

講演

第25卷第9號 昭和14年9月

秋田縣下の震災を視察して

(昭和14年6月8日土木學會第82回講演會に於て)

會員 松村 孫治*

1. 緒言

男鹿半島の震災に就きまして高井技師の御報告はその全部を盡してをりますので、私の報告申し上げる餘地は全くないのでありますが、高井技師の御供をして震災地を視察して廻りました義務上簡単に御報告致し度いと思ひます。私の申し上げますのは次の3つの事項に就てあります。即ち

- 1) 激震地域の震度の分布及主要動の方向
- 2) 土木工作物の被害
- 3) 溜池の被害

2. 激震地域の震度分布及主要動の方向

激震地域に於て地震の強さがどの程度であるかと云ふことは、その被害を論ずるに當りまして最も大切なことでありますが、その正確なる測定は又非常に困難でありまして、過去の幾多の地震に於きましても、地震の強さは單に破壊した構造物より推定する程度に過ぎないのであります。

従來地震の強さは地動の最大加速度を用ひまして、震度又は合震度にて示すのが習慣となつてゐます。

α_h = 地動の最大水平加速度

α_v = 地動の最大鉛直加速度

g = 重力の加速度

としますと、震度及合震度は次の如く示されます

震度 (水平震度): $k_h = \frac{\alpha_h}{g}$

鉛直震度: $k_v = \frac{\alpha_v}{g}$

合震度, $K = \frac{\alpha_h}{1 - \alpha_v} = \frac{k_h}{1 - k_v}$

元より構造物の被害を理論的に取り扱ひますには地震動の周期、振幅、型、断続時間等が問題となつて参ります。合震度を測定するには加速度計又は強震計を用ひますが理想的なのですが、現在では全く望みのない方法です。合震度を推定する方法としては a) 顛倒した柱状体、特に墓石の形状の測定、b) 木造家屋の倒潰率より算定、の2方法が従來採用されてをりますので、今回も此の2方法によりまして激震地域の合震度の推定を行ひました。又地震の主要動(最大加速度を與へる震動部分)がどの方向に向つてゐたかは、構造物の被害を論じます際非常に大切な事項で測定する必要があります。墓石が廻転しないで顛倒したものとすれば、其の方向が主要動の振動

* 内務技師 工学士 内務省新京濱國道建設事務所勤務

方向と見做し得るので、顛倒墓石の方向を測定し主要動の振動方向を求めました。表-1 に墓石の顛倒より求めた合震度及墓石の顛倒率を示してあります。本測定は主として内務省仙臺土木出張所幸野技師の行はれたものであります。

表中の合震度は測定地點の墓石より求めた最大合震

表-1. 顛倒墓石より求めた合震度及顛倒率

| 番 號 | 町 村 名 | 合震度 | 顛倒率 | 番 號 | 町 村 名 | 合震度 | 顛倒率 |
|-----|---------|------|------|-----|---------|------|------|
| 1 | 北 浦 町 | 0.40 | 67% | 10 | 五 合 里 村 | 0.41 | 100% |
| 2 | 〃 | 0.36 | 50% | 11 | 〃 | 0.39 | 100% |
| 3 | 男 鹿 中 村 | 0.35 | 47% | 12 | 〃 | 0.40 | 100% |
| 4 | 〃 | 0.40 | 71% | 13 | 〃 | 0.39 | 100% |
| 5 | 船 川 港 町 | 0.41 | 100% | 14 | 〃 | 0.44 | 100% |
| 6 | 〃 | 0.39 | 33% | 15 | 潟 西 村 | 0.40 | 33% |
| 7 | 脇 本 村 | 0.41 | | 16 | 拂 戸 村 | | 44% |
| 8 | 〃 | 0.41 | 75% | 17 | 船 越 町 | 0.34 | |
| 9 | 〃 | 0.47 | 74% | | | | |

度でその番號は夫々 図-1 の地點を示してをります。

地震の主要動の方向を 図-1 に矢印を以て示しました。

表-1 より合震度は激震地域に於ては約 0.4 に達してゐることが分り、可成りの強さであつたと認めなければなりません。今矩形の墓石を採つて、其の高さを H 、底幅を B とすれば地震の方向が墓石の面に直角に作用する時、合震度 K は (1) 式の如く示されます。

$$K = \frac{B}{H} = \frac{k_h}{1 - k_v} \dots\dots\dots(1)$$

(1) 式は墓石の底面が水平なる假定の下に求めたものであります。又顛倒率 100% と云ふのは合震度が表に示した値より大きいことを意味してゐます。是等のことを十分に考慮して表中の數字を御覽なさることを御願致します。更に今回の地震の特長と致しまして、激震地域には非常に大なる鉛直加速度の作用が伴ひました。一般に構造物の種類によつて水平加速度に弱いものと、鉛直加速度に弱いものがあります。(1) 式に示したのは合震度の値で、鉛直加速度の大きい場合は水平震度は K の値より相當小さくなります。今合震度 $K=0.40$ とします時

