

八郎潟干拓地における 地盤振動の基礎調査

(第三報)

(男鹿沖地震と1968年十勝沖地震の震害の比較について)

西 城 忠 泰

I. 緒 言

筆者は、昭和40年より八郎潟干拓地の地盤振動の基礎^{3),4),5),6)}調査を、主として常時微動の立場から行って居る。

昭和42年度分については未だ整理中のものもあるが、これまでに得られた資料を基にして、男鹿沖地震と1968年十勝沖地震による堤防等の震害を比較考察したので、以下報告する。

II. 1968年十勝沖地震の震害

昭和43年5月16日9時49分東北地方北部、北海道に大きな被害を及ぼした十勝沖地震は、秋田地方気象台で震度Ⅳ、秋田県下でも土砂くずれ、建物倒壊等多数の被害を発生した。八郎潟干拓地においては、中央干拓正面堤防が約500m (FD7+130~PD7+670附近)にわたって震害を受け、堤防の一部は沈下し、干陸地や道路には大きな地割れを生じた。

写真1~写真12に震害状況の一部を示した。

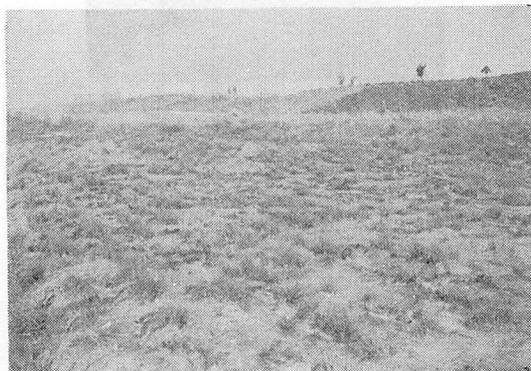


写真1 堤防の沈下したところ
(FD+140附近)



写真2 干陸地の地割れ



写真3 堤防の亀裂



写真4 堤防の沈下と亀裂 (FD+140附近)

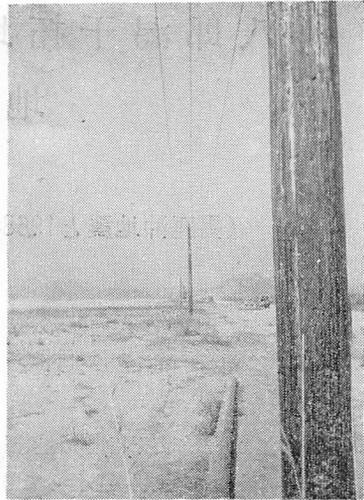


写真7 地震で列の乱された電柱
(前方より2番目と3番目の電柱が重さな
って居るが、この線上にあった電柱が写真の
ように乱された)



写真5 堤防の沈下と亀裂 (FD+550附近)

