

秋田縣男鹿地震と溜池被害

秋 葉 滿 壽 次*

仙 波 秀 男**

目 次

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| I. 緒 言 | C. 堰堤の高さ及頂幅と被害 |
| II. 男鹿地震 | D. 法面及犬走と被害 |
| A. 今回の地震 | E. 羽金の有無, 道路兼用堤, 腰石垣と被害 |
| B. 文化七年の地震 | F. 震災直前の貯水位及天候と被害 |
| III. 地震による被害概略 | G. 其の他の状況と被害 |
| IV. 溜池の被害 | H. 缺潰堤體 |
| A. 被害概況 | VI. 築堤土の性質と被害 |
| B. 地質, 土性と被害概要 | A. 凝集力, 摩擦力と被害 |
| C. 地貌, 地勢及溜池位置と被害 | B. 堤體土粒子滲透と被害 |
| D. 築造年代別による被害 | VII. 附屬構造物の被害 |
| V. 堤體の被害 | A. 樋管の被害 |
| A. 堤體被害の態容——龜裂, 滑動,
・ 亡落, 孕出, 沈下—— | B. 餘水吐の被害 |
| B. 堰堤の方向と被害 | VIII. 結 要 |

I. 緒 言

筆者等は昭和14年5月中旬被害溜池の大半を實地踏査し又秋田縣耕地課花田武夫氏の御助力によつて蒐集せられ得た諸材料を整備し, 大體次に記載する如き結果を得た。本記載は調査事項につき丹念に統計をとりこれによつて地震が與ふる溜池被害の種々相並に被害の由つて來る原因推考の一助たらんことを期したるものである。従つて地震力の土堰堤に與へる影響の實驗室的研究は他の機會を俟つて行ふ心算であるが, これ等實驗室の基礎的研究の必要なるは今更喋々を要しないけれども, 其の他實地野外調査にも亦大きな理論的研究材料が横たはるが故に將來この方面の調査研究をも益々旺ならしめて欲しい。

本調査は東京帝國大學教授田中貞次氏及秋田縣經濟部耕地課長後藤與治氏の御厚意によつてなつたものであり, 材料蒐集に關しては前記花田武夫氏に依るところが非常に大である。執筆初頭各位に對し謹而感謝の意を捧げる次第である。

尙, 第7圖地勢圖及附圖溜池位置及番號記入明細圖は時節柄これを省略したるにつき特にお斷り申上げる。

II. 男 鹿 地 震

男鹿半島の地震は今回に限らず過去に於てもあつたらしく明確に文獻に残つてゐるものに文化7年の地震がある。

* 東京帝大農學部

** 秋田縣耕地課

A. 今回の地震

今回の地震即ち昭和 14 年 5 月 1 日の地震は其の發震時は午後 2 時 58 分 33 秒 5 であつてこれが震源に就いては區々として一致しないやうである。秋田縣測候所の發表によれば、震源は能代より西南約 40 軒、入道崎の西北約 12 軒の海底にあり、又北浦町北方の比較的陸に近き海底とも云ふ。其の他の専門家で、これと異なる説を唱ふるものがあり、災害原因をなした震源は案外陸地海底に跨がる附近にあるやうで殊に北浦町、五里合村附近に接してゐるのではあるまいかとの疑を挿し挟んでゐる。尙秋田鑛専大橋教授は前二者とは大なる異説を述べてゐる。即ち今回の地震は 2—3 分の間隔をおいて續發した双子地震でこの 2 つの震源は同一ではなく、第 1 回震源は入道崎の西方海底斷層の北部の活動により、第 2 回目地震は寒風山の北側を東北より西南に走る男鹿中斷層の東部の活動によるものであると云ふ。因に大橋教授による男鹿半島の斷層線は次の如きものである (第 1 圖)。

上述の如く震源地が諸説一致しないのは、地震を基礎にして種々なる斷案を下す上に不満足な點が多く遺憾ではあるが、吾人専門外の者は暫らく黙して其の結着に到達するを俟つこととする。

餘震は非常に多く 1 日より 2 日に至る間人體に感ずるもの 43 回人體に感ぜざるもの 148 回の多きに達し、其の餘震の震源は北浦町及五里合村附近の陸地及海底にあるが、多くは陸地部に於て居るらしいことを實地踏査をなせる専門家は述べてゐる。又初震より 1 分 30 秒遅れて初震に劣らぬ餘震があり、2 日午前 1 時 6 分頃にも相當強き餘震があつた。

今回の震度は筆者等の調査によると最大なるは重力加速度の 5~5 割 2 分に達してゐるが、溜池の被害を蒙つてゐる地方の多くは 3~4 割以上の

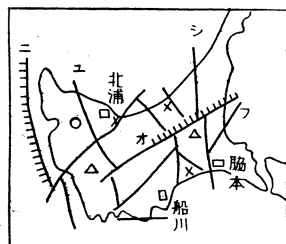
震度である。但し筆者等の震度は墓石を主とし、参考に家屋の倒壊率を採用したもので、後者即ち家屋の倒壊率を主としたものより一般に大なる値となつてゐるやうに思はれる。其の理由としては、この地方の墓地は多くは丘陵山地の中腹又は頂上に近くあり殊に平地とか谷に接せる山脈の端に位置を占めて居るから震動も大きいだらうと考へられる。

秋田測候所發表に拘る震度の分布は第 2 圖に示せる通り、北は五里合村、男鹿中村の日本海沿岸全部と北浦町を含む一帯、南は寒風山と本山との中間に突出せる部分が激震地を形成し、其の周圍約 3—5 軒の地が烈震地區を示し強震地區は男鹿半島の西部と八郎瀉を圍む南、北及東部地方である。

筆者等の調査によれば右激震地區に於ける合震度は重力加速度の 4 割 5 分内外以上であつて男鹿中及び北浦では 5 割前後を示しそれより東部の地、琴川、鮭川關近では 4 割 5 分前後である。烈震地區の合震度は重力の加速度の 3 割以上 4 割内外に達し、比詰及湯本附近では 4 割内外であるが鶴木、拂戸附近では 3 割 5 分以下の地が多い。強震地區では合震度はそれ以下である。

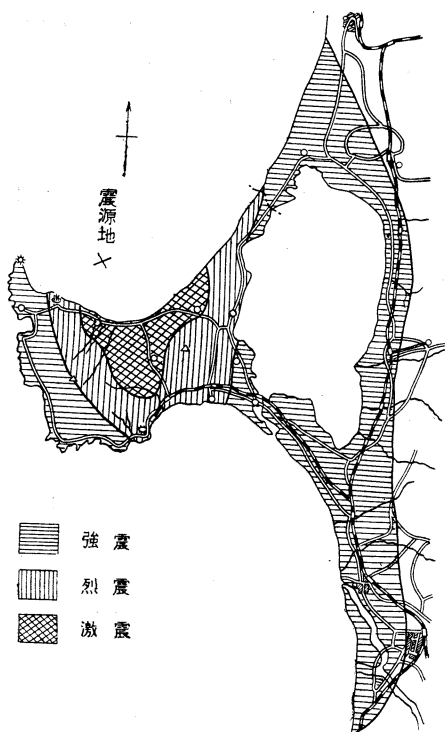
溜池被害の大部は右の中激震及び烈震地區に屬するが其の一小部は八郎瀉の北部及東部の強震地區の一部にあるのみであつて、南部、東南部及男鹿半島の西部強震地區には殆ど見當らない。

震動の方向は最初に訪れる P 波が次に來る S 波が判然しないが、筆者等は調査溜池に關係ある地方毎に最大震動の方向を墓石其の他の倒伏又は滑動の方向より判斷し且つ其の土地の人々に問ひ合はせ、これを

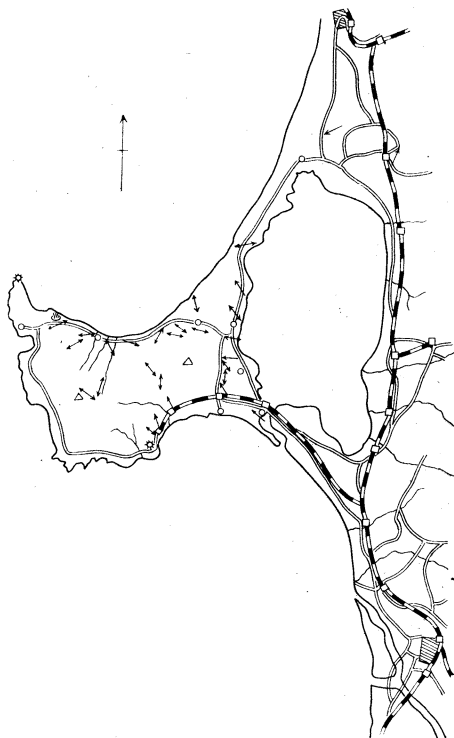


オ 男鹿中斷層
ニ 西部海底斷層
シ 鮭川斷層
フ 拂戸斷層
ユ 湯本斷層
○ ノ 目湯
△ 寒風山及本山
× 山崩れ
第 1 圖

参考に第3圖を作製した。これを見るに大體の方向は略定まつた向きをとるが嚴密には各自異なる向きをとるものが多い。墓石の如き四角形をなせるものは一樣に正しき方向に倒伏することは困難であるし、この地方の如き丘陵山地にある墓石は其の基礎に少しでも傾斜があればその方向に轉倒し易いものであるから



第 2 圖



第 3 圖

調査に當つては勿論充分注意を拂つた(第3圖及附圖参照)。

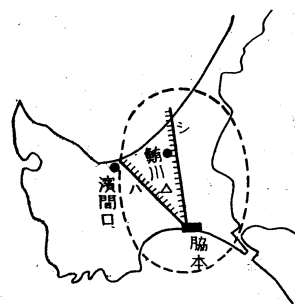
B. 文化7年の地震

此の地方に今回の地震と略同様な地震が文化7年(西曆1810年)8月27日(新曆にて9月25日)にあつた。

地震の原因には種々説があるやうで其の主なるものに寒風火山の陰性活動に依て起つた火山地震説と鮎川斷層を震源とする斷層地震説とがある。第4圖に於て寒風山を中心として點線で表せるは前者による地震區域の概略を示し、同時に斷層説による斷層所在を示したものである。

家屋の被害から見ると今回に劣らぬ程度でそれ以上とも考へられる點がある。大橋良一氏の調査推定によれば潰家數の百分比が70%以上に達する村も相當數に上り、脇本 90%，大倉 85%，浦田 100%，樽澤 75%，

百川 87%，拂戸 74%，比讀 70%，谷地中 71% 等がある。この家屋被害の點から見ると文化7年の地震



ハシ 濱間口斷層
△ 鮎川斷層
寒風山
第 4 圖

は寒風山の東から八郎瀉に至る間に最も甚大なる被害を起したのに反し、今回の地震は寒風山の北方五里合村及び西北方男鹿中村、北浦町方面に被害が多かつた。

溜池等の被害も相當あつたらしいが前記大橋氏の調査發表には鶴木村堤5箇所押し破れ其の下流にある田地は水に流され、且つ寒風山麓の玉の池の堤も破れたるを記載し、五里合村の大澤の堤の湧水が著しく減少したるに反し、瀉西村釜谷地の北部柳原の堤は谷地であつたのが地震のため水溜りとなつたことを報告して居るが其の他の溜池被害については何等報告されてゐない。然し勿論堰堤が多數あつたとすればこの龜裂とか樋管の被害等は相當數に上つたものと考へる。

地下水等にも大なる影響があつたらしく前記五里合村大澤の堤の湧水の如き、又飯の森村岩清水、湯本村の湧湯、瀉西村福米澤の観音澤の瀧等何れも其の湧出量が減ずるか全然無くなつた。それに反し鮪川村瀧の頭出水は湧出量を増した。然るに今回の地震では瀧の頭の出水量は減じたと云はれ湯本殊に新湯にては湧湯量は極度に増加し數ヶ所より地上に噴出し偉觀を呈した程で文化年間の地震と全然異なる現象が地下水に對して起つてゐる。

III. 地震による被害概略

溜池被害調査が主なるものであるが一般の被害の程度を概略知つておくことも亦必要なことであらうと思はれる。

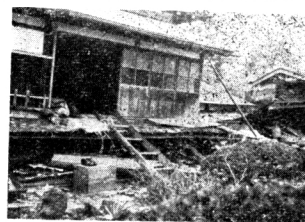
家屋被害並死傷者は5月3日迄調査によれば北浦町一部、男鹿中村、五里合村、脇本村、拂戸村、船川港、瀉西村、濱口村等が最も大なる害を受けてゐる。

町村名	全潰	半潰	非住家全半壊	死者	重傷	全戸數
船川町	91戸	185戸	147戸	8人	2人	1,283戸
拂戸村	28	69	6	1		510
脇本村	55	157	26	3		935
五里合村	260	147	42	5	5	537
男鹿中村	63	120	123	5	1	447
北浦町	86	86	1	3	1	1,111
瀉西村	15	106	11			859
濱口村	11	62	3			708

