



1968 十勝沖地震によるアースダムの

被害と設計上の問題点

守 谷 正 博*

この報文は青森県下の震害についてまとめたものである。

I. 地震の概要

発震時	昭和43年5月16日午前9時49分
震央	襟裳岬南々西約120km, 北緯40.7度 東径143.7度の太平洋
深さ	20km
地震の規模	マグニチュード M=7.8 (図-1 参照)

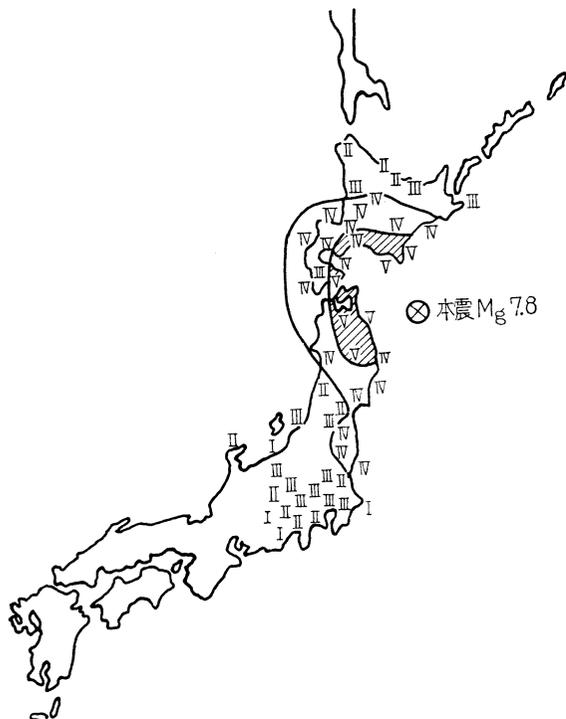


図-1 1968十勝沖地震の震度分布

II. 地質概要

この地域は新第三紀系の地層によって構成され、その

* (株)日本水工コンサルタント

上に八甲田、十和田火山群、恐山火山群などの火山より噴出した火山灰が、広い地域に表面をおおって分布している。ダムの基盤はこの火山灰の滞積層に乗っているものが多く、馬淵川、奥入瀬川の流域には河川が運んだゆるい滞積の砂層や粘土層の軟弱地帯が発達している。また小川原沼や下北半島の湖沼周辺には海成粘土層にピートの軟弱層がある。八戸や下北半島の丘陵地では一番下に第三紀層、その上に洪積層が乗り、表層部に厚さ2～6mに及ぶ火山灰層がある。この火山灰層はローム質土で半透水性で、練りかえすと強度低下を起しやすい土性をもっている。一部の火山灰質ロームは、滞積がゆるいため、振動を受けると液状化するような性質もある。この地方に建設されたアースダムの多くがこの火山灰質土をもって築堤されている。火山灰質土地盤のN値はほとんどが6以下で、土のせん断抵抗力は小さい。

III. 地震前のアースダムの状況

地震のあった4日ほど前から青森県地方に連続降雨があり、累計100～211mmにも達し、この雨のため堤体は全般的に高含水量となり、飽和に近くなっていた。ダムの基盤は前述のように、火山灰質土の滞積上にあるものが多く、一部にはピートをもつ軟弱地層も交っていた。築堤用土も池敷や付近台地から採取したものが多く、火山灰質ローム土である。地震時ダムは植付時期であったため、満水状態で、中には余水吐を仮締切して貯水を増量しているものもあった。

今回震害を受けたダムは、経験に基づいて建設されたものが多く、従って、軟弱基礎地盤に対する基礎処理、堤体の安定性、耐震性および浸透水の処理などについて、土質工学的検討が不十分であった。ダムの建設に当っては漏水防止に重点が置かれ、不透水性な軟弱地盤は大部分そのまま盛立てられた傾向がある。施工も人力施工によったため、材料運搬、締固めなどに制約を受け、やむを得ず付近産の質の良くない諸材料を使用し、締固めも高含水比で良く締らず、低密度の堤体となって