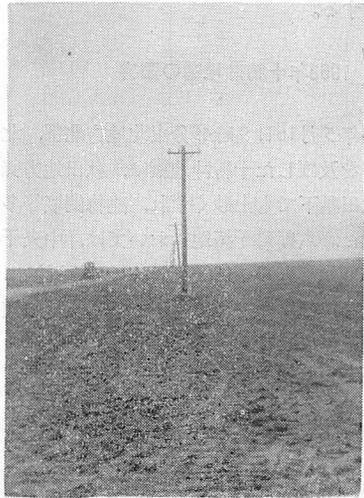


写真8 地震で列の乱された電柱

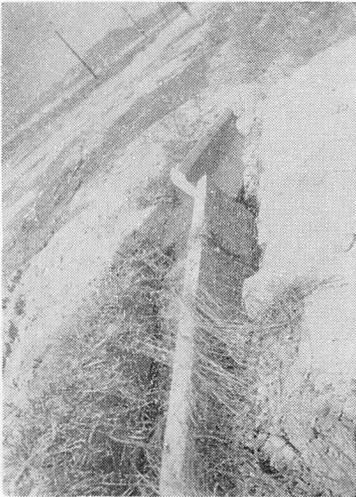


写真6 破壊されたコンクリート溝

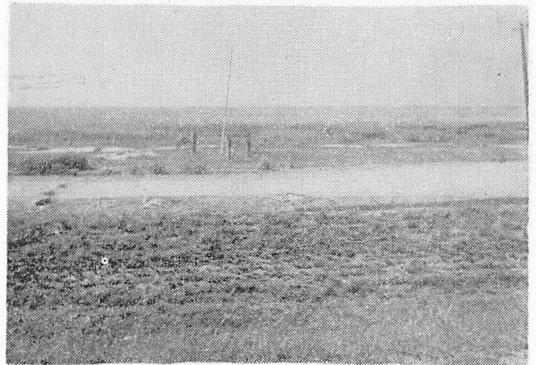


写真9 道路の地割れ
(道路に直角方向の地割れ)

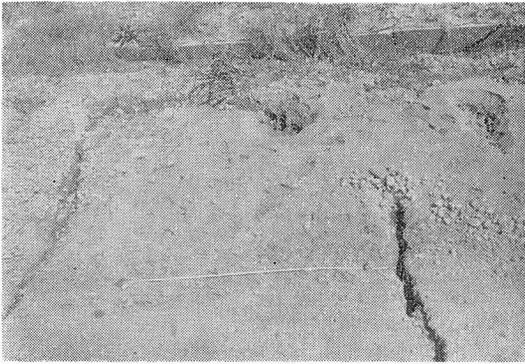


写真10 道路の地割れと噴砂したところ

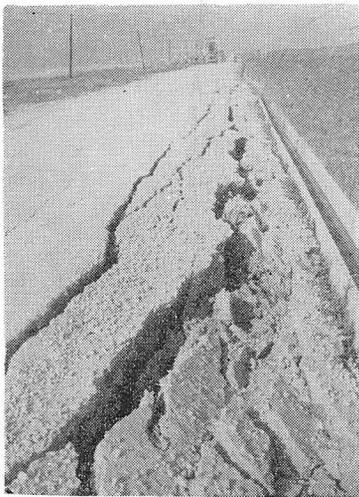
写真11 道路の地割れ
(道路に平行な方向の地割れ)