其他の町村の被害を含めたる被害總計：全戸數 24,213 戸に對し全潰 7613 戸、半潰 942、非住家全、半潰 381 戸、死者 26 人、重傷者 9 人に達してゐる。

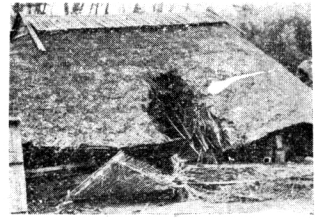
其他の被害を縣廳發表により摘記すれば

區分	被害額	備考
耕地關係	800,000 圓	耕地、公共施設被害
農務關係稻作	537,060 〃	苗代被害、植付不能、減收損害
經濟更生施設	30,650 〃	共同作業場、産業組合施設被害
山林關係	564,590 〃	林野崩壞、炭竈、林道被害
土木關係	1,176,410 〃	道路、橋梁、河川、港灣砂防等の損害
水産其他	450,330 〃	網、漁船、漁場、水産物等の被害
合計	3,559,040 〃	



寫眞第 1. 五里合村
高屋二階の倒壞

就中耕地關係にあつては溜池，堰，水路，農道等の被害である。勿論耕地の荒廢等が其の主なるもので，溜池は堰堤の被害より更に缺潰を來し水田を流失せしめたものが相當數に上る。農務關係調査によれば淺内村，北浦町，五里合村等を合し堤防缺潰に因る植付不能面積は約 150 町歩以上に達すると謂ふ。又苗代に於ては地震振動により苗が水面に浮び上り又は片寄れるもの及土砂により埋没せるもの等によりこのまゝ利用することは不可能のものが相當面積に渉る。この他鐵道關係の被害も



寫眞第 2. 五里合村
谷地中平屋の倒壊

若干あつた。以上は混雜早急の間で非常に精確を期し難いとは考へるけれども其の被害の大様を知るには充分である。因に家屋の火災は少く船越町に 10 戸程あつたのみで，家畜即牛馬の被害の殆ど云ふに足らぬ程度であつたのは地震時が午後 3 時に近く野外に於て勞働最中であつたからであらう。

IV. 溜池の被害

A. 被害概況

溜池の被害個所數は縣發表によれば 74 個所に及ぶが筆者等は内主なるもの 58 個所と無被害約 12 個所合計 70 個所を調査した。次表は縣發表數（括弧内）と筆者等の調査せる被害溜池數を各町村別に分けたものである。

郡	町	村	個	所	數	郡	町	村	個	所	數
南秋田郡	船川町		(6)	4		山本郡	鶴川村		(1)	3	
"	北浦町		(10)	8		"	淺内村		(4)	2	
"	拂戸村		(5)	0		"	金岡村		(3)	1	
"	瀧西村		(12)	12		"	森岳村		(4)	5	
"	上新城村		(1)	0		"	鹿渡村		(1)	1	
"	男鹿中村		(3)	2		"	櫛村		(1)	1	
"	五里合村		(8)	9		合	計		(74)	58	
"	船越町		(2)	0							
"	脇本町		(13)	10							

此被害溜池中缺潰又は殆どこれに近きものは約 12 個所あり，其の缺潰原因は (1) 龜裂又は沈下により漏水或は溢流によれるもの，(2) 底樋の挫折によれるもの，(3) 重ね溜池の爲め上流部溜池の缺潰により溢流破壊を受けたもの等である。

此 58 個所 (74 個所) の被害溜池の被害の有様は，堰堤に於ては龜裂，沈下，亡出し，又は孕み出し等を伴ひ，附屬構造物中樋管に於ては豎樋の破壊轉倒，底樋の挫折破壊又は豎樋底樋の接續點の破損等であつて，餘水吐に於ては主として擁壁卷立の類の被害である。

又特に注意を要すべきは此の地方一般の溜池堰堤の地盤は排水が不完全であつて其の支持力が弱くなつてゐることである。尙缺潰せる溜池にあつては其の缺潰時刻と地震の發震時との間には相當の時間的開きがあるものが多く發震後數時間又は一日以上を経て始めて缺潰し，發震と同時に缺潰するものは非常に稀であることである。

次に參考迄に筆者等調査の被害溜池 58 個の所在を摘記羅列する。これと附圖とを對照すればそれ等被害溜池の分布，位置等が明瞭になることと思はれる。

調查溜池番號及所在地

調查番號	溜池名	所在地
1	濁鹿澤	南秋田郡 船川港町
2	鹿澤	比詰字濁田
3	大澤	字鹿澤
4	清澤	字大澤田
5	大澤	字清水
6	一澤	字十二櫻
7	澤	字一〇目湯
8	澤	木會
9	澤	琴川字澤田
10	綴今大	字綴內
11	綴今大	字今澤
12	綴今大	字今澤
13	綴今大	字今澤
14	綴今大	字牛込
15	綴今大	湯西村
16	綴今大	宮澤
17	綴今大	字土花
18	綴今大	角間崎
19	綴今大	角間崎
20	綴今大	脇本村
(1)	綴今大	大字百川字馬場臺ノ澤
(2)	綴今大	大字百川
(3)	綴今大	大字樽澤字刈澤
21	綴今大	大字浦田字鱒ノ澤
22	綴今大	大字浦田字丸森
23	綴今大	澤邊
24	綴今大	澤邊
25	綴今大	山本郡 鵜川村
26	綴今大	山本郡 鵜川村
27	綴今大	山本郡 鵜川村
28	綴今大	南秋田郡 脇本村
29	綴今大	字挾間田
30	綴今大	字岩倉又
31	綴今大	字延命寺
32	綴今大	立石通
33	綴今大	百川
34	綴今大	大字百川字鯛ノ澤
35	綴今大	大字瀧ノ頭
36	綴今大	大字百川字後澤
37	綴今大	道村
38	綴今大	道村
39	綴今大	道村
40	綴今大	道村
41	綴今大	道村
42	綴今大	道村
43	綴今大	道村
44	綴今大	道村
45	綴今大	道村
46	綴今大	道村
47	綴今大	道村
48	綴今大	道村
49	綴今大	道村
50	綴今大	道村
51	綴今大	道村
52	綴今大	道村
53	綴今大	道村
54	綴今大	道村
55	綴今大	道村
56	綴今大	道村
57	綴今大	道村
58	綴今大	道村
59	綴今大	道村
60	綴今大	道村
61	綴今大	道村

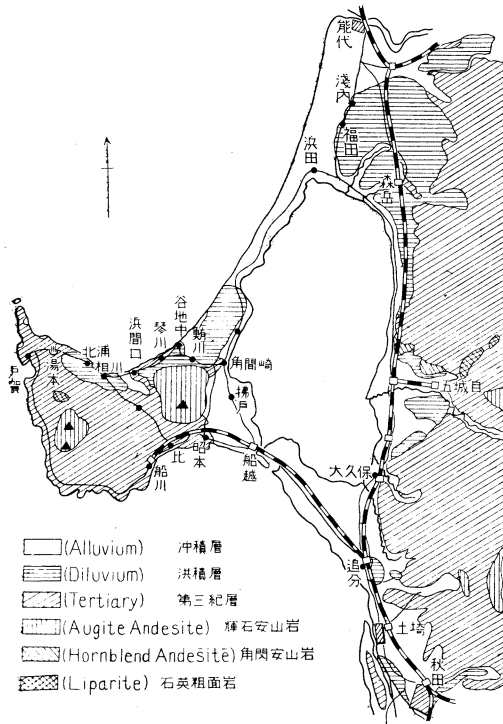
地震調査番號及所在地（續き）

調査番號	溜池名	所在地
62	河川堤	山本郡 浅内村 大字河川字受堤下
63	戸沼	山本郡 浅内村 小友澤
64	友沼	山本郡 浅内村
65	新沼	山本郡 浅内村 菅刈澤
66	シノ澤溜池	山本郡 浅内村 大曲
67	赤沼	山本郡 濱口町 字大妻
68	蘆ノ崎溜池	山本郡 蘆ノ崎 字蘆ノ崎

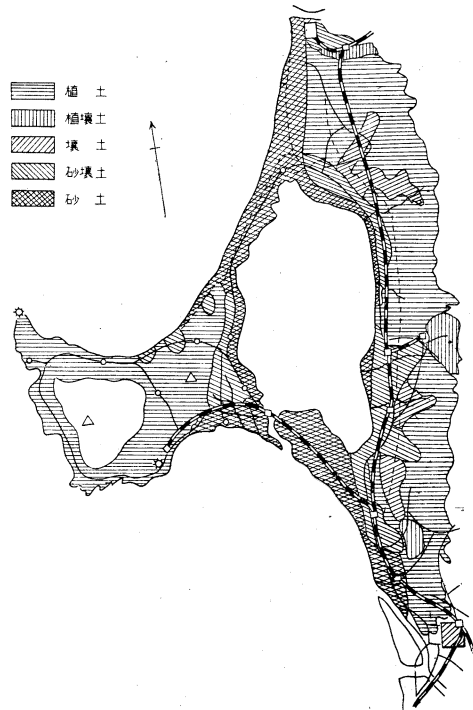
B. 地質、土性と被害概要

震災地方の地質は第5圖に示す如く第3紀層及第4紀層から成つてゐて其の間に纔に安山岩系が點出されてゐる。この第3紀と第4紀2層との層の中に溜池は其の大部を包含し盡されてゐると云つてもよい程である。被害溜池は第3紀層と第4紀層殊に第4紀層の中でも洪積層地帯に屬するものが多く、冲積層地帯の所謂皿池は被害が一般に少く云ふに足らぬ。此等第3紀にある岩石としては凝灰岩、凝灰頁岩、凝灰質砂岩及粘土等から成つてゐるが砂岩は往々凝固しない砂層を生じてゐることもあるし、一般に質が緻密でないやうに思はれる。洪積地帯では砂及砂礫層からなり、冲積地帯は砂及粘土から成つてゐる。

土性は第6圖によれば概略判る通り冲積地帯の海岸及八郎瀉沿ひの地は砂土よりなり、低所、水田等では相當粘質である。此等砂土の外周には砂壤土の地方が分布し、この砂壤土は洪積地帯に迄延びてゐる。



第5圖



第6圖

洪積地帯の一部及第3紀地帯の大部は普通の壤土であるが第3紀地帯では粘質のものが多く、

従つて溜池も上記地質、土性の地方的分布の影響を受け築堤土も其附近の土壤を採用する關係上地質圖又は土性圖を見れば築堤土の優劣をも略判断出来る位である。これ等築堤土に関しては試験及分析結果を掲げ別に項を改めて詳しく論ずることとする。瀧西村の北部より濱口村及能代町に至る海岸一帯の沖積地及拂土村を中心とする八郎瀧沿岸の沖積地にある溜池被害は非常に尠く云ふに足らぬ程度であるが前述の如く被害溜池の多くは第3紀及洪積紀の地にあり、然も缺潰溜池は其の12の中大部は洪積地又は第3紀との境にあるものが多い。尙築堤土の分析結果から見ても洪積地帯のものはその築堤用土としての性質は劣悪のものが多い。

震度の分布圖に徴するに男鹿の北部五里合村の一部、男鹿中村の大部及北浦町附近に互り激震地があるがこの地方の被害溜池の中纔に2個が缺潰したのみであるに反し他の約10個の缺潰溜池は震度のこれより激しくない裂震及強震地方に介在してゐると云ふ事實は溜池堰堤地盤の地震動に對する抵抗と云ふ事以外に地方の地質、土性の分布が築堤用土の良否に與へる影響を考へない譯には行かぬ。この事に関しては被害溜池堰堤の土性を後章に詳述するが故に愈明らかに判ることとする。

C. 地貌、地勢及溜池位置と被害

地貌地勢等と溜池被害とは本調査では充分なる因果關係を發見する迄には至らぬ。元來此の地方の溜池位置附近の地貌は平野地では多くは水田であつて山地では畑或は草生地、雜木林又は松杉等のよく成長せる林地等である。これ等附近の地貌を55個の被害溜池につき概略の統計をとれば次表となる。

無被害溜池も亦右の如き地貌の間に介在してゐる。

附近地貌	被害溜池個數	内缺潰數
草 生 地	15	5
雜 木 林 地	16	3
雜 木 及 草 生 地	5	0
松 杉 等 の 林 地	16	4
松、杉等の林地と草生地	3	0

比詰、男鹿中村附近は山丘の谷間に水田がある。この附近の溜池を繞つては雜木林が多いけれども高度を高むるにつれ草生地が多い殊に寒風山寄に

その傾向が著しい。北浦町方面は高臺地の低所は水田、畑等で占め眞山に向ひ高さを増すにつれ草生地、更らに雜木、松杉林等がある。溜池の多くは此等草生地以上の地に多くある。五里合村を中心としては濱間口より琴川に至る間に數個の溜池あり草生地が多く中に雜木林を見る。琴川附近より箱井を経て鮪川に至る間は雜木、松林等が多い。鮪川の北方には水田盆地あり其の東側の丘陵地は畑地多く中に草生地、松林、或は雜木が點在し溜池を圍む。脇本村より宇西村に至る間は東部の八郎瀧に沿ふ地方は濕田にて、平地溜池が多く、男鹿街道角間崎に至る西側寒風山麓の盡きる地帯に又溜池が多く位置を占めてゐる。瀧西村に入つても略同じく街道の右即ち瀧寄は水田、左側丘陵地帯に接し溜池が多い。