いた。この低密度状態が、連日の降雨によりほとんど全堤体が飽和に近い状態になる原因となったと考える。

基礎についても軟弱土の処理がされていないところでは、堤体荷重で圧密され、堤体中央部で大きく、ノリ先に行くに従って小さく圧密されていた。この状態は盛土と基礎とが静的平衡状態に達していたものと推定する。昭和初期以降に建設されたダムでは、止水壁基礎とトレンチで、岩盤または堅硬な不透水層に達するよう処理していたが、トレンチ以外の部分は表土を薄く除き盛立っていたものもある。堤体の斜面コウ配も土質工学的配慮がなく、経験的に定めたようで、軟弱基礎、火山灰質土の盛土に対しては、安定の限界に近いコウ配のものが多かった。ダムは均一型が多く、漏水、波浪浸食などのため、上流斜面保護工、止水壁修理、腹づけ、グラウト、取水設備の修理などを行なったものが多く従って堤体は複雑な性質を持っていた。

昭和中期の設計で、堤体断面の合理化のため、堤頂に近い上流斜面コウ配を急変し急コウ配にして断面を節約したのもあった。

IV. 地震時のアースダムの挙動

地震時におけるアースダムの挙動は、(1)基礎地盤の状態、(2)地震動による最大加速度、最大地表変位速度、最大地表変位、などによって生ずる動的応力～ヒズミ特性によって変化すると考えられる。今回の地震地域（震央から180～300kmの間に分布）にあったアースダムの基礎地盤は先に述べたように洪積地盤上に火山灰質ローム土の滞積したものが多く、従って下部地盤の振動により、上部のローム層は共振に近い応答を示しやすく、地表における加速度は大きくなり、地表における速度、変位ならびに振動継続時間を増大させる傾向があり、軟地盤上のダムは岩盤から直接振動を受けるよりも大きな応答を示したものと考える。またダム地震性状は記録され

表-1 1968十勝沖地震で観測されたダムの最大加速度

ダム名	測定位置	測定方向			基礎地盤	震央距離	標高	備考
		上下流	堤軸	上下				
①山王海ダム (アースダム)	ダムテンバ中央	gal 158	gal 151	gal 73	第三紀緑色凝灰岩	250	E.L. 288.42	堤高 37.42m
	左岸基盤上	63	—	35				
②四十四田ダム (コンクリート重力と土の複合)	左岸岩盤内	—	30.2	—	輝緑岩および輝緑凝灰岩	240	E.L. 147.50	堤高コンクリート 55.8m アース 24.5m
	コンクリート堤体テンパー-2m	70.7	30.3	—				
	コンクリート堤体テンパー-3.25m	64.9	33.2	19.2				
	アース堤体テンパー-1.7m	93.1	39.8	—				
							E.L. 170.75	
							E.L. 172.30	

① 岩手県紫波郡、盛岡市の南西約18km
② 盛岡市

たものによれば、堤体の最大加速度は堤頂と基礎部では大きく相異し、その実測値を表-1に示したが、山王海ダムでは、上下流方向において、堤頂は基礎の約2.5倍、上下動については、堤頂は基礎の約2倍となっていることが判る。四十四田ダムについてはコンクリート部分とアース部分とについて実測されたが、堤軸方向ではアースダムはコンクリートダムのほぼ3倍に近くなり、上下流方向についてもアースの方が大きな最大加速度を示している。

当地震の周期は N～S 方向で4～5秒（大船渡、仙台、盛岡、山形）と比較的長く、このような場合アースダムの固有周期は高さが増すと長くなり、柔かい基礎やコアをもつ場合も長くなるといわれているから、この地域のダムは地震動により著しい影響を受けたものと考えられる。