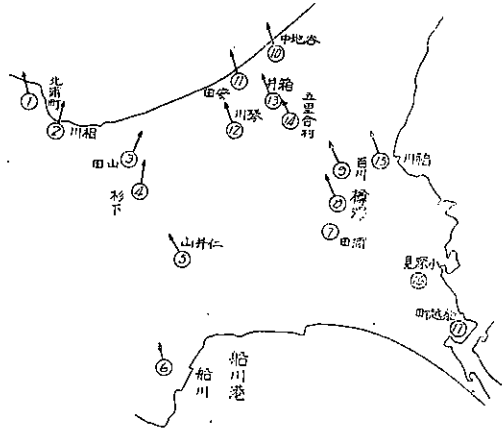
$$\begin{aligned}
 k_h = 2k_v & \quad \text{なれば} & k_h = 0.33 \\
 k_h = k_v & \quad \quad \quad & k_h = 0.28 \\
 k_h = \frac{1}{2}k_v & \quad \quad \quad & k_h = 0.22
 \end{aligned}$$

即ち水平及鉛直加速度の等しい場合には水平震度は僅かに 0.28 に減少します。

図-2 は船川線羽立驛構内にて木材を満載した 8 噸積無蓋貨車の顛覆を示した寫眞であります。此の顛覆した貨車より合震度を計算すれば約 0.36 の値が求められます。然し此の場合、貨車の彈條の影響を考へますと今度の如く著しい上下動の伴ふ時は、小さい水平動により容易に顛倒する危険があります。

図-1 に示してあります主要動の方向即ち矢印の方向は八郎瀧に近き部分は北より少し西に傾き、遠き部分は北より少し東に傾き、全体として見る時は大体北を指してゐることが分ります。

図-1. 主要動の方向分布図



男鹿半島の各町村別の家屋の倒潰率は縣廳の調査により
ますれば、五里合村 53%, 男鹿中村 20%, 船川港町 9%,
拂戸村 7%, 脇本村 4%, 北浦町 5%, 瀧西村 2%, 船越町
3% であります。然しながら同一町村に於きましても部落
によつて被害の差は著しいのでありますから、部落別の家
屋倒潰率を 図-3 及表-2 に示しました。此の數字は東京
帝國大学地震研究所の萩原理学士の調査になつたもので
あります。此の 図-3 を一見して被害の分布を大体推定する
ことが出来ます。

家屋倒潰率と合震度との関係を理論的に求めましたのは
物部博士でありまして、同博士の理論に従つて前記の家屋
倒潰率より合震度を算定し、 図-3 又は表-2 に示しまし
た。此の方法に依りますときは、地方毎の標準耐震力、言ひ
換へますれば全家屋数の 50% が倒潰する地震の合震の大き
(K_0) と標準合震度に近い耐震力を有する家屋の割合を示す常
數(n) とを適當に假定しなければならぬのであります。 K_0
と n の適當な値を定めますことは非常に難かしいのでありま
すが過去の地震に於て使用しました値を參考として、地方状
況に於て假定するのが適當と考へまして、その方法を用ひ
ました。過去の地震に使用した値はどの位かと云ひますに、
濃美地震に於ては $K_0=0.40$, $n=15.9$ 仙北地震に於ては $K_0=$
 0.47 , $n=8$, 關東大地震に於ては $K_0=0.45\sim 0.5$, $n=7\sim 10$ で
あります。今回の地震に於きましては家屋の耐震力の多少の
低いことを考へて $K_0=0.40$, $n=10$ として合震度を計算し、その値を 図-3 及表-2 に示しました。

前記の値は顛倒した墓石
より求めた合震度と近似し
た値を示してゐることが分
ります。安田に於て家屋の
倒潰率 100% に及んでゐる
のは、その構造特に粗悪に
よるもので合震度特に大で
ある結果ではありません。