濱口村より鶴川村にかけて濱口村に於ては殆ど平野地に、鶴川村は低い丘の凹所に溜池が造られてゐる。森岳方面は八郎瀧の西北部沿岸の水田平野地間に多數の溜池を擁すると同時にこの平野地に接せる山地の一端にも亦多くの溜池がある。

上に示せる地貌、地勢上より被害溜池を見る時は地貌よりも地勢上の位置の上に概略の被害狀況が現はれてゐるやうに思はれる。先づ溜池の位置が全然山間山地にあるか、又山地と平野地の境附近にあるか、又平野地にのみ位置を占むるかにより如何なる統計ができるかを調べてみた。それによれば

此の統計は無被害の数を含めて居らぬから全體數に對する比率が判明せぬ故嚴密の意味で、地勢上の位置に關する有様を説明はして居らぬ。右表により被害全體より見て平地山地の境が最も多數の被害があり、山地がこれに次ぎ、平地が最も少

位置	被害個數	被害率(%)	内缺潰個數
平地	4	7	0
山地	11	19	0
平、山の境	43	74	12
合計	58	100	12

い。平、山の境は農業利用上より云つて最も好位置にあるから従つて山間山地に比し其の絶對數も多いので被害數も多いと云ふ解釋も下し得るが平地溜池に至つては此の地方は非常に多い。それは數字的に示す事が出来なかつたけれども 5 萬分の 1 地圖を展いて見れば約 60 以上の數を發見し得て直ちに了解出来る。故に山地及平、山の境の溜池は平地溜池に比して被害數及率も多いと云ひ得る。況や缺潰溜池の殆ど全部が平、山の境にあるを見れば何かしら地勢上の位置と溜池との間には一脈の因果關係があるやうに考へられる。これには色々な解釋も下し得られやうが地震動に對しては、平野地上の低い構造物は山や其の一端に設けられた高い構造物より安全性に富み、且つ又單なる平地よりも丘陵山地の境界附近では複雑なる地震動が行はれると云ふ常識上からも説明が出来る。事實平野地では其の位置から云つて甚しく高い堰堤を築くことは經濟上から不可能で、例外を除いては殆ど 10 尺内外から以下にあり皿池とて數尺に過ぎぬものが多數を占めてゐるが、山間又は平山の境の谷間では相當高い堰堤築造が可能であるから尙更のことである。

堰堤築造の位置と地勢上との關係から見て他に注意すべきことがある。それは重ね溜池とて同一谷に纒の距離を距て、堰堤を築造し 2 つ以上の溜池を造るもので、其の上流部の餘水が下流部の溜池に貯溜せらるゝのである。これには農業上の水利權問題とか灌溉上耕地に對し充分なる水頭を得しめなくてはならぬ關係とか、單一に高い堰堤を造る爲めの充分なる地勢上の位置又は農業經濟上の不利益等から來る種々様々な制限から生じたものゝやうであるが兎も角重ね溜池は農業以外の目的に供せられる溜池に比し大きな特徴となつてゐる。

溜池被害地方には此の重ね溜池が約 15 組位を數へることができるが其の中被害 12 組で無被害が數組にすぎぬ。被害 58 個中右表の如き割合になつてゐる。

池の狀態	被害		缺潰	
	(組數)	個數	(組數)	個數
單一池		32		5
重ね池	二段池	(9)	(2)	3
	三段池	(3)	(2)	4

重ね溜池に於ては其の被害の程度から云へば上流部の池が被害甚しく、其の組全體が缺潰する場合にても先づ最初上流部が缺潰し次に下流部堰堤の缺潰を誘引するものが殆ど全部であると云つても過言ではない。

重ね溜池の上流部位のものにあつては地勢上満水位が最も早く訪れるし、又其の堰堤數の排水は不良で従て地盤の支持力に缺くところが多い。堰堤數排水不良の一原因としては、下流部位の池數の一部が直に上流部位の堤數となる場合が多いからである。尙一溜池系統を幾つかのブロックに區分すると云ふことが堰堤の安全性分擔と云ふ點に於て、上流部位に對してはレベル以下の軽い負擔感を抱く結果が工事に現はれて來て居ないであらうか。これは専門技術家に對しては杞憂に過ぎぬが、素人築造の堰堤に對しては其の傾向が多分にあるやうなことを屢々見受ける。そのみならず上流の高い位置にある堰堤は地震動

の影響を受け易いものが多い。以上列挙せる種々なる原因が悪条件となり、上流部位の堰堤が大なる被害を生む結果となつた事と考へられる。

D. 築造年代別による被害

土堰堤は新築の場合満水時極度の警戒を要するものであることは一般に知られてゐる。これは水を満す爲め急激なる沈定を來さんとする傾向により局部的な、不均衡を來し且つ然も沈定は未だ不充分なるが故に滲透性に富み水の滲透を許すのみならず息角を弱むる爲めである。水に對する土堰堤の此の様な抵抗性は數年経てば充分安定限界に迄達することができるものであるが、然らば地震動に對しては築造の新舊が亦大きな影響を持つてゐるだらうか。茲ではこの問題の一端でも解決する材料を得たい考から調査を進めたが、無被害溜池の調査不充分なる爲め満足する結果を得られなかつた。が將來研究上何等かの參考にもと次に其の統計を記述する。

年代は大正の食糧問題が世の注意をひき技術者も亦洗練せられて來た時代以後今日に至る迄を後期、大政奉還より明治の終りに至る迄を中期、それ以前徳川末期時代以前を初期とし、被害溜池についてこれ等3期の比較を試みた。

右表によつて見ると被害の絶對數は後期即ち大正一昭和築造の物が斷然他を壓してゐる。更らに被害溜池中、缺潰せる部分の年代別による數は次表の通りである。

年 代 期	被 害	
	數	%
初 期	16	27.5
中 期	13	22.5
後 期	29	50.0
計	58	100.0

年 代 期	缺 潰	
	數	%
初 期	2	16.7
中 期	2	16.7
後 期	8	63.6
計	12	100.0

缺潰せるものゝ統計は缺潰せる部分（堰堤）の築造修築の年代によつて求めたものであつて例へば溜池は明治年間に築造されたるも昭和年間に其の一部樋管部の取換への爲め堰堤の修築を行ひたる其の舊樋管部跡が缺潰したるが如きこれは昭和築造として後期に入れた。かく觀じ來る時は前同様後期即ち昭和一大正年代の被害

害缺潰率が多い。

是等統計の正確度は充分でない。假令へ昭和一大正年代築造の被害數が多くとも其時代の築造數が他の時代の築造數より遙に多い時は、各年代に對する被害の率は必ずしも多いとは云はれないからである。然し男鹿半島を中心とした此の地方の震災溜池は前述の如く地域的に且つ地勢的に略限られて、山地及び平、山の境に在るものが大部であつて同じこの地方地域では無被害の大部は平地溜池にあるが故に、山地及び平、山の境にある無被害溜池の數は非常に少くこれを計上しなくても略大體の豫斷はつくものと思はれる。今脇本より瀧西に至る間の平地、山地の境に在る無被害溜池7個を年代別に調べたるに、初期4個、中期2個、後期1個となり少くとも脇本一瀧西線に於ては前豫斷を充分裏書きしてゐる。

この事あるは土堰堤が地震動に對し時間的に充分安全なる状態に立ち入つて居らないではないかと考へられるが又一方工事上の缺點が特に原因して居るのではないかと疑はれる。例へば時代の進むにつれ假令技術は進歩すると雖も築造位置の條件は低下を來し好位置の發見に次第に困難を來し、然も堰堤等の高さも往古より非常に高いものが造らるゝ結果、前述した時間的安全状態と云ふ事以外の因子が大きく働いてゐるのではないかと考へられる。或は偶然的に後期に被害の數が多いと云ふ結果が出たのか、地震ある毎に他の地方で調査し而して正しい結論に到達したい。

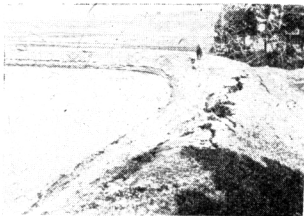
V. 堤體の被害

地震による溜池被害は堤體及び樋管，餘水吐等の附屬構造物に生ずるものである。

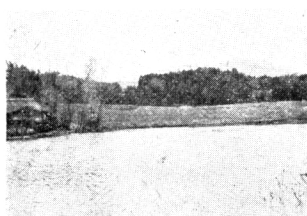
硬い土壤と軟い土壤とが相接してゐる場合地震力の影響は軟い土壤に激しく被害も大であるし，地表の方が地中より，荷物の中央より端の方が大であることは一般に知られてゐる。従つて溜池の堤體と地山とを比較すると多くは堤體の方が軟かく，築造年代の新しいもの程其の傾向が多く，其の他の條件も地震力の影響を受けやすい位置に堤體はある。

A. 堤體被害の態容

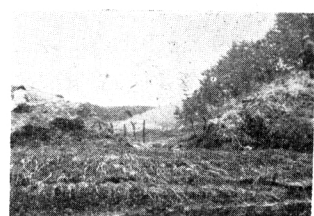
被害堤體を一見して直ちに眼に入るは龜裂である。(寫眞第 3 参照) 龜裂は次に述ぶる滑動・沈落，崩壊・沈下或は孕出し等に伴ふ堤體の部分の土壤集團の分離せる間隙線であつて，滲透作用を激増せしめ被害溜池を缺潰せしむることがある。滑動，沈落も被害溜池の顯著なる現象で，この結果水壓，滲透に對して堤體の抵抗を弱める。此處で用ひる「滑動，沈落」と云ふ言葉は移動した法面の一部が法面の他の部分へ特に進出したり，又は原法尻線を超へて堰堤敷外へ移動するが如き，非移動部に對しては相對的に位置の變動が甚しいが，移動部土壤相互間に大した位置の變化は認められないで一團となつて位置の變化をする場合を云ふのである。滑動・沈落が激しく移動部土壤も甚しい位置の變化をなし原状を殆ど残さぬ程度のもを「崩壊」と云ふ語を用ひた。又滑動，沈落の輕微なもので法面上の一部で膨脹した程度を「孕出し」とする。これ等は何れも土壤の内部摩擦力及び凝聚力が地震力に對して抵抗し能はざるに至つた結果生ずる現象である。



寫眞第 3. 脇本村樺澤大堤
溜池堤體滑動及孕出し



寫眞第 4. 五里合村中石合澤
溜池堤體缺潰



寫眞第 5. 脇本村浦田丸森
溜池堤體沈下

其の他の被害現象としては堰堤の沈下がある(寫眞第 4 参照)。沈下の原因としては次の如き 2, 3 を擧げることができる。即ち地震力によつて地盤が支持力を弱められた結果堤體が地盤の中へ「メリ込む」場合とか，上記滑動，沈落又は孕出し等により堤體が前後へ激しい容積の變化を來した場合とか，或は又新築の土堰堤によく見らるゝ如く，堤體自身充分なる收縮安定の域に達せざる折，地震力によつて空隙を減ぜられ急激に壓縮せらるゝ場合等に起る現象である。筆者が北丹地震の際經驗せる堤體馬踏上に水の噴出せる小孔は男鹿地震では發見せられなかつた。然しこの現象の極めて大仕掛けのものを南秋田郡瀧西村にて砂畑面に數回發見した。

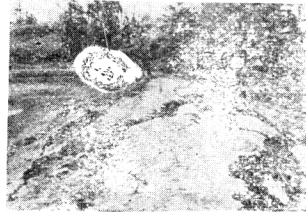
以上の諸現象が激しく遂に缺潰に至ることも往々見受けられる(寫眞第 5 参照)。勿論滑動，沈落崩壊・孕出し，沈下又は龜裂等全部が一つの堰堤に見受けられる溜池もあるし，其の中の 2, 3 のみのものも只一つだけのものもある。各個堰堤の被害の態様は前記被害溜池摘記より各個につき承知せられ得ることゝ

思ふから此處では被害別の概略集覽により如何なる種類の被害が最も多いか少いかを判ずることとする。

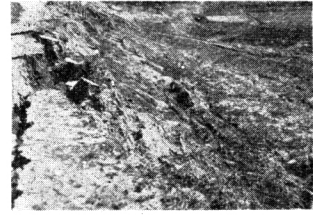
1. 龜裂は堰堤の長さの方向に生ずるか又これと直角に生ずるかにより縦龜裂と横龜裂とに分けることができる。被害堤體には1乃至10數以上の龜裂が生ずるものである。調査58箇の堤體中只1個だけ孕出し現象のみで龜裂らしいものは發見出来なかつた。縦龜裂の多くは堤頂の側方又は兩側方に堤體の長さの方向に平行に生ずるけれども極く稀に堤頂を斜に横切るものもある(寫眞第7参照)。縦龜裂は内外法方面への滑動、沁出し、崩壊又は孕出し其の他羽金、又は地盤構造等による沈下の不同より生ずるのであつて、龜裂の状態も各少許の特徴を有することが多い。横龜裂は地山と堤體との境界線附近に生ずるのが常であるが随管掘起し跡の新築箇所等にも生じ易い。これは堤體中央部又は新築箇所等の急激なる沈下壓縮による他、地山と堤體内の地震動の差によつて起り得るものである(寫眞第8左上隅参照)。龜