キ裂も多く発生しているが、これは地表運動の結果、引張応力の発生した部分に起っている。地震によって起こる交番応力系の引張応力は中心部より傾斜面にずっと起りやすく、傾斜面は拘束が少ないので、交番応力を受けて、傾斜心壁やノリ面保護工に大きな変形が起ると考えられる。これらの現象は被害ダムのうちに認められている。また地震動により一部のダムでは盛土材料の液状化が起っている。均等係数の小さい、ゆるい飽和した砂は、振動あるいは交番応力の繰返しにより容易に液状化することは、Lee¹⁾ や Seed の実験および新潟地震によって確かめられている。当地震においても1, 2例あった。基礎地盤に液状化現象が生じると、スベリに抵抗するせん断力が減じて、堤体は容易に滑動を起す。

地震による波高については、今回は満水に近かったので各地で観察されているが、それによると下北半島のむつ市・一里小屋ダム(決壊)で、最大半波高0.75m、北海道²⁾の糠平0.20m、桂沢0.70m、大夕張1.40m、金山1.00m、静内0.60m、岩手県山王海0.30mの波が立ったことが観察されている。これらの波高は大ダム会議設計基準で示されている式からの計算値より大きいようである。

V. 震害

当地震の震害の特徴は、(1)ダムが満水時であった、(2)地震前に連続4日に及ぶ降雨があった直後に地震が起った、(3)基盤が第三紀層上の厚さ2～6mに及ぶ第四紀火山噴出物の地層であった、(4)築堤土の大部分があまり粘土化の進んでいない火山灰質ローム土を含んでいた、(5)地震動の継続時間が長かったことなどである。表-2にその一例を示す。

震害を現象から分類すると次のように大別することが

表-2 1968十勝沖地震により被害を受けたアースダム (代表的なもの)

番号	名称	堤高	斜面コウ配		堤長	堤軸方向	地勢	完工年	基礎に軟弱層の有無	被害状況	備考
			上流	下流							
1	早掛沼	12.0	1:2.0	1:2.5	190	N 80° E	山地より平野に移る	昭2	ビートをもった軟弱層あり	1. 堤体の大部分が決壊流失 2. 兩岸アバットと堤軸方向の中央部が大きな滑動を残して残留す	(中心コア) 下北半島むつ市
	一里小屋	8.0	1:2.0	1:2.0	160	N 5° E	山間部	昭23	ビートをもった軟弱層あり	1. 左岸寄りの旧谷の最大部より決壊 2. 中心コア, 地震波高1.0mを観察	(中心コア) むつ市
	笠西	8.0	1:2.5	1:2.0	90	N 30° W	山間部	大15	軟弱層あり	1. 堤体下流側が全長にわたり液状化のため滑動	(均一型) むつ市
	二枚橋	10.0	1:2.5	1:2.0	160	N 5° E	山間部	大3	基礎は火山灰質ローム層	1. 上流側に滑動, 堤頂の上流側半分が約2m段違い沈下す	(均一型) むつ市
	八忠	5.0	1:2.5	1:2.0	120	N 10° E	山地より平野に移る	大10	軟弱層あり	1. 約100mにわたり, 上流側にすべり出し, 堤頂部上流側が約1.0m段違いを起す	(均一型) むつ市
	山辺沢	5.0	1:2.5	1:2.0	115		山間部	昭10	基礎は火山灰質ローム層	1. 堤頂に堤軸方向のキ裂発生し, 上流側に少しすべっている	(均一型) むつ市
	上流	5.5	1:2.0	1:1.5	90		山間部	大12	火山灰質ローム層	1. 堤頂に堤軸方向のキ裂発生し, 上流側に少しすべっている	(均一型) 下北半島東通村
	蒲野沢	9.0	1:2.0	1:1.5	90		山間部	昭13	火山灰質ローム層	1. 凝灰質粘土ロームで築堤, 旧谷の最大部より決壊	(中心コア) 東通村
	田の沢	20.3	1:2.0 1:0.3 (上部)	1:2.5	203	N 10° E	山地より平野に移る	昭1	火山灰質ローム層	1. 堤高の約1/2以上の上部が, 160mにわたり上流側にすべり, 堤頂上流側1m沈下す	(中心コア) 東津軽郡平内町
	冷水	7.0	1:2.0	1:2.0	110	N 60° E	山地より平野に移る	明34	凝灰質ローム層の滞積に含有有機物	1. 上, 下流にすべり出している 2. 堤体はシラスの決壊歴あり, 改修す	(均一型) 東津軽郡かほく町
	小金沢	20.0	1:3.0	1:2.6	110	N 70° E	山間部	昭13	なし	1. 堤軸方向キ裂発生, 上流, 小規模滑動 2. 堤体中にグラウトしたことあり, そこよりキレツ発生	(中心コア) 青森市
	中村	6.0	1:2.5	1:2.0	550	A: N 10° W B: N 80° W	池B 平野部3方堤のダム	大7	火山灰質ローム層	1. ほぼ全長にわたり堤頂にキ裂発生 2. 上流側にすべりを起している	(均一型) 東津軽郡平内町
	カツタイ	8.0	1:2.5	1:2.0	80		山間部	昭15	火山灰質ローム層有機物を含む	1. 50mにわたり決壊(砂の液状化による) 2. 堤体は微砂分を含む砂質ローム	(均一型) 下北半島むつ市
	樋口	6.2	1:2.0	1:2.0	21		山間部	昭3	火山灰質ローム層有機物を含む	1. 全長決壊流失	(均一型) 十和田市
	中津	9.0	1:2.5	1:2.0	160		山間部	昭2	同上	1. 堤体にキ裂発生 2. 決壊した	(均一型) 上北郡上北町
	太郎須田	9.0	1:2.5	1:2.0	383		山間部	昭7	同上	1. 堤体にキ裂, 沈下発生す 2. 取水用幹樋折損	(均一型) 横浜町