要するに本地震の合震度
は最大 0.40 に達し鉛直震
度が可成り大であつたこと
が分ります。

図-2. 昭和 14 年 5 月 1 日發生船川線震害状況
羽立驛構内貨車(トム)顛倒の狀態



図-3. 家屋倒潰率及合震度分布圖

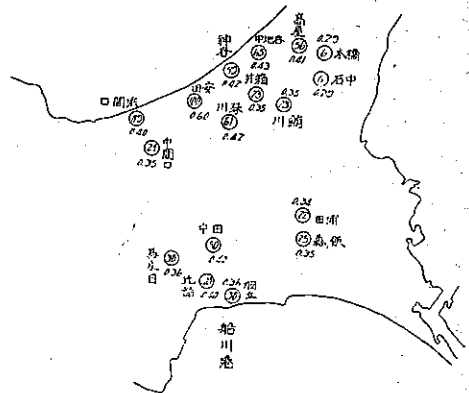


表-2. 家屋倒潰率より求めた合震度

| 町村名 | 部落名 | 倒潰率 | 合震度 | 町村名 | 部落名 | 倒潰率 | 合震度 |
|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|
| 五里合村 | 本橋 | 6% | 0.29 | 男鹿中村 | 濱間口 | 49% | 0.40 |
| " | 石中 | 6% | 0.29 | " | 中間口 | 34% | 0.35 |
| " | 高尾 | 56% | 0.41 | 脇本村 | 浦田 | 22% | 0.34 |
| " | 谷地中 | 65% | 0.43 | " | 飯ノ森 | 25% | 0.35 |
| " | 神谷 | 59% | 0.42 | 船川港町 | 羽立 | 30% | 0.36 |
| " | 箱井 | 23% | 0.35 | " | 比詰 | 48% | 0.40 |
| " | 鮎川 | 23% | 0.35 | " | 田中 | 50% | 0.40 |
| " | 翠川 | 61% | 0.42 | " | 馬庄目 | 30% | 0.36 |
| " | 安田 | 100% | 0.60 | " | " | " | " |

3. 土木工作物の被害

主として内務省所管の土木工作物の被害に就て述べることに致します。

高井技師の述べられた様に本激震地域には比較的文化的設備が乏しく、従つて土木工作物として目星しいものが殆どなく、特に語るべき被害は船川港及土崎港の岸壁の被害だけではありますが、一般の地震に比較しましてはその被害も著しいとは云へない程度であります。

1. 道路及橋梁 道路は到る所路面の龜裂、沈下、法面の崩潰、土留石垣の破壊等が生じまして、復舊を要します被害箇所は縣工事に於て 176 ケ所、町村工事に於て 96 ケ所の多きに及んでゐます。縣道等の重要路線に於きまして著しい震害を被りましたのは茶臼峠（船越町と船川間）、船川町及北浦町に夫々 1 ケ所づゝありまして圖-4 に示してあります。茶臼峠は切取法面の崩潰によりまして道路の埋没の爲に交通絶了したのでありましたが 5 月 8 日には既に交通可能でありました。船川町のは断層に沿つて崖地が大崩潰して生じたもので、8 日に漸く自動車が行き得る程度でありました。北浦町の縣道は築造中のものでありまして、圖-4 に示す如く地滑りの爲に陥没が生じまして、殆ど復舊困難なる程度の大被害を受けました。

圖-4 (1). 茶臼峠の崩潰



圖-4 (2). 船川町人口の大崩壊

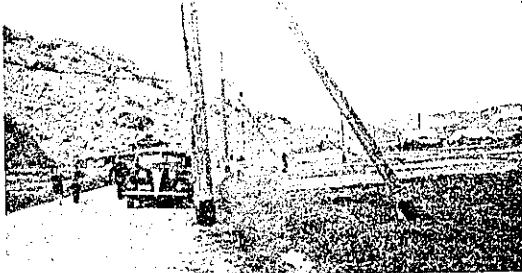


圖-4 (3). 北浦町の崩壊平坦なるは縣道



自動車が行き得る程度でありました。北浦町の縣道は築造中のものでありまして、圖-4 に示す如く地滑りの爲に陥没が生じまして、殆ど復舊困難なる程度の大被害を受けました。

圖-4 (4). 國道 5 號線大久保附近の盛土箇所



圖-4 (5). 八龍橋の取付箇所



先に述べました様に本地震は著しい上下動が伴いました當然の結果と致しまして、道路等の土の築造物は著しい被害を受けました。激震地域全体に亘りまして田、沼等に盛土しました道路はその盛土高僅かに1m内外のものでも殆ど龜裂、沈下、法崩れ等が生じましたが、かかる被害は復舊が容易でありまして8日には完全に交通の用に供されてゐました。図-4(4)は国道5號線の大久保附近の盛土の沈下を示しましたもので、盛土は約1mにて昭和12年の竣功であります。図-4(5)は八龍橋の取付道路の石垣の破壊による路面の龜裂を示してあります。

斯くの如く道路の被害の著しいにも拘らず、橋梁の被害は極めて僅少であつて縣工事にて17ヶ所、町村工事にて5ヶ所、その被害も殆ど袖石垣崩潰、取付道路の沈下等でありまして、橋臺に龜裂を生じましたものが1,2あつただけで、橋体そのものゝ被害は絶無と云つてよい程度でありました。元より橋梁として見るべきものは船越町の八龍橋のみにて、鉄筋コンクリート桁橋も2,3存在するだけで多くは木橋の而も土橋であります。土橋は少しの水平動にても容易に鏝がはずれ、又水平移動を起すことは過去の地震の經驗からも明かでありましたが、かく被害の小であつたのは水平震度が小であつた結果と考へるより外ありません。

2. 船川港 船川港は5426000円の豫算にて明治44年に起工し、昭和5年の竣工であります。図-5(a)に一般平面図を示しました。被害は主として岸壁の部分にて、他部分には殆どありません。岸壁は何れもコンクリート塊積にて、各塊の高さは6呎、緊船主壁にのみ割栗石の裏込を使用してあります。主壁及壁頭にはコンクリート鋪裝が施工されてあります。緊船主壁、頭壁及裏壁の構造は図-5(c)に示してあります。基礎は主として岩盤にて非常に良好であります。

図-5(a).