寫眞第 6. 南秋田五里合村
龜裂及缺潰



寫眞第 7. 脇本村浦田
斜龜裂と縦龜裂



寫眞第 8. 脇本村延命寺溜池
横龜裂と沁落

裂の幅の大なるものは表面に於て1尺~2尺程度である。船川鹿の澤溜池には約1尺巾、脇本村百川溜池には1尺5寸巾、瀧西村堂の澤1號溜池には約2尺巾の龜裂を發見したが其の他の溜池にもこれに比敵するものが相當ある。

調査被害溜池58箇の龜裂についての統計は次の如く斷然縦龜裂が多い。即ち

縦龜裂を有し横龜裂を缺くもの	43
縦龜裂と横龜裂とを有するもの	5
龜裂を見受けず外法への孕出しのみのもの	1
缺潰のため不明なるもの	7
其の他不明なるもの	2
計	58

2. 滑動、沁落及び孕出し、は堤體内部の沁り面に沿つて運動を起すものであつて、平素は堤體の重さと内部摩擦力及び凝集力とが釣合の状態にあつたのが地震力のため其の平衡を破られたが爲めに起る現象である。然しこの他に内法面に於ては内水壓が地震力によつて異常の作用を起す動的影響の他に、貯水により過飽和に陥つて剪斷抵抗を弱むる靜的影響があり、沁落の傾向が多い筈であるが此の地方の堤體基礎は排水不充分で外法方面の地盤及法土壤も息角を弱められ相當數の外法への沁落を見る。

沁出しの大なるものは瀧西村角間崎溜池下堤の内法尻外へ約20尺、同村上堤の外法尻へ約20尺、脇本村浦田丸森池の外法へ約17尺北浦町眞山四號池の内法へ約15尺、森岳村街道西圍の池の内法へ約15尺の沁出等が大なるもので、これに次ぎ瀧西村道村3號堤は10尺前後内法へ沁落し、五里合村瀧の頭池、瀧西村道村新堤2號池、北浦町眞山1號池、3號池、及び5號池、森岳村東堤澤本田堤等は何れも5尺以

上 10 尺位迄出してゐる。右 6 個の溜池の中鶴西村道村新堤 2 號池の外法への他は、全部内法への迄落である。此の他脇本村延命寺池の外法へ、北浦町眞山 2 號池の内法への迄落は 20 尺以上の最大なるものと考へられる。斯の如く 5 尺以上の大きな迄出しは矢張り内法に非常に數が多い。尙又纒な 2 尺内外の迄出を計上して見ると 25 對 14 となつて内法が約 2 倍程多い。即ち

内法へのみの滑動迄落	17	滑動，迄落を認めざるもの	16
外法へのみの滑動迄落	6	内，龜裂のみ	(9)
内外法への滑動迄落	8	孕出しのみ	(1)
缺潰の爲め不明なるもの	9	龜裂及び孕出し	(6)
其の他の不明なるもの	2		

上表によれば一見して滑動迄落を判斷できるものが 58 個所中 31 個あり、認めざるもの 16 個不明なるもの 11 個となる。

孕出しは法面に生ずることは申す迄もないが輕微な滑動迄落（迄出）とは充分なる判別を下し得ない場合が多いけれども概略を掲げれば

外法へ孕出したるもの	8 個	（この中内法へ迄出しを伴ふもの 6 個）
内法へ孕出したるもの	4 "	（この中外法へ迄出しを伴ふもの 2 "
		" 内外法へ " 1 "
内，外兩法へ孕出したるもの	8 "	（この中迄出を伴ふもの 4 "

上の統計中には滑動，迄落が激しく當然部分的には孕出しをなし居るが如きものはこれを含まない。故に大體に過ぎぬ。

3. 沈下の位置は最も多きは堤體縦斷線の中央部であつて、地盤の支持力弱き土質、殊に排水不良の場所に堤體がメリ込みをなす時に生じ易い。この他内，外法即ち縦斷線の左右へ迄出しをなす場合にも中央が著しく沈下する。又新築堰堤も多くは其の兩袖には地山があるから盛土高は中央より兩袖に低く爲めに縮壓の絶對量は中央に大で勢ひ沈下も亦中央に甚しい。樋管部の取換、修築等の爲め局部的に堰堤土の取換等を行ふ時も其處の部分だけが他の舊堤より大なる沈下をなすものである。

沈下の激しきものは 6 尺にも及び脇本村丸森池等がこれに相當し、次で瀧西村角間崎下堤及び同上堤が 5 尺、榑村小友澤小友沼 4 尺、北浦町眞山 5 號 3~4 尺沈下し多くは 3 尺内外以下である。

前にも述べたやうに此の地方の堤體の基礎地盤は非常に惡條件のものが多く、堤體のメリ込みは免がれないことであらうが、堤體の沈下に最も強く影響したと考へられる原因別に沈下を認めらるゝ 42 個の分類をすれば

地盤へメリ込み沈下	3 個	メリ込みと壓縮の爲め沈下	1 個
迄出しの爲めに沈下	19 "	メリ込みと迄出しとによる沈下	8 "
堤體土壤壓縮による沈下	3 "	其の他の沈下	1 "
孕出し又は壓縮を伴ふ沈下	7 "		

堤體の滑動迄落即ち迄出しによる沈下が斷然群を貫いてゐる。迄出しの爲めに堤體の幅が廣くなり高さが低くなつたものである。

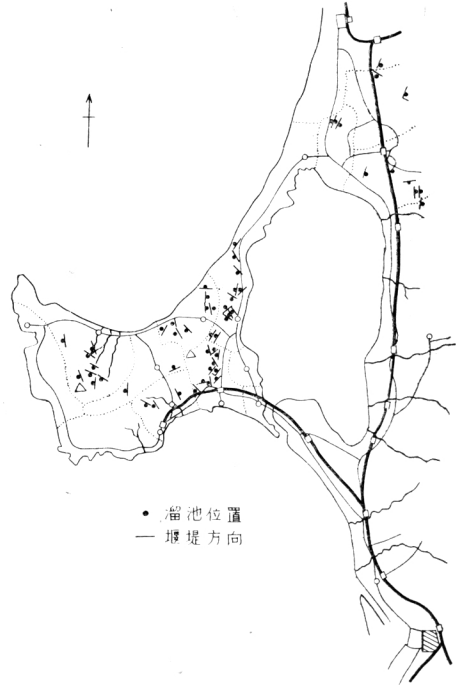
E. 堰堤の方向と被害

堤體の方面と震源地及震動の方向とは今迄筆者は北丹地震その他に於て調査したことがあつた。今度の

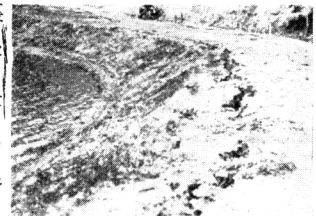
男鹿地震に於ても同じ目的のもとに調査を行つたが今迄の調査結論に殆ど一致してゐる。各被害溜池の堰堤方向は概略第8圖に圖示し(詳しくは附圖参照)た通りで東西、南北、種々様々な向きをとつてゐる。然し同一谷にあるものは略似た方向をとる傾向がある。それも大體のことであつて同一谷でも主谷と支谷とにより方向が非常に變つてくることがあり、同じ主谷でも地勢、地形により支配されて向きが一樣にはなり得ない。此等種々様々な方向をとる堰堤と震源地の方向とは其の被害程度には精確な關係は發見されないし亦堰堤の方向と最大震動の方向との間にも其の被害に對する特別な影響は認められない。この事實は第8圖堰堤方向圖と第3圖最大震動の方向圖とを對照するか又は附圖を一見すれば忽ち氷解することができることと思ふ。これは筆者の北丹地震其の他の調査でも全く同じである。

堤體も一つの構造物なる以上震動の方向と無關係であり得ないとは信ずるけれども、この構造物たるや複雑極まる土性地質の土地又は地勢地形に位置を占め、堤體自身も土壤と云ふ粒體の集合からなつてゐるから一律なる取り扱ひは困難で一般構造とは此の點趣を異にするものがある。即ち溜池の造らるゝ如き狭谷では其處の地震動たるや、複雑なる土性地質其の他地勢地形に支配され簡單なるものではあり得ないことと思ふ。且つ土粒子の集合體たる土堰堤は全一體として地震動に對抗し得ない

ため、其の堤體の中でも比較的抵抗の弱い部分から被害を受けて行かなくてはならぬ。この抵抗弱き部分が堤體全體の一部を形成してゐる以上即ち其の全體であり得ない以上全體の向きには餘り支配されないのは當然であり、斯くの如き抵抗弱き部分の向き、有無多少が先づ條件となり得べきものである。況や堤體に作用する震動方向が單純一律なものでないと云ふに至つては震源方向の影響は被害に充分あらはるゝ筈がないのは當然である。然し尙これには次の如き調査に對する不満足もいさゝかある。即ち第3圖最大震動の方向は前記の理由により、嚴密には堰堤附近の最大震動の方向とは一致せざるが故に、此の點考慮の餘地が殘されてゐる。筆者等男鹿地震の調査に當り鍵の手に曲る堰堤を2, 3見たる結果を綜合するに堰堤の方向と最大振動の方向とは被害には大なる影響を有たないことを裏書してゐる。例へば船川港大澤田一號池の鍵の手に曲る堰堤は無被害で、北浦町相川大増川左岸に在る小溜池(調査番外)の鍵の手堰堤は全堤に涉り纔の縦龜裂があり、脇本村樽澤大堤池も同じく鍵の手堰堤であつて略全線に涉り大きな縦龜裂を見ることができた(寫眞第3及第9参照)この事から略同一場所にある異なる方向の堤體でも大なる差がないことが判る。即ち土堰堤の被害に對しては、其の堤體の方向と最大震動の



第8圖



寫眞第9. 脇本村樽澤鍵の手に曲る堰堤と被害

方向とは特別な因果関係は発見されない。勿論震源地の方向についても同様である。

C. 堰堤の高さ及頂幅と被害

本項に於ても此の附近一帯に渉る無被害溜池全数を含めたる統計ではないから、概略を窺ふに過ぎぬ。被害溜池 58 箇と、参考として無被害 12 個との統計をとり次の結果を得た。即ち

堤 高	被害溜池数	(内缺潰溜池数)	無被害溜池数
5 尺以下	1	(0)	2
6~10 尺	20	(6)	3
11~20 〃	25	(5)	4
21~30 〃	5	(1)	3
30~54 〃	7	(0)	0
計	58	(12)	12

5 尺以下の高さの溜池は平地に多いが被害数は少く従つて被害率は零に近く云ふに足らぬ。又 21 尺以上の溜池の被害も少いが、此の地方では絶対数も少いから被害率は割合に大きい。30 尺以上の溜池の如きはこの地方には他には殆どなく、被害率は 100% に近く、堰堤は殆どみな被害を受けてゐることになる。

被害溜池の中で缺潰せるものは 5 尺以下の高さ及び 30 尺以上の高さの溜池には無い。換言すれば極端に低いものと高いものには缺潰が無かつた。それに反し 6 尺より 30 尺迄の高さの溜池が缺潰独占の態である。就中 6 尺より 30 尺迄の高さが 92% を占むるが、其の高さの範囲では亦無被害の安全溜池も相当数に上るが故に單純に高さのみにて解決はできない。(第 9 圖及第 10 圖参照)

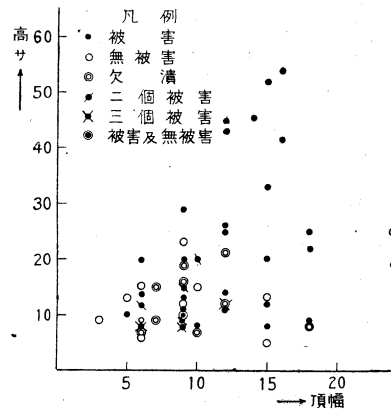
頂幅は「間」の單位による習慣に支配さ

れ 1 間, 1 間半, 2 間, 2 間半, 3 間及び 4 間の廣さを有し總數 68 個の中 53 個を數へ 78% に當る。尙此の地方の頂幅は堤頂が道路を兼用せるものは勿論なれども一般に廣き傾向がある。然し後期築造に屬する堤頂は極端に廣きを避け殊に高さ 30 尺以上の堤頂に於てこの感が深い。因に高さ 30 尺以上の溜池 7 個は全部後期にあつて、内大正 1 個, 昭和 6 個の築造に係る。