できる。

- (1) 滑動により決壊したもの
- (2) 上流斜面がすべっているもの
- (3) 下流斜面がすべっているもの
- (4) 堤体にキ裂の発生しているもの
- (5) 付属構造物の破損しているもの

これらのことについて青森県下の93個の震害を受けたアースダムを調べてみると表-3になる。以下細部につい

表-3 1968十勝沖地震におけるアースダムの震害

震害現象	堤高		備考	
	10m以下	10m以上	被害数	%
滑動により決壊したもの	9	10.5	1	12.5
上流斜面がすべっているもの	21	24.7	4	50.0
下流斜面がすべっているもの	10	11.7	0	0
上, 下流斜面がすべっているもの	4	4.7	0	0
堤体にキ裂の発生したもの	24	28.2	1	12.5
堤体の沈下を生じたもの	7	8.2	1	12.5
取水構造物の破損したもの	22	25.8	2	25.0

て記す。

1. 滑動により決壊したもの

この決壊は地震動が継続しているうちに起こり, 従って決壊の詳細は判らないが, 早掛沼では, 堤防上を通りあわせた人が, 地動により行動できず, わずかに堤防上に生えていた小カン木に取りすがっている間に決壊し, 土砂もろともに押し流された事故があった。被害を受けたダムの表-3 からみると, 上流斜面の滑動した率が高いことから, まず上流斜面がすべり出し, 堤頂に近い部分は震動によりせん断変形を起し, キ裂や段違いが生じ, 堤体がゆるめられると同時に滑動による堤頂沈下が起こり襲来した地震波によって, 堤頂は突破越流され, 下流斜面が洗掘, 決壊に至らしめたと推測する。決壊後のダム状況調査によれば, ダムの基礎地盤は火山灰質ローム土の滞積層や, 黒色有機質粘土をはさんだ沖積土で, 固い地盤ではない。これらの軟弱層は谷の中央, 谷川跡, などが厚く, 決壊口はこの部分である。軟弱層の処理はと

