる教訓の一つは、圧縮性の大きい軟弱な泥炭層の上に砂質土を用いて築堤するときには、条件がそろえば堤体土が液状化する可能性のあることである。裏法ドレーンなどによって堤体内に浸透した水が滞留しないようにすればこのような被害を未然に防ぐことができる。そのような事前対策の

必要なヶ所を判別するためにも危険ヶ所を抽出する判断基準を整えることが望まれる。図-5は、釧路川流域に存在する泥炭の圧縮性を用いた計算結果であるが、泥炭の圧縮性が変われば曲線の位置は当然異なる。他地域の軟弱地盤の圧縮特性や被害事例をもとに要対策ヶ所の判別基準を整える上でこの報告が役に立つことを願っている。最後に、本検討に当たり指導助言を頂いた『地震災堤防の復旧新技術に関する委員会』の各位に感謝致します。

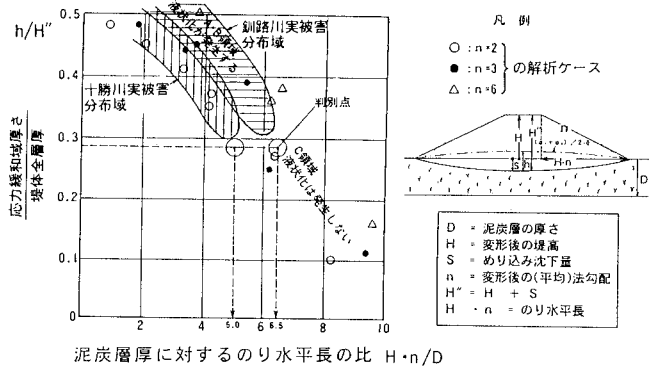


図-6 地震による堤体内液状化の起こりやすさ