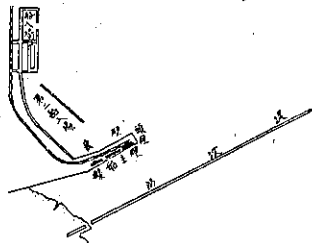


図-5(b).

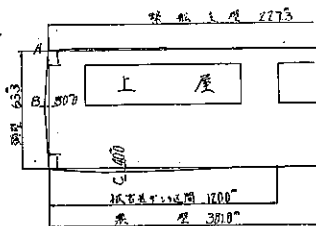


図-5(c).

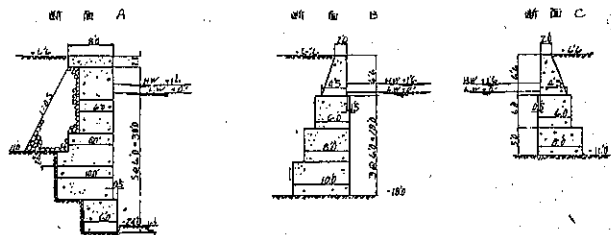
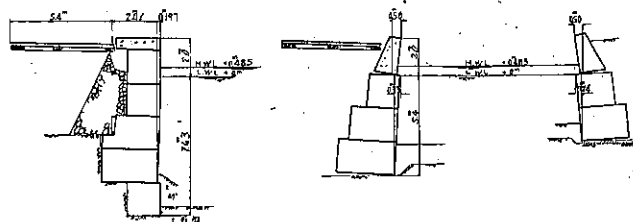


図-5(d).



被害は主として岸壁の前方への傾斜と裏込土砂の揺り下り沈下の2つでありまして、壁の頭部の水平移動は図-5(b)に示す如く最大50cmに及んであります。壁頭の水平移動は全く各塊の前方への傾斜の結果でありまして、潜水夫にて調査した結果も滑動による移動は見受けられませんでした。緊船主壁のA、壁頭のB及裏壁のC断面の地震による被害を、図-5(d)に示した。裏込土砂の沈下の爲にコンクリート鋪裝も共に沈下し、その沈下量は最大50cmの大きさに及んである個所もあります(図-6参照)。

裏込土砂の沈下は岸壁の前方への傾斜による爲よりも、寧ろ著しい上下動の爲の揺り下りに原因するものと考へ

られます。

裏込土砂の沈下の結果上屋も土臺に龜裂生じ、柱は傾斜する等の被害を受けました。船川港には油のタンクが澤山ありますが、送油管がタンクとの取付個所にて可成りの被害を受け、槽中の油の流出による損害を受けました。

土崎港：土崎港は昭和3年秋田縣にて起業したのですが、昭和4年國にて直轄施工することになり、總豫算2070000円にて目下施行中にて昭和14年度には完成する豫定であります。

図-7は港の平面図の主として震害を受けた部分を示したものでありまして、震害を受けたのは第二種岸壁、第二種物揚場及工事中の第一種岸壁であります。突堤の先端も多少被害を受けましたが大したものではありませんでした。

第一種岸壁の構造は図-8(a)に示す如く鉄矢板(製鉄所IV型鋼矢板)長13.5mのものを打ち込み、錨定罫(φ60mm×15.85m)にて錨定板に連結したもので錨定板は

3.00×1.5×0.5mの大きさのコンクリート製であります。震害は錨定板を支持する土の受働土圧力の不十分の爲に、錨定板が移動し、同時に矢板が前方へ傾斜した爲であります(図-10)。第一種岸壁の全延長227m中約

150mの部分に被害を受け、頭部の最大水平移動は0.70mに及んでみませんが、錨定罫は全く切断されてみませんでした。図-9に各断面の鋼矢板の移動を示しました。此の部分は目下工事施工中であります(裏込土砂吹上中)。岸壁の方向は殆ど南北に直角であつて、顛倒墓石より求めた地震の主要動の方向も亦略南北であつて最も震害を受け易い方向にあります。

第二種岸壁(竣工部分)の構造は図-8(b)に示します如く第一種岸壁と全く同様に、鋼矢板(製鉄所IIa)及製鉄所II型長さ9.5mのものを打ち込み、錨定罫(φ50mm×10.60m)にて錨定板に連結したもので、