写真12 道路の地割れ

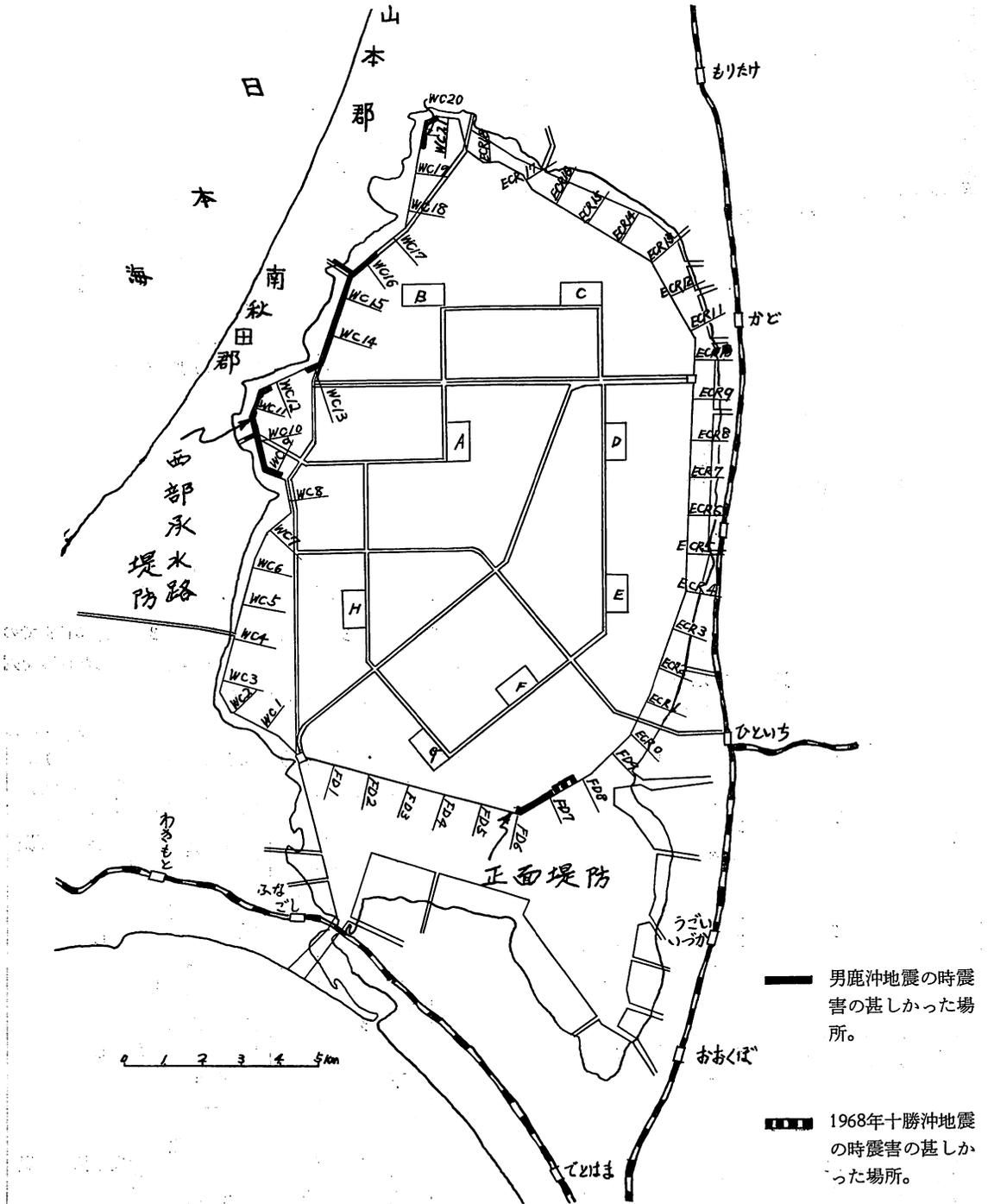
Ⅲ. 男鹿沖地震と十勝沖地震との震害の比較

まず、昭和39年5月7日から昭和43年5月16日までの間に、秋田地方気象台が震度Ⅳ以上と発表した地震を列記すると、次の表ようになる。

名称	年月日	震源の位置及び深さ	マグニチュード	震度 (秋田地方気象台)	振巾 (秋田地方気象台)	方向及び震央距離	八郎潟で震害を受けた主なる場所
男鹿沖地震	昭和39年 5月7日	N 40.3° E 139.0° D 0km	6.9	Ⅳ	南北動 MX 16.8mm 東西動 MX 18.8mm 上下動 MX 8.4mm	八郎潟西北 西方 約 140km	中央干拓西部承 水路堤防 中央干拓正面堤 防
新潟地震	昭和39年 6月16日	N 38.8° E 139.2° D 40km	7.5	Ⅳ	南北動 MX 20.5mm 東西動 MX 20.2mm 上下動 MX 10.5mm	八郎潟西南 西方 約 195km	なし
男鹿半島 沖地震	昭和39年 12月11日	N 40.4° E 138.9° D 60km	6.5	Ⅳ	南北動 MX 3.75mm 東西動 MX 4.60mm 上下動 MX 2.15mm	八郎潟西北 西方 約 140km	なし
1968年 十勝沖 地震	昭和43年 5月16日	N 40.9° E 144.1° D 40km	7.8	Ⅳ	南北動 MXスケ ールアウト (40mm以上) 東西動 MXスケ ール アウト(40mm以上) 上下動 MX 32.0mm	八郎潟東北 東方 約 370km	中央干拓正面堤 防