くに行なった形跡はなく、堤体荷重により、地盤が圧密され、堤体中心線がもっとも圧密され、両斜面先に行くに従って、圧密は減少している。あこうした地盤であったが、滑動は大きな基礎破壊スベリではなかったように観察された。滑動の原因は、軟弱地盤上に建設されたダムの振動性状は地盤が軟弱なほど、卓越周期が大きく、振幅は大きく、その波形は乱れやすいといわれ、また軟地盤は一般に長周期の固有振動数を持っていること、加速度が基盤と堤頂とでは1.5~3.0倍位増幅されることなど、複雑な振動性状により、円弧スベリまたはこれに類似した形をとって、滑動したものと考えられる。決壊部以外の残留した堤体は、下流側は原形であるが、上流側は、決壊による水位急低下のため二次的に滑動を起しているのがみられた。口絵写真-1に決壊状況を示した。

2. 上流斜面がすべっているもの

上流斜面がすべっているもの多くは、基礎地盤の軟弱と堤体の締固め不十分、断面節約のため堤頂に近い部分のコウ配を急にしていること、波浪浸食による上流斜面のオーバーハングなど地震動によりすべりやすい状態にあった。とくに基礎が柔らかく、堤体が飽和していた上流斜面は、浸透水圧はあつても、急激な慣性力が作用したため滑動を誘起する。

地震時上流斜面に作用する動水圧が負の方向に作用し、また堤体内間ゲキ水圧が瞬間的に上昇して、土のせん断抵抗力を減ずるものである。

新潟、松代、十勝沖地震のいずれの場合でも上流側の滑動被害が下流側より多くなった事実は表-2にも明らかで、今後設計上検討すべき問題点である。

震害の状態は、堤頂の中心線またはやや下流寄りを滑動の起点としてすべり落ちているものが多い。口絵写真-2、図-2にその例を示した。

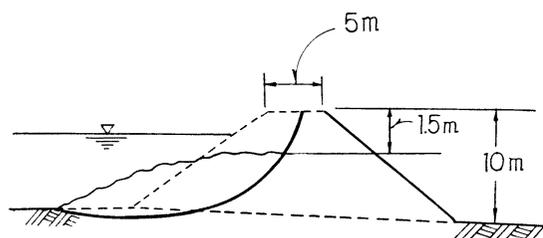


図-2 二枚橋ダム上流側スベリ

3. 下流斜面がすべっているもの

下流斜面のみが、堤頂中心部付近または下流斜面上部にダム軸に平行なキ裂を伴って下流側にすべっているもので、当地震においてはその被害率は低かった。

被害を受けたダムは、浸透水がノリ尻に高く浸出したため、築堤用土が火山灰質ローム土で微砂分を70%以上

の、また基礎地盤が軟弱なローム質土のような所にも含むも建設されたものに多かった。

とくに浸透水が堤体内の高い位置まで上昇しているものでは、振動により瞬間的に間ゲキ水圧が上昇し、基礎の液状化が起り、ノリ先基礎部のせん断力が減じ、すべりを起こすものと考えられる。この地方の火山灰土は $q_c=3\sim 10\text{kg/cm}^2$ で70gal程度で液状化が起るといわれている。

粘土分の多い盛土や基礎において滑動しているのは、振動による間ゲキ水圧の上昇と、土の剛性が繰返し応力により減少するため起こると考えられる。

口絵写真-3、4にその一例を示した。

上流側にすべりを起こし、下流側に変化のなかったダムは、下流ノリ先排水処理が適切で、たとえば腰石堆積、深い集水溝、透水性材料による下流押え盛土などのあるもの、また止水壁が完全で、下流側盛土材料が透水性のもので盛立ててあるものに被害はなかった。