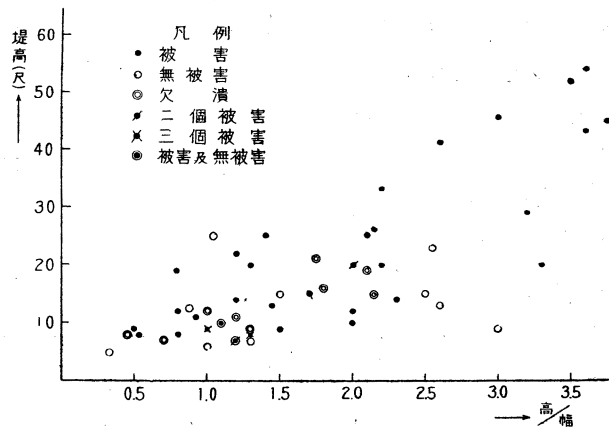
被害に對しては頂幅が殆ど無關係であ

つて廣くとも必ずしも安全ではなく狭くとも必ずしも危険ではない。次表及び第 9 圖及び 10 圖はこれを示してゐる。

震災溜池の缺潰と幅とについて第 9 圖によれば頂幅 14—5 尺以上廣き時は被害溜池に對し約 8%, そ



第 9 圖



第 10 圖

れ以下に於ては 26% の缺潰數を示すを見る。廣ければ堤體各断面幅は大となり假令被害を受け龜裂、亡出し等があつても滲透経路を長くすることを得て滲透による缺潰を防ぎ又は時間的に遅延せしむることを想像し得るがこれは比較的な意味であつて被害箇所、程度及び法等に支配されるゝことが多い。前表並第 10 圖は頂幅の高さに對する比と被害との關係を示し、被害に對しては殆ど頂幅の影響は考へられないけれども缺潰に對してはある限界を示してゐるやうに考へられる。即ち高/幅が 2.5 以上ならば缺潰がない。云ひ換へれば一定な高さに對して幅が狭くなれば缺潰の患がないと云ふ様な一見

高さ	高/幅	被害數		無被害
		數	内缺潰數	
5 尺以下	1.0 以下	1	0	2
	2.0 〃	0	0	0
	3.0 〃	0	0	0
	3.1 以上	0	0	0
6~10 尺	1.0 以下	11	3	1
	2.0 〃	9	3	1
	3.0 〃	0	0	1
	3.1 以上	0	0	0
10~20 〃	1.0 以下	8	1	1
	2.0 〃	10	2	2
	3.0 〃	4	2	2
	3.1 以上	1	0	0
	不明	2	0	0
21~30 〃	1.0 以下	0	0	0
	2.0 〃	3	1	1
	3.0 〃	2	0	1
	3.1 以上	1	0	0
31 尺以上	1.0 以下	0	0	0
	2.0 〃	0	0	0
	3.0 〃	3	0	0
	3.1 以上	4	0	0

矛盾を感じしめる結果が表はれてゐる。然し各點を綜合せるものは略直線形をとり高/幅の大につれ高さも大となるものにして、従つて高/幅の略 2.5 以上は高さ略 30 尺以上で幅を計算すれば略 13 尺以上となり前述と略一致し、缺潰に對しては頂幅の廣きは或る程度の安全性があるらしい。

D. 法面及犬走と被害

假令平時安定にあるとも、地震力を見込まざる斜面は地震力により被害を受くることは云ふ迄もない。今、法の大小と被害との關係を調べたるに次の如き結果を得た。即ち

此の地方の法勾配は 1 割より 2 割が最も多い。けれどもこの範圍では勿論、これ以上 3 割迄の勾配でも又被害を蒙つてゐる。然し又一方 5 分前後から 3 割迄の無被害の堤體も見受けることができ結局は法勾配だけにても亦充分結論に到達すること

法勾配(割)	被害數				無被害	
	外法	内法	内缺潰數		外法	内法
			外法	内法		
0.5 以下又は不明のもの	1	1	0	0	1	1
0.6~1.0	7	8	3	3	2	2
1.1~1.5	32	19	6	4	7	5
1.6~2.0	14	21	2	5	1	3
2.1~3.0	4	9	1	0	1	1
計	58	58	12	12	12	12

は出来ない。被害に對しては法以外の因子も強く影響してゐるが故に其の堤體の位置、土質又は築造方法等により 3 割内外でも尙安定に缺くることがあるものと考へられる。この事については後章に再考してみることにする。

被害にも前述せる通り種々なる態容があるから一概に法との關係を觀察しないで、今少しく被害の内容に涉つて検討する要がある。今被害の中で滑動、亡落即ち亡出しと、孕みとについて見れば次表が得らる。亡出しに就ては外法よりも内法に被害數が非常に多く、然も法が緩になつても依然として内法に多い。

地震に當つては貯水に接せる内法が
 亡出しに對して最も危険にして注意
 を要することを示唆してゐる。この
 内法の危険性は平時と雖も貯水の爲
 めに安息角を弱めらるゝが故に一般
 に注意せられてゐるところである。
 孕みに對してはむしろ外法に多く内
 法に少い。今回の如く5月初旬に於

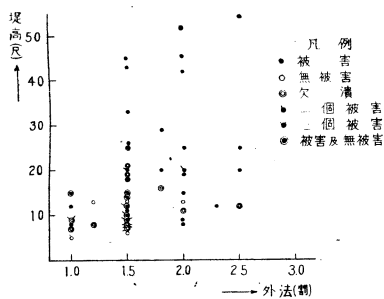
法勾配(割)	孕みの溜池數			亡出しの溜池數		
	外法孕	内法孕	内外法共孕	外法亡出し	内法亡出し	内外法共亡出し
0.5 以下	0	0	0	0	0	0
0.6~1.0	1	0	0	2	0	(1)
1.1~1.5	4	2	(5)	1	5	(10)
1.6~2.0	3	1	(9)	3	7	(1)
2.1~3.0	0	1	(2)	0	5	(4)
個所數計	8	4	8(16)	6	17	8(16)

ては已でに苗代期にあるが故に雨水

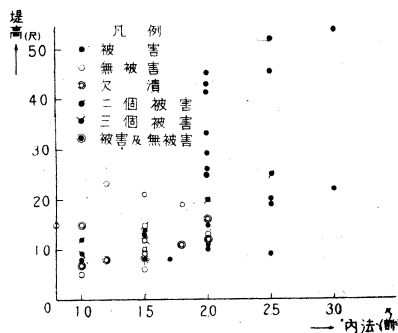
備考 孕み出し池總計 20 個の中間時に亡出しを伴ふもの 13 個、
 殘 7 個が純孕み出し池

並雪解水を貯溜し充分なる灌溉準備をなすを以て、溜池の水位は殆ど満水に近い。それが故に内法に於てはこの孕は亡出に轉ずる可能性が多いからであらう。

法と堤高及び被害との關係は次表並第 11 圖及第 12 圖に示す通り、2 割 5 分又は 3 割法にても堰堤の高低に關せず被害を受けてゐる。但し缺潰は内法 2 割 5 分以上に於ては全然ない。勿論缺潰にも其の原因によつて法の緩急が餘り關係しないこともあるが、缺潰が堤體滲透に原因するとならば確に關係がある。殊に内法では孕の現象が亡出しにまで發展する可能性が非常に多いことを考へれば内法の急なるは亡出の程度を激しくし滲透性を増すことは疑を容れることはできない。



第 11 圖



第 12 圖

法 割	堤 高 尺		0.5以下又は不明のもの		0.6~1.0		1.1~1.5		1.6~2.0		2.1~3.0	
	外法	内法	外法	内法	外法	内法	外法	内法	外法	内法	外法	内法
5 以下	被害	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	無被害	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6~10	被害	0	0	5	6	14	12	2	2	0	0	1
	無被害	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
11~20	被害	0	0	2	2	11	6	7	13	3	2	2
	無被害	0	0	1	1	3	2	1	2	0	0	0
21 以上	被害	0	0	0	0	7	1	5	6	1	6	6
	無被害	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
計	被害	1	1	7	8	32	19	14	21	4	9	9
	無被害	1	1	2	2	7	5	1	3	1	1	1

犬走り設定は堤高15尺1個を除き他は25尺以上であつて此の地方では高き堰堤に屬し、主として外法面に採用せられてゐる。何れも昭和年代の築造にかゝる。犬走りのある堰堤も亦被害を受けて然も相當甚しいが犬

調査 番號	堤高 (尺)	犬走の 位置堤頂 下(尺)	犬走の 幅員(尺)	被害の大要
5	41.5	18	6	堤體中央沈下、内外法孕出し、 縦横龜裂 1—2 線
21	15.0	7	6	内法沁出し、腰垣崩る、縦龜裂 2 線
29	54.0	25	6	堤體中央沈下 (1.5 尺) 内外沁出し (内法 激し)、龜裂大開き 5 寸長さ 100 尺
30	25.0	不明	5	堤體中央沈下、外法沁出し、一部崩壞
50	45.5	20	6	堤體中央沈下、内法沁出し、 縦龜裂數條

走以下の外法面の被害は餘り目立たないでむしろ被害の擴大を或る程度制限してゐる觀がある。

E. 羽金の有無、道路兼用堤、腰石垣と被害

羽金の存在することにより缺潰を時間的に遅延せしむるか或はまたこれを防止することができたやうに考へられる。其の被害と缺潰とは次の如くなる。

	被害數	内缺潰數	被害數と 缺潰數の 比率%
羽金を有するもの	15	1	6.6
羽金無きもの	25	7	28.0
不明なるもの	17	4	23.5
計	57	12	

備考 不明なるものも亦大部羽金なきものに屬すべきと考へる。

羽金の土質は後章述ぶるやうに鞆土に比し良土を採用してゐて、然も搗き固めの程度が入念で固い關係から、地震に際しては羽金自身よりもむしろ鞆土に強い被害を受けてゐる。羽金が存在すれば鞆土龜裂は或る程度止むを得ないものと思へるより他はないが羽金と鞆土の境界面に於て土質、搗き固めを極度に變化させることは益々龜裂に拍車をかけるものである。この點を注意して羽金を挿入すれば

羽金の存在が堰堤の危険を救ふ結果となることが多い。殊に缺潰が滲透に原因する場合等は猶更らの事である。

道路兼用堤は調査せる被害溜池 58 個中 7 個あり、參考に調査せる無被害溜池 12 個中 3 個ある。其の他平地溜池にはこの種のもの非常に多い。

道路兼用堤被害溜池の種類別による數及缺潰數を掲げれば次の如くなる。

調査被害堤體 58 個中缺潰せるものは合計 12 個であつて其の中道路兼用被害堤が 3 個の缺潰數を有することは大きな缺潰率があるやうに考へるけれども右 3 個の中 1 個は上流溜池の缺潰による巻き添へによるものであるから殆ど問題にならぬ。

	縣道	町村道及 車馬通行	人道、耕 作道兼用	計
被害數	0	3	4	7
内缺潰又は之 に準ずるもの 無被害 12 個 中	0	2	1	3
	1	0	2	3

道路兼用堤も平常の維持管理が行届いて居るならば大きな悪影響は考へられない。然し自働車とか其他の車輪に強く締固められた轍の部分は他の土壤より固くなり地震に際してこの部分から縦龜裂を生じ易くなる。況や維持管理が行届いて車輪は深く喰ひ入りたるまゝとか通行の爲めに天端近くの土砂崩れ等放任するが如きは大きな悪影響がある。町村道等車馬の通行出来る程度で然も充分な修理を行はぬ堤頂はこれ等が通行するのみでも堰堤の破壊がある程であ

るから地震時は猶更らである。然るに人道耕作道の如きは平時の破壊は少く、通行するは里人のみと云ふも過言でなくむしろ修理、保護の機会を與へられることが多いし車輪の如き不均一の堤頂搗き固めの結果を來すことがない。従つて地震時の被害も著しくないのが一般であるが車馬通行の影響はむしろ第二次的なものに近くその他の直接因子が強く作用する時は明瞭に判らぬ。

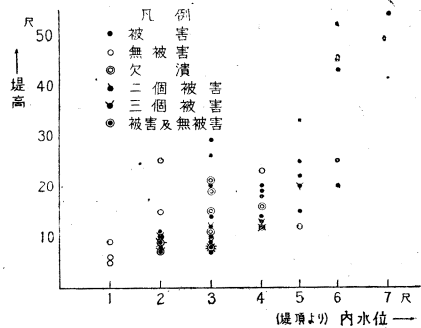
腰石垣と被害については調査個數中唯 3 個を見たものであるがこれが 3 個共崩壊してゐるのは其の工作に缺くる所があるらしい。何れも法勾配は 3 分前後であつて多くは基礎地盤が悪く裏込も不充分的傾きがある。

F. 震災直前の貯水位及天候と被害

貯水位は天候に關係のあるものであるが此の季節は東北地方は融雪出水期に當り、且つ代播期を目前に控へ居る爲め晴雨に拘はらず集水は可能にして且つ欲する所である。故に地震直前の貯水位は當然満水位又はこれに近き水位にあつたのである。