図-6. 船川港繫船壁の舗装コンクリート版の沈下

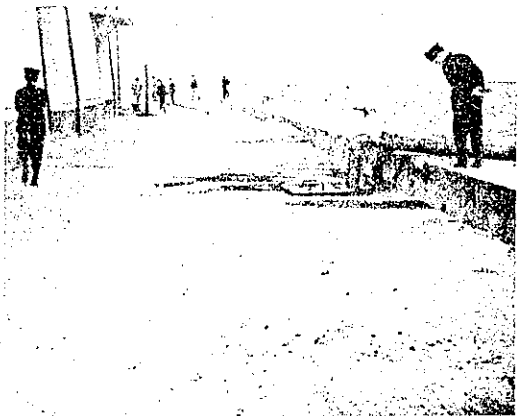


図-7. 土崎港の平面図

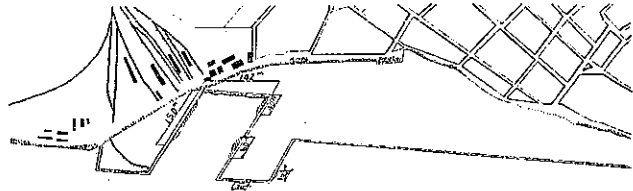


図-8(a). 第一種岸壁横断面図(水深7.6m)

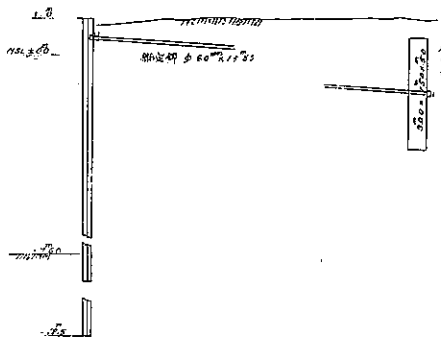


図-8(b). 第二種岸壁横断面図(水深4.6m)

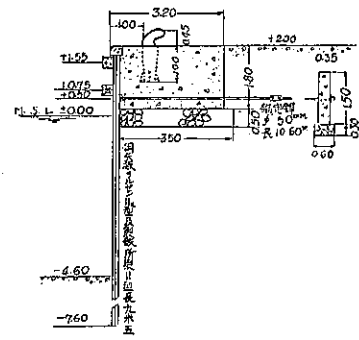


図-8(c). 第二種物揚場横断面図(水深3m)

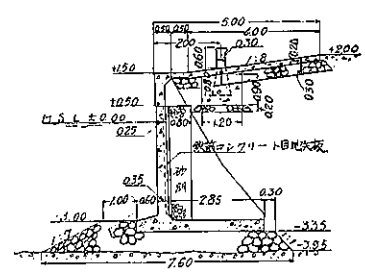
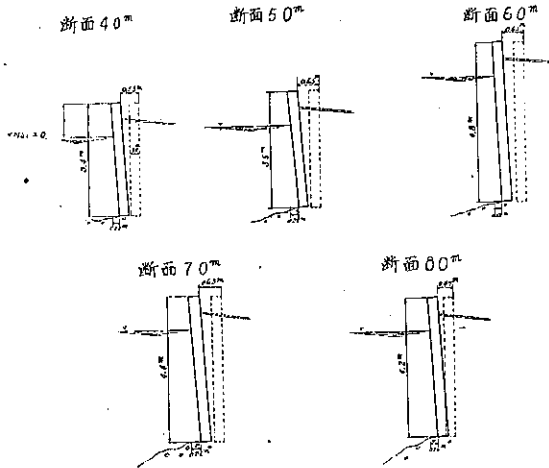


図-9. 第一種岸壁の地震による移動
(實線……地震後の位置)

7.6 m 岸壁鉄矢板横断面図



錨定板の大きさは高さ 1.50 m, 厚さ 0.35 m のコンクリート製であります。震害は第一種岸壁と同様に矢板が前方に傾斜した爲でありまして、頭部の最大移動は 100 m に及んで

みます(図-11)。被害を受けたのは全延長 627 m, 中 150 m の部分にて、第二種物揚場と連結してゐる隅の部分が特に甚だしい移動を爲し、他の部分の移動の大きさは小さくありまして 図-12 に各断面目の鉄矢板の地震後の位置を示しました。地震の主要動に略直角なる方向と、然らざる方向との被害の程度を比較しますと、全延長に對する被害の部分の割合は前者は 32%, 後者 25% にて南北に直角に向つてゐる岸壁の部分が被害大であります。

最も被害を多く受けたのは水深 3 m の第二種物揚場であります。構造は 図-8 (c) に示す様に捨石上に L-型擁壁を据置けるもので、地表にはコンクリート舗装が施工されてあります。長さ 142 m 全体に互つて擁壁が全部前方に滑動すると同時に傾斜を爲して、その頭部の水平移動は最大 1.50 m に及んで舗装も前方に引きずられ同時に相當の龜裂