4. 堤体にキ裂の発生しているもの

堤体に発生するキ裂には、ダム軸にほぼ平行のものと、ダム軸に直交するものがあり、ダム軸に平行するものが圧倒的に多い(口絵写真-5参照)。ダム軸に平行するものは堤頂にもっとも多く、ついで上流側の堤頂から堤高の1/3位の範囲、下流側ではノリ先から堤頂の間に、基礎地盤、盛土、斜面コウ配などの関係によって各所に発生する。

中心コアタイプでは、コアとこれを包む材料との接続部地表面、上流斜面の表面に粘土質土をもって止水したもので、その粘土全面および堤体盛土との接続部にキ裂が生じている。

このように堤体中に振動性状の異なる部分があるとその部分にキ裂が生じ、セメントグラウトを堤体中に施工したもので、そのカーテンウォールを境にしてキ裂が生じている。

基礎に軟弱層があるものでは、地盤の圧密度の相異により不同沈下を起しキ裂が発生している。

ダム軸に直交するものは非常に少なく、埋設取水管の故障による地盤沈下、とくに堤体を掘割って修理した部分に発生している。

キ裂の大きさは、ダムの基盤性状、築堤材料などによって異なっているが、長いものでは堤長の60%長にわたっているものもあり、その幅も数mmから25cm程度に及び、深さも1.5mに達するものもある。堤頂に発生しているキ裂は、割れ目が段違いになっているものは少ないが、斜面の大きなキ裂は段違いになっているものが多い。

5. 付属構造物の破損しているもの

付属構造物の主なものは取水施設で、底ヒ、斜ヒ、または縦ヒである。その他余水吐施設がある。

底ヒと斜ヒ（縦ヒも含めて）は、コンクリート構造物で一体化されたものと、コンクリート管の底ヒに斜ヒを接続したもの、木ヒ、木管のものもあった（これはごく小数）。斜ヒが盛土上に設置されたものは、地震動による盛土の変形および盛土と構造物の振動性状の相異から、底ヒと斜ヒの接続部付近にキ裂が生じたり、折損したりしている。斜ヒが地山に設けられてあるものは被害が少なかった。軟弱基礎地盤や盛土内を横断して設けられた底樋は、模断方向のキ裂、不同沈下および底ヒ中心線の移動などを起こしている。

被害ダムは一般に古いものが多く、取水施設の位置の選定、耐震性に対する構造上の欠陥、材料の強度不足などに問題があり、被害率も表-3によれば25.8%にも及んでいる。余水吐は一般に小規模であったためほとんど被害はなく、わずかに土留壁の倒伏、コンクリートに小キ裂の発生を見た程度であった。

この範囲外ではあるが、上流側護岸の間知石積やコンクリートブロック張が、地震動により崩壊、せり出しにより石やブロックがハラミ出したり、ところどころで飛出したりし、また応力の集中により角が破損したりしている。とくに上流斜面のブロック張はいずれも目地が乱れ、飛出しや破損を受けている。この傾向は斜面の堤頂に近いほど著しい。これは地震動による堤体の部分変位が上方ほど大きいことを示すのではなからうか。

以上震害の概要について述べたが、当地震の震央方向と被害を受けたダムの堤軸方向との関係を調べてみると、図-3 のようになり、ダム地点と震央を結んだ線に

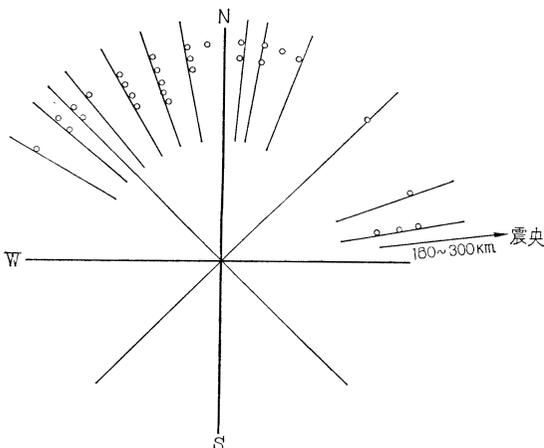


図-3 十勝沖地震による被害ダムの堤軸方向

ある角度（70°～140°の範囲で、とくに100°～110°のN～S方向のダム軸をもつものが多かった）をなしているものが、被害を受けている。これは青森県地方の地形上、南北方向のダムが多かったかも知れないし、ダム全体の統計でもなく、被害申請のあったものについてのみの傾向であるから、今後の研究で追求する必要がある。しかし地震波と被害との間になにか関係がありそうである。