4 月 15 日より震災當日迄降雨量は船川港町約 6 耗、北浦町約 43 耗、瀧西村約 51 耗であつて 4 月 26 日及 27 日の兩日に其の大半が降つてゐる。従つて此の自以後は特に貯水位に影響すべき雨量も、堰堤に影響すべき降雨も認められないが此兩日の雨量は堤體土壤の凝集、摩擦力及び堤敷地盤の支持力に幾分かの悪影響があつたものと推察出来る。

貯水位は前述の如く略満水に近きものであつたが詳しく調査結果を掲げれば次表及第 13 圖の通りである。



第 13 圖

堤頂下貯水位 (尺)	堤 高 (尺)												
	5	6	7	8	9	10~12	13~15	16~18	19~22	23~26	29~33	40~46	50~55
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	1	3	3	2	0	0	1	0	0	0
3	0	0	1	8	2	4	2	0	3	1	1	0	0
4	0	0	0	0	0	4	4	2	2	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	1	0	4	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

この調査結果から堤高と堤頂下貯水位との比を算出すれば被害溜池に於ては次表の如くなる。

2.4~12.5 の間にあり被害、無被害の差別は發見されない。被害に對し貯水位の高	堤 頂 下 水 位 (尺)						
	1	2	3	4	5	6	7
堤高/堤頂下水位	5.0~9.0	3.5~12.5	2.3~9.9	3.0~5.7	2.4~6.6	3.3~8.8	6.0~8.0

低が直接因子として作用するとせば、この比が小なるもの程安全無被害であるべき筈であるが結果は必ずしもさうでない。假令地震時貯水の満空、高低が堤體被害に多大の差異を生ずる因となるとも、今回の震

災當日の貯水位は堤高に對し甲、乙論ずべき程度の差はなく、各個堤體は殆ど平等に近き影響を受けてゐたものと推論し得る。

然るに缺潰か否かは纔の差の貯水位に相當の相關々係を有して居るやうに考へられる。貯水位は前記の如く堤高との比でなく、堤頂よりの貯水位即ち堤頂より貯水面に至る距離である。このことは第 18 圖に於て堤頂よりの内水位 5 尺より大なる溜池には缺潰を發見せざる點より見て明かである。先づ缺潰原因の一つたる沈下から云へば、今回の地震に於て溜池堰堤の最も激しく壓縮沈下したるは前章で詳述した通り約 6 尺(脇本村森池)であるが幸に内水位も 6 尺強ありし爲め缺潰を免れてゐる。故に通常の溜池ではこの水位 5 尺前後ならば大體に於て沈下を主要原因とする缺潰より免れることができたが、條件悪しきものでは堤頂下 6-7 尺の水位を要求しなくてはならなかつた。

尙龜裂、沁出しを原因とする缺潰では滲透が大きな關係を有してゐるから馬踏幅と同じく堤頂下の内水位は其の滲透経路の長短に大きな影響を生じてくる。故に可成水位の低い方が安全であるが調査結果から判斷すれば 5-6 尺以上あれば相當の安全性を有つて居たものと思はれる。底樋の破壊に伴ふ缺潰は 1-2 個所に過ぎず充分なる考察を下すことができないが内水位が低い物程安全率が高いことは想像できる。又上位溜池缺潰による下位溜池堰堤の溢流によるものも内水位の低いもの程よいわけであるが今回は 2 個共略々満水に近い水位にあつたから其の缺潰は止むを得ざる事情にあつた。

参考に 4 月 15 日より 5 月 5 日迄の天候を摘録する。(秋田縣耕地課)

	IV 15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	V 1	2	3	4	5
船川																					
氣温	10.6	8.5	10.9	11.5	15.5	—	17.0	14.9	11.8	11.5	9.5	15.5	8.7	12.0	13.3	17.3	17.0	16.0	14.5	15.7	16.5
雨量	0	0	0	0	0	—	0	6.0	3.2	2.0	15.0	24.7	4.0	0	0	0	1.5	4.8	0	0	0
晴雨	曇	曇	曇	晴	晴	—	曇	雨	曇	曇	雨	雨	雨	雨曇	晴	晴	晴	曇	晴	晴	晴
北浦																					
氣温	9.5	8.5	10.1	11.9	13.0	17.0	19.0	15.5	12.0	10.9	10.0	17.8	8.0	11.0	12.0	18.5	19.5	16.4	13.5	15.0	19.5
雨量	0	0	0	0	0	0	6.5	3.0	5.1	0.2	0	27.2	1.0	0.1	0	0	0	0	0	0	0
晴雨	晴	晴	晴	晴	晴	晴	曇	雨	晴	晴	晴	晴	雨	晴	晴	曇	晴	晴	晴	晴	晴
潟西																					
氣温	9.5	9.0	11.5	12.0	14.0	17.0	20.0	13.5	12.1	—	10.0	17.6	18.5	11.5	12.5	17.7	19.2	17.0	13.0	15.0	17.0
雨量	0	0	0	0	0	0	0	11.0	0	—	0	0	27.0	13.0	0	0	0	5.8	0	0	0
晴雨	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	—	晴	晴	雨	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴

G. 其の他の狀況と被害

堤體の基礎地盤の排水は本地方は最も不良であつて其の爲に支持力を大いに弱めてゐる。例へば 2 段又は 3 段溜池の如きは其の上位部の地盤は下位溜池敷に接し又は接せざるものも何れも殆ど過飽和の状態にあるものが全部である。然らざる溜池でも堰堤外法尻は直ちに水田に接してゐるものが大多數である。故に地震に際して沁出しは勿論沈下を助長せしめたことは特に注意を要すべき點と考へる。

其の他此の地方の舊來の溜池には堤頂及外法面に笹類又は灌木類の密生し居るものがある。これ等は比較的根を深く下し居る爲めに地震動による堤體一部の滑動、沁落即ち沁出しや孕出しを充分阻止したものを見受けることができるがこれに反し野芝等は比較的淺根の爲めに其の効力は認められないで龜裂、沁出又は孕出しを伴つてゐるものが多い。笹類又は灌木類によつて蓋はれ被害なき例としては潟西村、牛込及

脇本村等に見られた。

勿論平素にあつては深根は枯死した際堤體内部の土壤を膨軟ならしめ、堤體の安定上好ましくない。然し野芝等は浅根性のため石のやうな心配は少く法面上に密生する爲め雨水の流去浸蝕を防ぐ効力が多い。相反したる被害の反面があることは又注意を要すべき事である。

又築堤時の搦き固めを調査したるに判明せる 31 個中土締機によるもの 10 個、木蛸、石蛸によるもの 21 個で、何れによるも被害程度に特別の差異は認められない。土締機は大正末より昭和にかけて使用され、それ以前には全然使用されておらぬ。但し上記中缺潰数は土締機によるもの零で蛸搦によるもの 5 個がある。

五. 缺潰堤體

缺潰の原因は申す迄もなく地震力によるものであるがこの地震力が如何なる作用を堤體又は附屬構造物に及ぼしこれを缺潰迄導いたか。この點を明らかにすることが缺潰防止対策考慮の上にも大切な事と考へ特に略述する。

缺潰又はこれに近き溜池 13 個を缺潰原因項別に分類すれば

原 因		
1. 龜裂又は沈下によるもの	樋管埋設の位置	5
	其の他の位置	4
2. 底樋管の挫折によるもの		1
3. 上位溜池缺潰の餘波を受け堤上溢流によるもの		2

右の内 (1) に屬する樋管埋設の位置より缺潰せる 5 個の中 4 個は底樋には異常なきものの如く見受けられるが何れも堅樋は破損又は倒壞をなしてゐる。殘 1 個は大正初年頃他に樋管の位置を變更したる舊樋管部の缺潰である。前 4 個の築造年代は 1 個徳川時代であつて 3 個は大正並に昭和の改築に依る。

尙樋管部設置以外の位置より缺潰せる 4 個の溜池は基礎地盤は勿論一見築堤土が劣悪なるを見受けられることができる。何れも沈下龜裂が激しい。右 4 個の中 3 個は昭和年間に改築修理せるもので他の 1 個は明治 10 年頃の築造に係る。

(2) の底樋管の挫折によるものは徳川時代築造せるものであつて挫折部の漏水が堤體を滲透し土壤を流失せしめたものである。

(3) の 2 個の溜池は上位溜池の缺潰によりて貯水が一時に増し、堤頂を溢流せる結果缺潰したもので前者樋管部破壞による溜池と重ね溜池を形成し所謂 3 段溜池である。従つて最上位が缺潰し順次第 2 位、第 3 位が缺潰したのであつた。これ等は明治初年一部昭和築堤改築になつたものである。

上記築造又は改築年代を一括すれば

		昭和，大正	明治	徳川以前
(1) の	樋管位置	4	0	1
	其の他の位置	3	1	0
(2) の	樋管部挫折	0	0	1



寫眞第 10 底樋管位置の缺潰
五里合村中石溜池

(3) の 上位溜池の餘波 1 1 0

となり此處に於ても年代の新しいものに危険性があるのではないかと云ふ疑問を投げてゐる。この他築堤土質が缺潰に大きな關係があるが後章に詳述し此處では省略する。

VI. 築堤土の性質と被害

築堤用土が堤體の安全に重大關係のあることは云ふ迄もない。本調査の土壤採取は 1 堰堤につき 1 個所で、可成堰堤全體を代表すべき個所を選んだのは云ふを俟たぬが或は偏した點も無いとは保證し難い。然し概略を窺ふには差支へないことを固く信ずる。

本地方の築堤土の比重は大體 2.4~2.7 であり、被害の有無、又は缺潰等には特に關係があるやうには見られない。比重は腐植物質の多いものが一般に比重が小であつて、又築堤土としては不適當である。

A. 凝集力、摩擦力と被害

地震力に對する堰堤土の抵抗力としては凝集力と摩擦力とを第 1 に掲げなくてはならぬ、此の二力が大なれば堰堤の安定度は増すものである。凝集力が非常に大であつて、その上摩擦力も大きい土壤は何處にも必ず存在すると云ふものではない。従つて前章に述べた様に堰堤の強弱も、この點から地質的に、且つ地方的に存在するわけであつて、その恵まれざる地方では人爲的にこれを補はなくてはならぬ。筆者等は最初現場 13 個所に於てこれ等 力を調査し、缺潰、被害、無被害との關係を或る程度明らかにすることができたので全部の採取土壤を研究室内に送り此の二力を調査し直したるに、現場に於ける自然土壤とは大いに異なる結果を得て、實驗室における此の凝集、摩擦の二力による解決は徒勞に歸した。この理由には種々あらうけれども第 1 に現場では殆ど堰堤土その儘の比較ができるけれども、採取土壤（原型のまま送附せず）を研究室内で調査する時は堰堤土の組織を壞したものと比較となり、原堰堤土の個性を離れた比較となつた。第 2 に使用せる機械は研究室では所謂豆剪斷機を用ひたるが故に粒子分析の結果と對照すれば判るやうに粒子が制限より大きなものが大部で正確な結果が得られなかつた。其の他此の豆剪斷機其のものにも少し缺點があるやうに考へられる。

以上のやうに研究室内の調査は不充分であつたが堰堤用土の材料に就ては大體判るから現場の調査と共に參考迄に記載する。

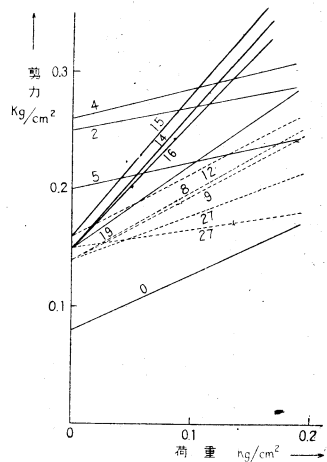
現場調査 凝集力及摩擦係數表

調査番號	凝集力 kg/cm ²	摩擦係數	被害の有無	調査番號	凝集力 kg/cm ²	摩擦係數	被害の有無
2	0.25	0.20	被 害	15	0.16	1.20	無 被 害
4	0.26	0.25	被 害	16	0.15	1.10	無 被 害
5	0.20	0.23	被 害	19	0.15	0.71	被 害
8	0.14	0.58	缺 潰	27 (砂質土 腐植土 0	0.14	0.46	缺 潰
9	0.14	0.57	缺 潰		0.15	0.19	
12	0.16	0.53	缺 潰		0.08	0.58	
14	0.15	1.16	無 被 害				天王村海岸砂