図-10. 第一種岸壁の被害

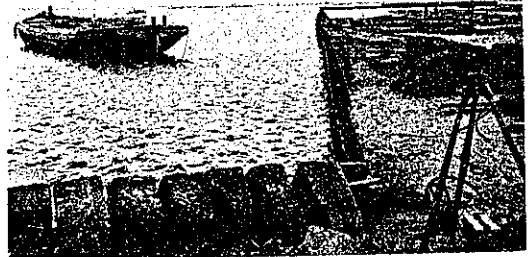


図-11. 第二種岸壁の被害

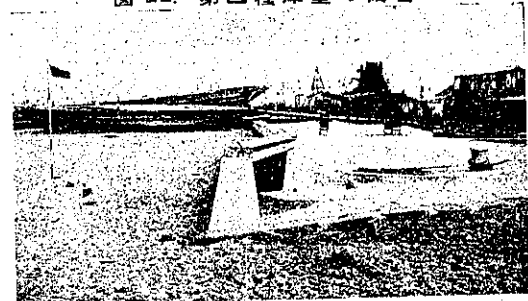


図-12. 第二種岸壁の地震による移動

4.6 m 岸壁鉄矢板横断面図 3 米物揚場取付を零とす
(實線……地震後の位置)

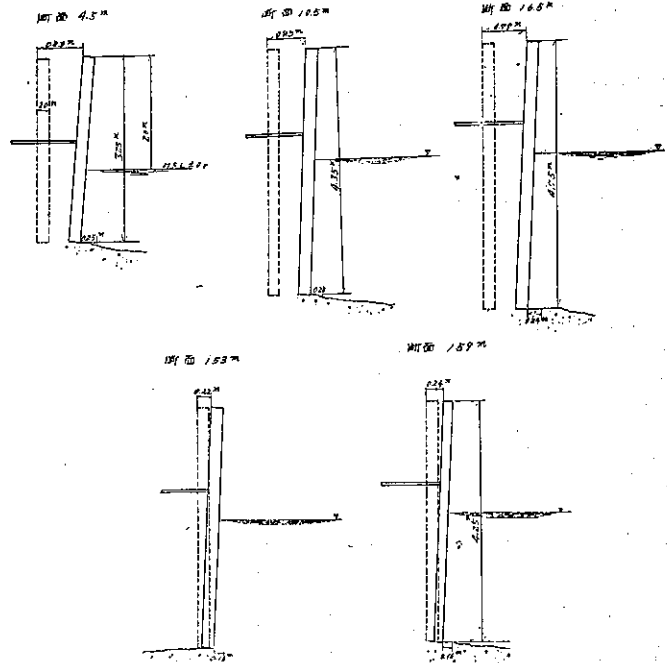


図-13. 第二種物揚場の被害

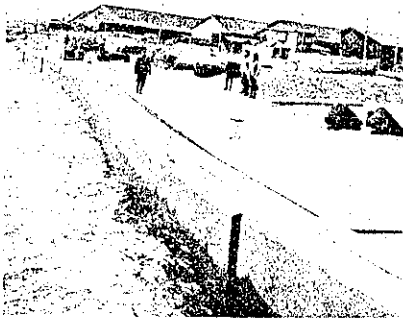
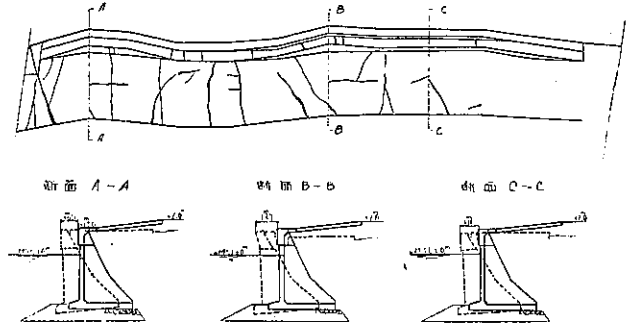


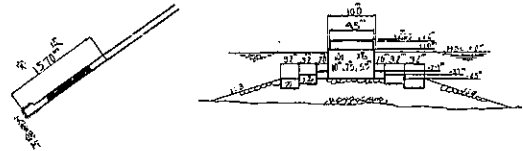
図-14. 第二種物揚物の水平移動擁壁の移動及舗装版の龜裂
(點線…地震後の位置)
3 m 物揚場災害図



が生じました。図-13, 14 に水平移動, 舗装の龜裂の分布及 2, 3 の断面の地震後の形状を示しました。本物揚場の方向が略南北に平行してゐるに拘らず, 震害の甚大であつたのは, 本構造が矢板に比して耐震性の乏しい點と, 鉛直震度の大である結果, 捨石基礎の支持力不十分による爲ではないかと考へられます。