これらの地震の内、八郎潟干拓地に震害を与えたのは男鹿沖地震と十勝沖地震であるが、両者による震害の起

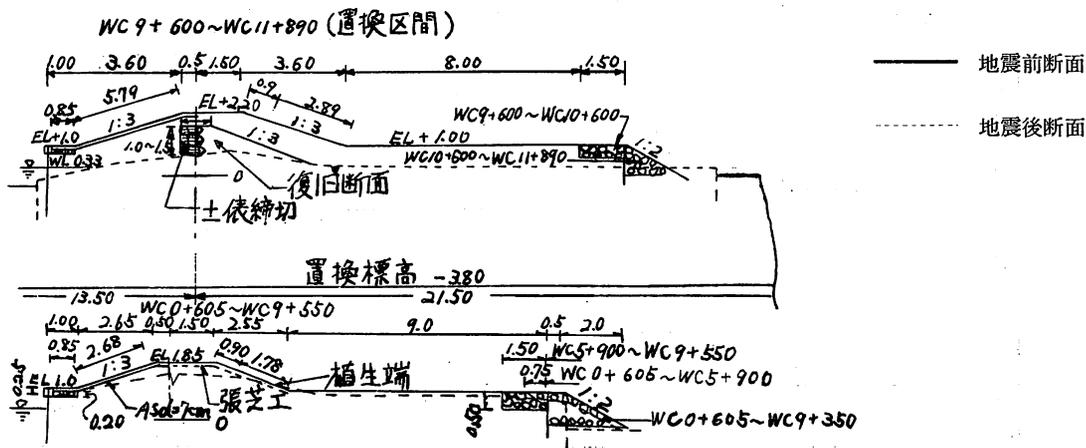
った場所が異なるので、これを第1図に示す。



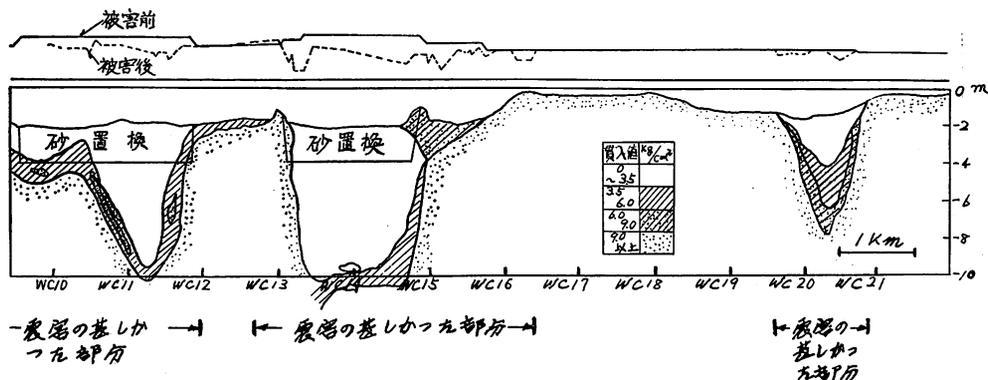
第1図 震害場所の比較図

尚，男鹿沖地震の際の少々詳細な震害状況を，西部承水路堤防については第2図，第3図に，正面堤防につい