研究調査 堤體土壤の比重，水分，凝集力及摩擦係數表

調査番號	比重	水分量 (乾土100 分率)	凝集力 kg/cm ²	摩擦係數	調査番號	比重	水分量 (乾土100 分率)	凝集力 kg/cm ²	摩擦係數
1	2.65	16.8	0.17	1.0	35	1.80	27.0	0.15	0.83 無被害
2	2.62	23.3	0.28	0.97	36	2.45	12.5	0.03	0.95
3	2.77	19.0	0.19	0.92 無被害	37	2.67	15.4	0.15	0.64
4	2.50	19.4	0.38	1.25	38	2.62	6.5	0.01	0.88
5	2.67	7.7	0.37	1.93	39	2.50	5.3	0.03	0.76
6	—	—	—	—	40	2.53	9.4	0.06	0.68
7	2.55	4.1	0.25	0.68	41	2.45	11.0	0.10	0.65
8	2.55	7.9	0.11	1.10 缺 潰	42	2.20	9.2	0.11	0.75
9	2.60	10.7	0.27	0.97 缺 潰	43	2.30	16.4	0.11	0.76
10	2.52	11.4	0.27	0.67	44	2.47	10.4	0.16	0.89
11	2.62	6.7	0.14	0.76	45	2.45	10.1	0.06	0.85
12	2.22	16.7	0.25	0.80 缺 潰	46	2.50	20.0	0.09	0.96
13	2.58	7.4	0.13	0.64 缺 潰	47	2.00	21.6	0.04	1.22
14	2.52	10.6	0.23	0.70 無被害	48	2.63	18.2	0.14	0.79
15	2.56	16.0	0.35	0.78 無被害	49	2.60	9.7	0.03	0.96
16	2.67	11.8	0.23	0.86 無被害	50	2.51	20.3	0.04	0.67
17	2.62	8.8	0.31	1.10 缺 潰	51	2.48	7.2	0.05	0.89
18	2.54	4.8	0.29	0.65	52	2.37	10.8	0.02	1.00
19	2.43	3.3	0.09	0.85	53	2.46	16.7	0.16	0.83
20(1)	2.56	12.2	0.26	1.10 缺 潰	54	2.57	17.2	0.25	0.60
(2)	2.35	8.0	0.10	1.27	55 粘土	2.52	5.2	0.12	0.79
(3)	2.30	19.1	0.23	0.80	刃金	2.46	5.3	0.11	0.72
21	2.74	15.3	0.44	1.10	56	2.60	1.3	0.08	0.92 缺 潰
22	2.73	18.5	0.18	1.07	57	2.32	11.1	0.15	1.00 缺 潰
23	2.51	9.5	0.23	0.83 缺 潰	58	2.54	4.2	0.39	0.38
24	2.15	19.8	0.30	0.80	59	2.54	8.5	0.15	0.70
25	2.80	7.4	0.27	0.71 缺 潰	60	2.53	10.6	0.33	0.77
26	2.65	3.8	0.19	0.83 缺 潰	61 粘土	2.66	6.9	0.21	0.65
27	2.55	5.6	0.12	0.85 缺 潰	刃金	2.76	21.8	0.27	0.63
28	2.52	20.3	0.35	0.42 無被害	62	2.58	6.4	0.16	0.72
29	2.36	22.0	0.22	0.94	63	2.58	3.1	0.15	0.74
30	2.54	15.0	0.22	1.13	64	—	—	—	—
31	2.22	18.4	0.08	1.10 無被害	65	2.23	8.5	0.27	0.45 無被害
32	2.40	20.6	0.20	1.00	66	2.40	4.8	0.09	0.78 無被害
33	2.78	12.8	0.13	1.05 無被害	67	—	—	—	— 無被害
34	—	—	—	—	68	2.55	0.9	0.20	1.10 無被害

現場調査は自然組織を破壊せぬやうに採取型枠を用ひ、携帶用二面剪斷機によつて行はれた。これによる結果より判斷すると無被害の堤體は凝集力に比し摩擦力が甚だ大であるが、被害溜池には2種あつて、一つは凝集力が極めて大であるが摩擦力は小であるのと、他は凝集力は普通であるのに摩擦力は無被害溜池に劣るものとなる。右の中缺潰溜池は凝集力、摩擦力とも單なる被害、及無被害溜池に劣るものが多い。第14圖に於て無被害はNo. 14. 15. 16. 被害はNo. 2. 4. 5. 19.、缺潰はNo. 8. 9. 12. 27. である。No. 0の天王村海岸砂に比較すれば缺潰せる堤土は砂の性質を帯びるか又は腐植質の多いものであつて、被害の堤土は粘質土系統のものとなつてある。被害堤土の缺潰を免がれたのは他に種々理由はあらうが堤土のみから云へば粘質土は大きな凝集力があつたから



第 14 圖

であり、砂質は一般より摩擦力が一層大であつたからであつた。凝集力の大きな粘質土壌は摩擦力が小さな傾向があるから、内法とか又は過飽和に近い部分から上落を来し易い。従て無被害の溜池には純然たる粘土でなく、凝集力は純粘土より少し位弱くとも相當以上の摩擦力の強大なものが必要條件になつてゐるやうである。これは調査溜池約 70 個の 5 分の 1 に就ての現場調査からの結論であるから大凡の傾向のみを云ふに過ぎぬ。故に堤體の被害は堤土自身の性質の他に震力、地盤其他種々の因子によつて左右せらるゝからこれ等諸因子についても充分なる注意を怠つてはならぬ。

此の地方の堤土は總じて凝集力は 1 種平方當り 0.05~0.35 疋、摩擦係数は 0.6~1.2 の値を採る。

B. 堤體土粒子、滲透と被害

堰堤土を研究室に送り「ピーカー法」により分析したところ意外の結果に到達し得たのであつた。只分析しても堤土としての現状を失つてゐるため其の搗き固まりの程度とか、自然状態に在る水分含有の有様等を因子とした重要方面の状態は依然不明であるから参考の爲めに堤土を形成する土壌の粒子組成のみ明確ならしめやうと考へたのみであつた。然るにこれによつて此の地方の堤體土の分布を知るを得、地質、土性の自然的分布條件が人工操作即ち施工に烈しき制限を與へ居ることを今更に深く知つたのであつた。而してこの堤體土を形成してゐる粒子組成のみから云つても、これが被害殊に缺潰に重大な關係あ

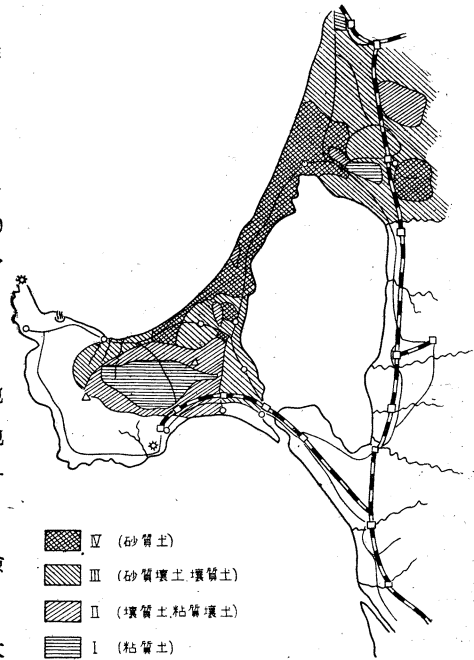
堤體土壤粒子百分率

調査番號	0.1 mm 以上	0.1~0.01 mm	0.01mm 以下	備 考	調査番號	0.1 mm 以上	0.1~0.01 mm	0.01mm 以下	備 考
1	35.29	43.84	20.87	被害	35	10.9	28.4	60.7	無被害
2	12.74	51.47	35.79	被害	36	77.5	15.4	7.1	被害
3	13.16	41.88	44.96	被害	37	64.6	23.2	12.2	被害
4	6.50	41.51	51.99	被害	38	81.2	15.3	3.5	被害
5	61.01	25.31	13.68	被害	39	87.3	9.3	3.4	被害
6	—	—	—	被害	40	88.8	8.2	3.0	被害
7	85.70	12.51	1.71	被害	41	76.0	17.5	6.5	被害
8	85.13	14.71	0.16	缺潰	42	84.5	12.6	2.9	被害
9	83.9	14.7	1.4	缺潰	43	43.2	34.0	22.8	被害
10	55.6	26.2	18.2	缺潰	44	66.8	11.9	21.3	被害
11	62.36	34.98	2.66	缺潰	45	80.6	13.4	6.0	被害
12	33.75	37.67	28.58	缺潰	46	7.8	19.1	73.1	被害
13	82.02	15.33	2.65	缺潰	47	25.3	30.5	44.2	被害
14	69.43	14.36	16.21	無被害	48	21.3	25.2	53.5	被害
15	63.53	17.72	18.75	無被害	49	66.5	24.5	9.0	被害
16	79.08	15.19	5.73	無被害	50	37.7	46.1	16.2	被害
17	66.05	18.06	15.89	無被害	51	55.6	30.8	13.6	被害
18	83.11	9.76	7.23	無被害	52	60.1	27.6	12.3	被害
19	81.30	10.44	8.26	無被害	53	2.0	50.2	37.8	被害
20 (1)	36.1	31.1	32.8	缺潰	54	1.1	43.6	55.3	被害
20 (2)	42.0	33.4	24.6	缺潰	55 韃土	78.2	15.4	6.4	被害
20 (3)	35.7	33.3	31.0	缺潰	刃金	63.2	11.9	24.9	
21	42.3	27.7	30.0	缺潰	56	92.0	4.6	3.4	缺潰
22	66.7	19.7	13.6	缺潰	57	80.8	6.3	13.3	被害
23	14.3	59.0	26.7	缺潰	58	69.3	23.3	4.7	被害
24	56.8	39.1	4.1	缺潰	59	61.8	23.2	15.0	被害
25	71.7	20.8	7.5	缺潰	60	9.1	46.7	44.2	被害
26	78.9	11.6	9.5	缺潰	61 韃土	51.3	23.5	25.2	被害
27	77.5	12.8	9.7	缺潰	刃金	46.2	29.3	24.5	
28	14.8	70.2	15.0	無被害	62	51.8	23.3	25.9	被害
29	25.3	53.7	21.0	無被害	63	80.7	11.6	7.7	被害
30	37.2	22.2	40.6	無被害	64	—	—	—	被害
31	62.2	15.0	22.8	無被害	65	40.5	31.2	28.3	被害
32	23.7	45.3	31.0	無被害	66	71.9	18.0	11.0	被害
33	40.0	45.2	14.8	無被害	67	—	—	—	被害
34	—	—	—	無被害	68	88.6	7.1	4.3	無被害

ることを知り，將來への示唆を充分得ることを得た。

溜池の分布と前記分析結果とから堰堤土質分布圖を作製したるに第 15 圖を得た。此圖によれば (IV) の地方は堰堤として最も劣悪であつて透水性の強い土質からなり注意を要すべきものである。(III) の地方も悪質土ではあるが施工上充分の注意をなせば大過はない。(I) 及 (II) 地方は不透水性土壤が大部を占めてゐるが粘土質が豊富に過ぎる時は反つて沈落等を惹起し易い。然し適當なる工作を施せば最も強固な堰堤を築造することができる。

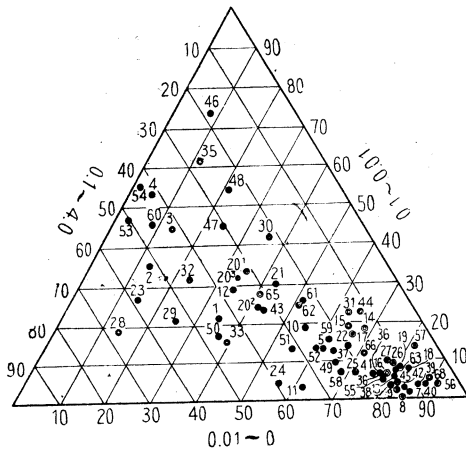
これを地質圖と對照すれば一目瞭然する通り第 3 紀地方には比較的良質土の堰堤が多い。又第 4 紀の洪積層地方では劣等級のものが多いけれども，第 3 紀層と交錯する地方では施工如何によつて安全を保ち得る中等級のものがある。然し沖積層地方は殆ど大部砂土であつて危険極まるものであるが，沈泥又粘土等の沖積せる地方とか，然らざる砂質土でも極端に低い堤高を有する皿地等は夫として問題にならぬ。



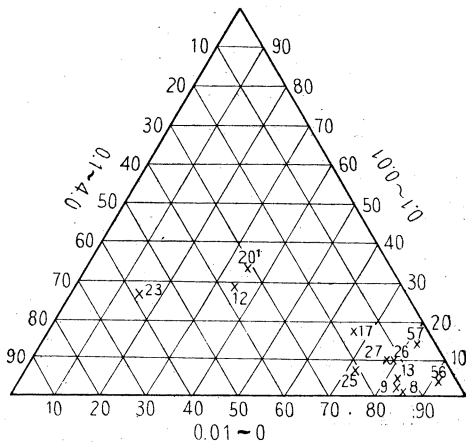
第 15 圖

激震地の大部は (I) の部にあるが故に被害は相當受けたが缺潰に迄到らなかつた。然るに一部 (IV) の部にあつたものが數個缺潰してゐる程堤體土の良否が如實に現はれてゐる。勿論堤體土の良否のみで論ずるのは早計であるが大體の上から烈震，強震地は震度は激震地より小であるが堤體土は (III) (IV) に屬してゐるから被害缺潰が多く烈しいと云ふことができる。