VI. 設計上の問題点と対策について

今回の震害から設計上の問題点を拾ってみると

- (1) 軟弱地盤の基礎処理
- (2) 盛土材料の選択と締固め
- (3) 軟弱地盤上に建設するダムタイプの選定
- (4) 堤体内浸透水の処理
- (5) 堤体に関係した構造物
- (6) 地震波に対する検討

などがあげられる。

1. 軟弱地盤の基礎処理

軟弱層は、下部の岩盤の振動により、共振に近い応答を示し、地表における速度、変位ならびに振動継続時間を増大させる傾向があり、岩盤上にダムが直接乗っている場合よりはるかに大きい応答を示すといわれている。当地震でも火山灰質土やピートを含む柔かい地盤が厚い所ほど、スベリ、沈下、キ裂などを多く起こし、微砂やシルト分を多く含む非粘性のゆるい滞積をなしている火山灰質の地盤や盛土では液状化を起こしているなど、軟弱基礎の振動特性を示している。

火山灰土は間ゲキ比が1.5～1.7で大きく、飽和すると高い含水比となる。この高い含水比が地震時に高い間ゲキ圧や液状化を起こす原因となり、スベリ、沈下、液状化となっている。

従ってダムの基礎処理は、耐震的には柔かい層は除去するのが望ましいが、やむを得ず軟地盤上に建設する場合は、堤体盛土と同程度の土質常数が得られるまで除去するかまたは人工的に地盤改良を図らねばならない。軟弱地盤上に建設するダムの安定計算法のうち、震度法を適用しているが、こうした地震応答から考えると適法とはいえないが、未解決であるから、動的設計法の確立を急ぐとともに、現状では、軟弱層の除去、強化などを考え、軟弱層の性状を堤体の性質と同一かそれ以上に改良するよう処理すべきである。

2. 盛土材料の選択と締固め

盛土材料は何でもよい、設計時に配慮すればすべて使用することができる、ということは耐震的には十分検討されなければならない。

高含水比の材料は一般に締固め困難で、高い密度は得がたい。従ってセン断抵抗力が小さく、ダムの安定上好ましくない。被害を受けたダムの多くは、現地付近から採取した火山灰質土で、土の処理や施工が土質工学的に満足でなかったため、スベリやキ裂、沈下などを起している。また粘性に乏しいシルト分、微砂分を多く含む低密度の土は、地震動のような交番応力を受けると液状化し、流動の原因となっている。

これらはいずれも締固め不十分のため、堤体が低密度であったことが一つの原因であるから、堤体材料は十分に締固めることができるような条件をもっているか、締固められるよう処理することができるものを選ぶべきで、経済性を考慮し良質の用土を選定すべきである。その結果動の間ゲキ水圧の発生、液状化などの起こることを減ずることができる。

3. 軟弱地盤上に建設するダムタイプの選定

アースダムの断面設計は、ダムの用途、基礎の性質、築堤材料の物性、工法と施工管理の程度などによって決めるべきものであるが、ここでは基礎と築堤材料の面からのみ検討する。