突堤は先端の部分のみが震害を受けたのでありますが 図-15 に示す如く, 方塊の移動した程度であります。

図-15. 突堤の被害



4. 溜池の震害

當地方は水の極めて乏しい地方でありまして, 灌漑用の溜池が非常に澤山あります。伊豆丹那地震の時, 修善寺の遊園池が決潰して 20 餘名の死者を出した惨害の跡を見ましたので, 今回の地震に於て溜池の被害を専門外ではありますが, 堤防の震害の一参考にとも思つて見て廻りました。

激震地域の溜池の總數は不明であります, 被害を受けた溜池數は秋田縣耕地課の調査に依りますと, 南秋田郡 39 ヶ所, 山本郡 10 ヶ所, 町村別ですと北浦町 8 ヶ所, 脇本村 5 ヶ所, 南磯村 1 ヶ所, 戸賀村 4 ヶ所, 男鹿中村 15 ヶ所, 五里合村 6 ヶ所 (以上南秋田郡), 鹿渡村 1 ヶ所, 柳村 2 ヶ所, 浅内村 6 ヶ所, 金岡村 1 ヶ所。其の内決潰したものは大保田溜池 (脇本村), 大澤溜池, 今澤溜池 (五里合村中石), 成合溜池 (浅内村) にて其の他は不明であります。

著者の調査したのは男溜街道に沿つてゐる山際側の溜池に就てあります。此の街道に沿つて比較的溜池の數が多かつたこと, 昔の断層に沿つてゐるを以て震害が比較的大なるとの 2 つの理由によつたのであります。調査した溜池數は 14 個, その内にて復舊せずに使用し得るものは 6 個にて, 残りの 8 個は震害の爲に復舊工事を施工しなければ使用に堪えないものであります。

是等の被害を受けた溜池の堤の横断面を 図-16 に示しました。図より法はいづれも 2 割以上の急勾配であることが分ります。

堤高の大きい成合堤, 延命堤及丸森堤の被害状況を簡単に説明致します。

成合堤は山本郡浅内村にあつて, 上, 中及下の 3 つの堤よりなつてゐます。その内最高なのは上流のものが高さ

約 5.5 m 法勾配は上流 1.5 割, 下流 2.0 割で餘水吐の設備はありませんが, 心壁はありません。中及下流の堤は高さが小さくあります。上流の堤が決潰し, 爲に中及下流も決潰して, 下流にあつた國道に著しい被害を及ぼした。本堤は古より存在したものでありますが, 最近に腹付け及餘水吐の設備を致しました (圖-20 参照)。

延命堤は脇本村にあつて高さ 8.2 m 法勾配は下流 2 割, 上流 1.8 割で, 今回調査した内で最高のものであります。被害は主として下流中央部の法崩れで, その部分は常に水の滲出した疑があります。

此の部分は 23. m 位の杭を打つて竹柵にて法の滑り落ちるのを止めてありまして, 大体竹柵は三段に設けてありました。上流の法崩れは僅少で水際に起つてをりました。先に述べました様に下流面には水が滲み出てをりまして, 元より心壁はありません (圖-20 参照)。丸森堤は脇本村にありまして高さは 6.3 m, 法勾配は上流 1.8 割, 下流 2.0 割であつて昭和 13 年 5 月の竣工であります。堤は大体南北に沿つてみますが, 基礎が沼地であつた爲と, 盛土後餘り年數が経過してゐない爲, 沈下と同時に堤に沿つて龜裂が多數生じました。その状況を圖-19 に示しました。最近の施工になるを以て心壁の設けがあります。圖-20 に被害を受けた溜池の寫眞を示しました。