缺潰と土性，土質との關係は著しいものがある。これを一目瞭然たらしめんが爲に粒子の三角座標を作つたのが第 16 圖及第 17 圖である。殊に第 17 圖は缺潰溜池のみを記載したのであるが，調査番號 20, 1



第 16 圖



第 17 圖

12 及び 23 の 3 個を除き残りは全部一隅に集まつてゐる。この一隅は 0.1 耗以上の砂が 66% 以上 0.01 以下の粘質土が 18% 以下の砂質土であるから龜裂又は沈下による缺潰は當然と考へられる。然し前記 3 個は土性も比較的良好なるに缺潰するは土性土質と缺潰とを結び云々するのは的を外れ居るの感が深いけれども次の如き理由を見ればそれも承解されることと思はれる。即ち

12 は底樋管部を昭和二年頃修理盛土したるも工事粗雑で搗き固めも不完全、且つ土質も粗悪で、この部分は全部流失したる故分析は舊堤土である。

20, 1 は底樋管が挫折せる爲め其處より漏水し土砂を流失遂に缺潰に至る。

23 は舊樋管部位置が缺潰したのであつて、此の部分は、大正初年頃改築したるも (12) と同様土質粗悪且つ施工も不充分であつて全部流失したる故他部分の舊堤土 (徳川時代築造) を分析に供した。

樋管部の挫折せる 20, 1 の他は 2 個共後年改修せる盛土部で然も土質、施工劣り流失したる爲め舊堤土の分析によるが故に缺潰とは直接の關係は無いのであるから問題外である。樋管の挫折による所謂パイピングの土砂流失は土質がある程度よくとも危険性のあるもの故止むを得ざることである。

尙これを滲透方面から見れば尙更ら右土質の重大性を痛感する。即ち沈下又は龜裂が原因してこれより滲透し始むれば平素より激しき滲透を始めパイピングの現象及土砂流失を伴ふことは疑を入るゝことはできぬ。本地方の堤體土壤によつて筆者の實驗せるところによれば極密に固めたる場合と粗なる場合とにては其の滲透係数が後者に大であつて前者の約 10 倍より 300 倍であることが實證せられてゐる。若し沈下龜裂によつて生じた堤土が粗なる場合と一脈通ずるところがありとすれば誠に震災溜池は危険極まりのないものである。

本地方震災溜池の堰堤用土の良好なるものと劣悪なるものとの滲透係数を比較すれば後者が大で、兩者極密なる場合にあつても前者の 100 倍乃至 200 倍大なる値を持つ。故に龜裂とか震動によつて前述の如く粗の如くならずとも用土の善悪は、堤體の安否に關する重大事である。筆者は此等滲透係数と土質、土性との關係的研究を詳しく後日發表したい希望を有してゐるが其の一部大要は本調査土壤を基礎として作製した第 18 圖の三角坐標による粒子組成の位置と滲透係数の大さにより判然するものと思ふ。

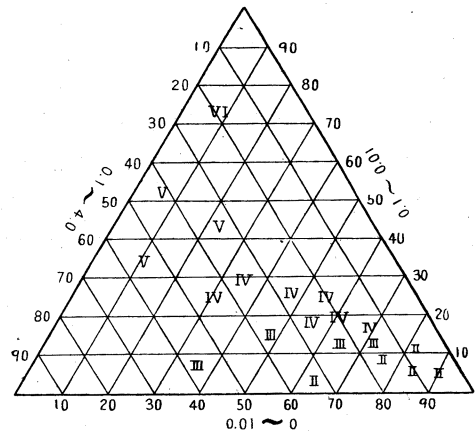
VII. 附屬構造物の被害

震災地方の溜池附屬構造物としては樋管と餘水吐とがある。此の被害調査は概略であるから貯水空虛の季節に精密なる調査をなせばより多數を數へることが出来るものと考へる。

A. 樋管の被害

樋管中堅樋は顛倒によるもの多く挫折は少いに反し、底樋は挫折纔に一個のみであるが其の他堅樋と底

第 18 圖



滲透係数 I = 0.01 cm/sec 以上

II = 0.001 ~ 0.01 cm/sec. III = 0.0001 ~ 0.001

IV = 0.00001 ~ 0.0001 V = 0.000001 ~ 0.0001

VI = 0.000001 以下

樋との接着部の破損もある。被害別にすれば総計 9 個の中

堅樋の倒壊破損 5 底樋挫折 1 堅樋底樋の接着部破損 3

備考 堅樋底樋の接着部其の他は水位が相当高きもの多き爲め観察に困難を來し従つて上記よりも多き見込。

堅樋を有するものの中 尺八即ち斜樋と直立樋との數を示せば、

直立樋の被害率は斜樋の 2 倍強となり

被害が大である。斜樋の中地山に取付け

たるもの 4 個を見たるに最も安全感を深ふした。残 20 個内外の斜樋は堤體に取付けたるものであるが其の中堤體無被害

	計	倒壊破損	底樋との接着部被害	無被害
斜 樋	27	1	1	25
直 立 樋	35	4	2	29
樋管なきもの 不明及其他	8	0	0	8

6 個を除き 14 内外は堤體被害ありしに拘はらず幸に取り立て、云ふべき斜樋の害は見當らなかつた。

総數 70 個の内堅樋の材料別の被害 (倒壊破損) は

堅 樋	鐵 管	ヒューム管	木 材	コンクリート 又は 石材	鐵筋コン クリート	樋管なきもの	不 明	計
被 害	0	0	0	1	1	0	0	5
無 被害	1	1	18	37	2	4	2	65
計	1	1	18	41	3	4	2	70

尚堅樋と底樋との接着部被害 3 個の中堅樋の材料は何れもコンクリートであるが底樋はコンクリート、石材、木材各 1 個の割合であつて前記の被害と同じく堅樋にコンクリート又は石材即ち無鐵筋を採用する場合は充分注意の要がある。

底樋自身の被害は堰堤下に埋設せられたる場合であつて纔に 1 個の挫折があるのみである。其の概況は

底 樋	鐵 管	ヒューム管	木 材	コンクリート 又は 石材	鐵筋コン クリート	トンネル	樋管なきもの	不 明	計
被 害	0	0	0	1	0	0	0	0	1
新 被害	0	1	27	27	3	5	3	3	69
計	0	1	27	28	3	5	3	3	70

底樋材料としてもコンクリートは特に震力を斟酌すべきであつて出來得る限り充分なる鐵筋を挿入するがよい。缺潰溜池の中樋管並舊樋管の位置に於て其の因を發したるもの計 6 個を算するに於ては其の設置位置を等閑に附すべきでなく、且つ地山に墜道を設けたるもの、安全なる見ては其の位置を深慮すべきである。總じて樋管は材料の性質施行方法及び設置位置とが其の安全に特に縁が多い。

B. 餘水吐の被害

餘水吐の被害は龜裂又は卷立工の破損である。次に其の位置卷立工の材料、方式等の別による被害數を掲げる。

	合計	被害	無被害
地山凹所より自然排水	36	1	35
同上、コンクリート張	23	4	19
堅樋上部より排水	1	0	1
餘水吐並取水兼用 (角落し)	2	0	2

同上 (門扉)	1	0	1
堤頂切開き (間知石積)	1	1	0
同上 (土俵止め)	1	0	1
餘水吐なきもの	2	0	0
不明のもの	3	0	0
總計	70	6	59

地山凹所より自然排水をなすものは、凹所に特別保護工、卷立工等を施さず、素地のまゝ又は雑草等の成長せるまゝのものであるが、これに被害1個あるは、上位部溜池の缺潰により流入水の爲め俄に貯水位が昇り、これが爲めに被害を受けたものであつて、純然たる自動的のものでない。地山凹所をコンクリートにて卷立てたるものゝ被害4個はその中2個はコンクリート壁の倒壊他の2個は、龜裂のみである。

堤頂切開き餘水吐は堤體の沁出しに伴ひて法尻に沁落せるものである。

此處にも樋管と同様材料に対する周到なる用意と位置の選擇が問題になつてゐる。

VIII. 結 要

上記を概括すれば次の如くなる。

1. 被害溜池は第3紀層と殊に第4紀層の洪積地帯に屬するものが多い。沖積地帯の皿池は一般に被害が少い。
2. 又土性圖より見るときは、砂壤土地帯に築造せられた溜池は、多く被害を受けてゐる。
3. 第3紀層の粘質土地帯は、震源に近きものと考へらるゝが、此處には缺潰溜池は無く、これより遠き洪積層の砂壤土地帯に、缺潰溜池の大部がある。
4. 溜池の被害は其の附近地貌よりも、地勢上に影響を見出す。平地並山地の溜池は、平地山地の境に比し被害数は非常に少い。缺潰についても同様である。
5. 重ね溜池の上位部のものは、比較的被害程度が大である。缺潰に際しても上位部溜池が下位部の缺潰を誘引することが多い。
6. 築造年次の古いもの程、安全性が多いやうに考へられる。然し尙多くの統計によつて考察せられなくてはならぬ。
7. 堤體の被害態容は略々一定してゐる。
8. 堰堤の方向と震源地及震動の方向とは、被害に對して精確な因果關係は發見されない。むしろ無關係のやうに思はる。
9. 堰堤の高さが大なるにつれ、被害率も比例して大であるやうに考へられる。但し缺潰に對しては、高さに限界があつて、本調査では高さ30尺以上では缺潰がない。
10. 頂幅の大小は、被害には殆ど影響がない。然し缺潰に對しては大いにあるやうに思はれる。
11. 法面の勾配と位置とは、被害、無被害何れに關しても、一概に論ぜられないが、被害の態容については、略々其の關係が明確になる。
12. 犬走りの存在は、被害の擴大を或る程度抑制してゐる觀がある。
13. 羽金即ち鋼土の存在は韌土に相當な被害を與へる結果になることはあるが、缺潰、殊に滲透による

缺潰に對しては、これを防止するか、又は時間的に遅延せしむる安全保證となる。

14. 道路兼用堰堤については、むしろこれが管理維持如何にかゝることが多いやうに思はれる。尙又腰石垣は、その工法に缺くるところあるが故に、被害を受けてゐるかに察せらるゝ。

15. 地震時貯水の満空、高低が堤體被害に多大の影響があることは想像に難くない。然し今回の震災は、融雪の出水を集め、然も稲苗移植期を控へ居る季節とて、程度の差こそあれ何れも略満水位に近く、被害に對する影響の大小を論ずべき差位は發見されなかつた。然し缺潰に對しては、水位の程度の纒なる差が影響してゐるかに思はれる。

16. 堤體の基礎地盤の軟弱なるは勿論、排水不良なるも被害を増大する。

17. 缺潰原因の主なるものは、堤體の龜裂又は沈下によるもの、底樋管の挫折によるもの及上位溜池缺潰の餘波を受けたるもの等に歸することができる。

18. 堰堤被害に對する摩擦力、凝集力の影響は、現場調査では、或る程度の因果關係を求むることができたが、實驗室に持ち來つた調査では、徒勞に歸した。現場調査によれば、無被害堰堤土の摩擦力は、凝集力に比し甚だ大であつた。勿論凝集力も相當以上に強い。

19. 堰堤を形成する土壤の粒子を分析して、堰堤土質分布圖を作製し、地震に對する危険度を、地方的に判定できた。

20. 堰堤土粒子の三角座標を畫けば、被害溜池は粗粒子の部に斷然多いことが明かに判る。又缺潰堰堤は、粘質土を使用したる場合には全然ない。

21. 堰堤土壤の滲透係數は、堤體の安否に大きな關係をもつてゐる。

22. 樋管の中、特に直立樋は震力に對する注意を怠つてはならぬ。底樋の被害は今回の調査には、餘り見受けられなかつた。但し缺潰には、底樋の被害又は舊底樋の設置位置が、原因となつてゐるものがある。

23. 底樋は、堰堤下にあるよりも、地山下にあるのが安全感が深い。

24. 餘水吐の位置も、同じやうなことが云はれる。尙又其の材料についても充分震力を考慮に入れなくてはならぬ。

以上調査の概要を述べたが調査に當り特に感じたるは次の2點である。即ち土堰堤に與へる地震力の影響をテストする際に、石堰堤の如く斷面全體について合力關係を求め、其の安全度を確むるよりも、むしろ先づ部分的に、土壤粒子を主とした集合體を對照とすべきことゝ、尙又從來の農業用溜池の土堰堤及其の附屬構造物の計畫、築造、管理には、震力の考慮が非常に缺けてゐて、經驗にのみ依頼した結果、遺憾ながら被害の度を激しくしたかの感があつたことである。

一地方に大地震の襲ふのは、數十年に1回又はそれ以上に稀れではあるが、其の災害の戰慄すべきを思はば、あらゆる部門から、これが調査研究をなし、對策を講じなくてはならぬ。地震については専門家に任せ置けと云ふが如き無責任極まる態度を排し、各部門より覗き見たる地震につき研究検討してこそ、實際的應用價值が生れて來る。

本調査は不充分的點が非常に多いけれども、今後の地震に對する關心の一端ともなれば、筆者等望外の幸である。

(昭和15年4月 農業土木學會講演會發表)