軟弱地盤上に建設する場合考慮すべき主な点は、スベリによる破壊と圧密による沈下である。スベリは堤体が比較的剛な場合は基礎を通るスベリが多く、それに伴って沈下を起こす。これは基礎のセン断抵抗力が動の間ゲキ水圧の発生により減少する、上流面の動水圧の減少、慣性力と変位の増大などによって起こる。従って滑動の原因を作る軟弱層を積極的に排除するか、強化改良した基礎形式を採り、スベリに対する抵抗性を増大させる。その一例は置換、排水による圧密促進、振動による砂質土の締固め、キーベッドの設計、押え盛土などがある。堤体が柔軟な場合は、堤体の斜面内スベリ、沈下を起こす。この場合基礎処理は前例と同じだが、盛土斜面を緩にし、堤体の局部に応力の集中するのを避ける。堤体材料はその形状や物性が急変するを避け、コンクリートコアやセメントグラウトは避ける。コアはキ裂によるパイピング破壊を防止するため良質な材料を選ぶとともに、厚くし、フィルターを完全にしておくこと。

4. 堤体内浸透水の処理

堤体内の浸透水は地震時間ゲキ水圧上昇の原因となるからなるべく早く堤外に排水し、堤体内有効応力を高める必要がある。そのため堤体内に垂直、傾斜、水平などの排水層を設け、浸透水を集水して流去せしめることは効果がある。既設ダムでこうした処理のできぬ場合は、下流側ノリ先を掘削して、ノリ先排水層を作る、この時かならずフィルター層を設けねばならない。

とくに基盤の微砂層を浸透してくる上向き浸透水に対しては、ダム底面（主として下流側）にフィルター層を設け排水する必要がある。さらに基盤が透水層と不透水層が互層をなす場合には、透水層にリリーフウェルを設け、揚圧力を減じなければならない。

3. 堤体に関係した構造物

堤体内に異質の工作物があることは、地震時の挙動が異なるため、被害の原因となりやすい。盛土上や土中にあるものはいくらかの影響を受け、破損しなくても周囲の土と離れ、漏水、パイピングの原因となる。新潟地震ではこれが原因で、地震後ある時間たって決壊したことが報告されている。また埋設構造物の破損で、堤体に上下流方向キ裂を生じさせ、修理のため掘削し、埋戻し不十分で堤体にキ裂が起こっているから、構造物は盛土と無関係にして、地山に設けることが適当である。

底樋と斜樋の接接続の構造については十分力学的検討を必要とする。盛土の表面を舗装する各種型式舗装については、堤体の変位を十分考慮し設計すべきである。

6. 地震波に対する検討

地震時波高については日本大ダム会議で作った「ダム設計基準」にその計算法が示されているが、当地震の目撃者の談や痕跡によると、それ以上の高さの波が起こっていたようである。それは共振現象が起こったのではないかと思われる。

アースダムは震度V以上の地震に対し、基礎の性状や盛土の物性によって異なるが、影響を受けることが多いようである。とくに堤体の滑動、それに伴う堤頂幅の減少、キ裂による堤体のゆるみ、および堤体の沈下などが起こる。その結果、地震波の上昇と相まって、堤頂は溢流されることが起こる。従って、ダムは余裕高を多くするとともに堤頂を広くしておくことが必要である。

VII. あとがき

青森県下を襲った十勝沖地震について、被害を受けたいくつかのアースダムを調査し、その実態について述べ、今後の設計に当り問題となる点を引出してみた。

この報文が地震災害を少しでも少なくすることに役立てば幸いである。筆をおくにあたって、現地調査の機会を与え、その後各種の資料を提供くださった青森県土地改良第1課、同第2課および上北、下北農林事務所の皆様に厚くお礼申上げる。

参 考 文 献

- (1) Lee, K.L and Seed, H.B: Cyclic Stress Conditions Causing Liquefactions of Sand, Proc, A. S. C. E. Vol. 93 No. S. M. I. Jan. 1967, p47~70
- (2) 山岡勲, 他2名, ダム貯水池における地震時の波高. 第5回災害科学総合シンポジウム講演論文集, 文部省, 1968, p45

[1969. 3. 24. 受稿]