最後に今回の調査に當りまして種々の資料を下さつた秋田縣の内藤

圖-16. 各堤の横断面

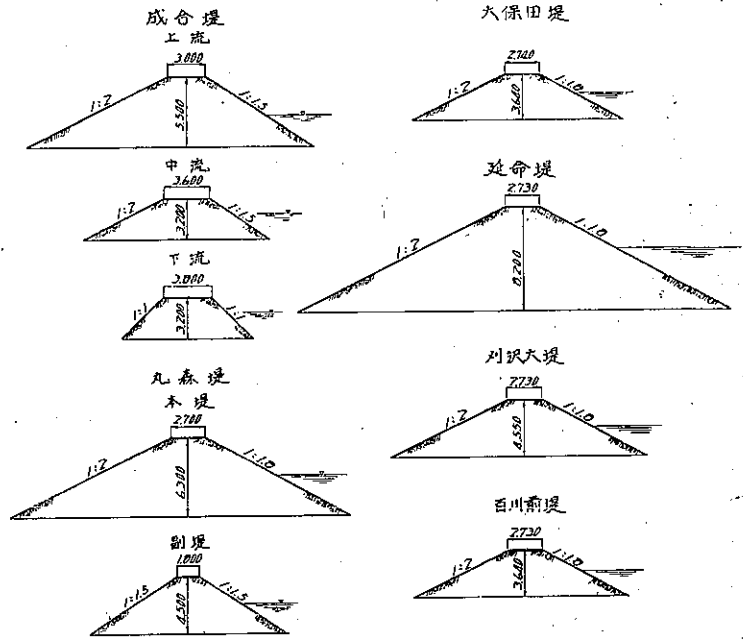


圖-17. 成合堤の決潰断面

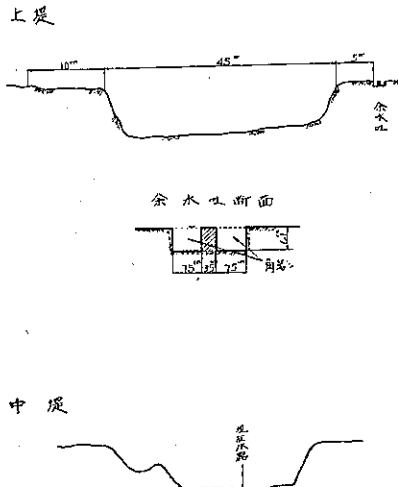


圖-18. 延命堤の被害図
平面圖

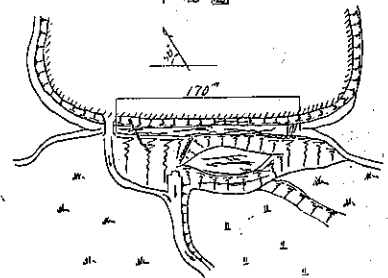


圖-19. 脇本村丸森堤の被害状況

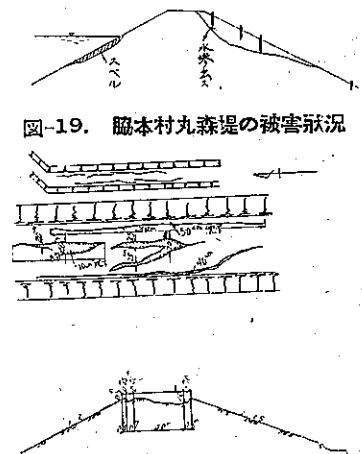


図-20(1). 成合堤上流堤

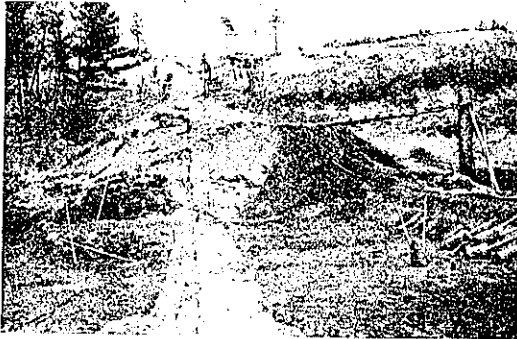


図-20(2). 成合堤中流堤



図-20(3). 成合堤下流堤

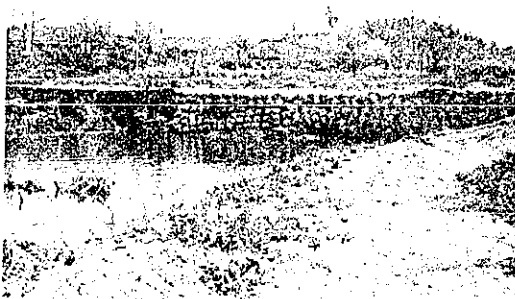


図-20(4). 延命堤(下流より崩潰部を望む)



図-20(5). 延命堤(崩潰部を横より望む)

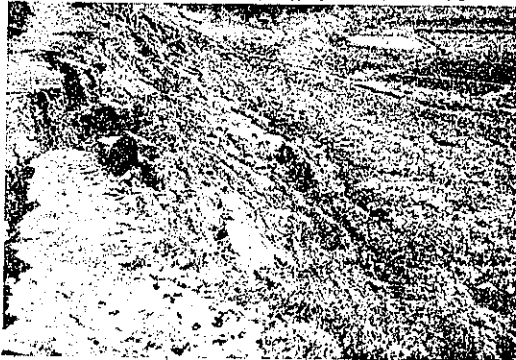


図-20(6). 丸森堤(中央は沈下してゐる)



図-20(7). 大保田堤の決潰箇所



図-20(8). 刈澤大堤



図-20 (9). 百川堤 (取付暗渠の修理)



図-20 (10). 今澤溜池 (決壊)



図-20 (11). 大澤溜池 (決壊)



図-20 (12). 高屋堤 (道路に使用す)



図-20 (13). 菅の澤堤



技師, 中山技師, 内務省仙臺土木張所の和里田技師,
幸野技師に厚く御禮を申し上げたいと思ひます。