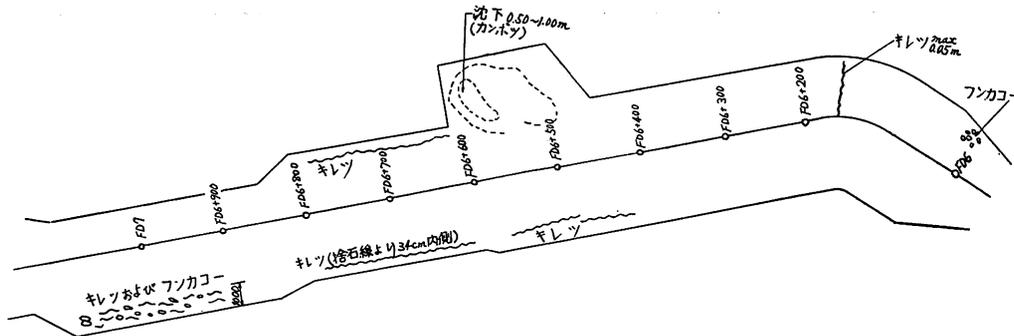
ては第4図～第6図に示してある。



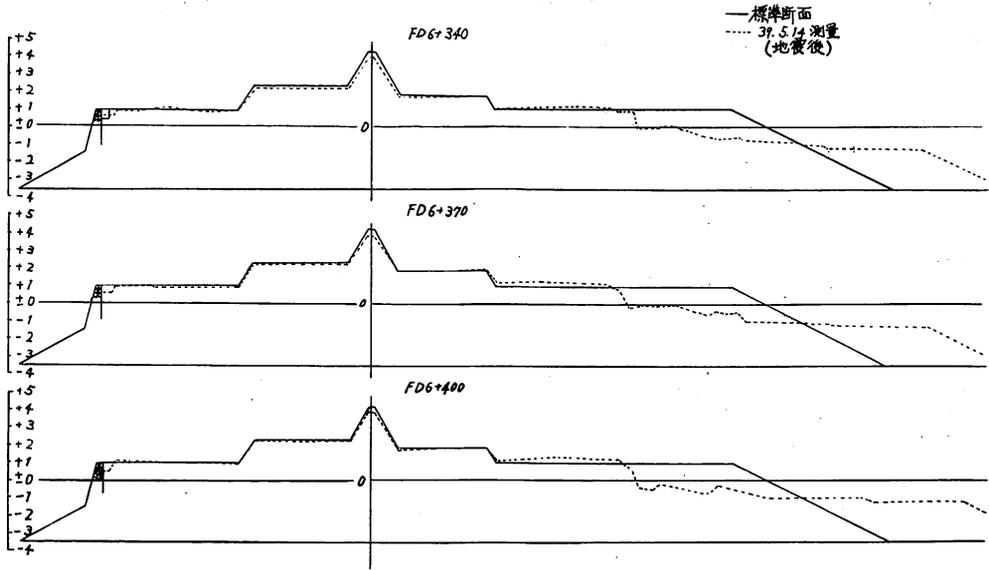
第2図 西部承水路堤防横断面



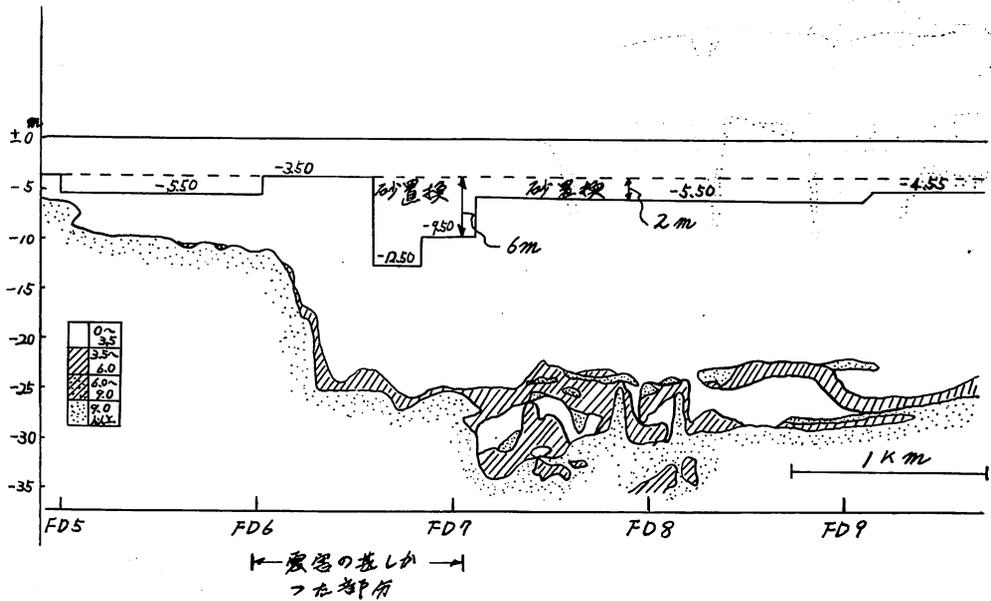
第3図 西部承水路縦断面



第4図 正面堤地震害図

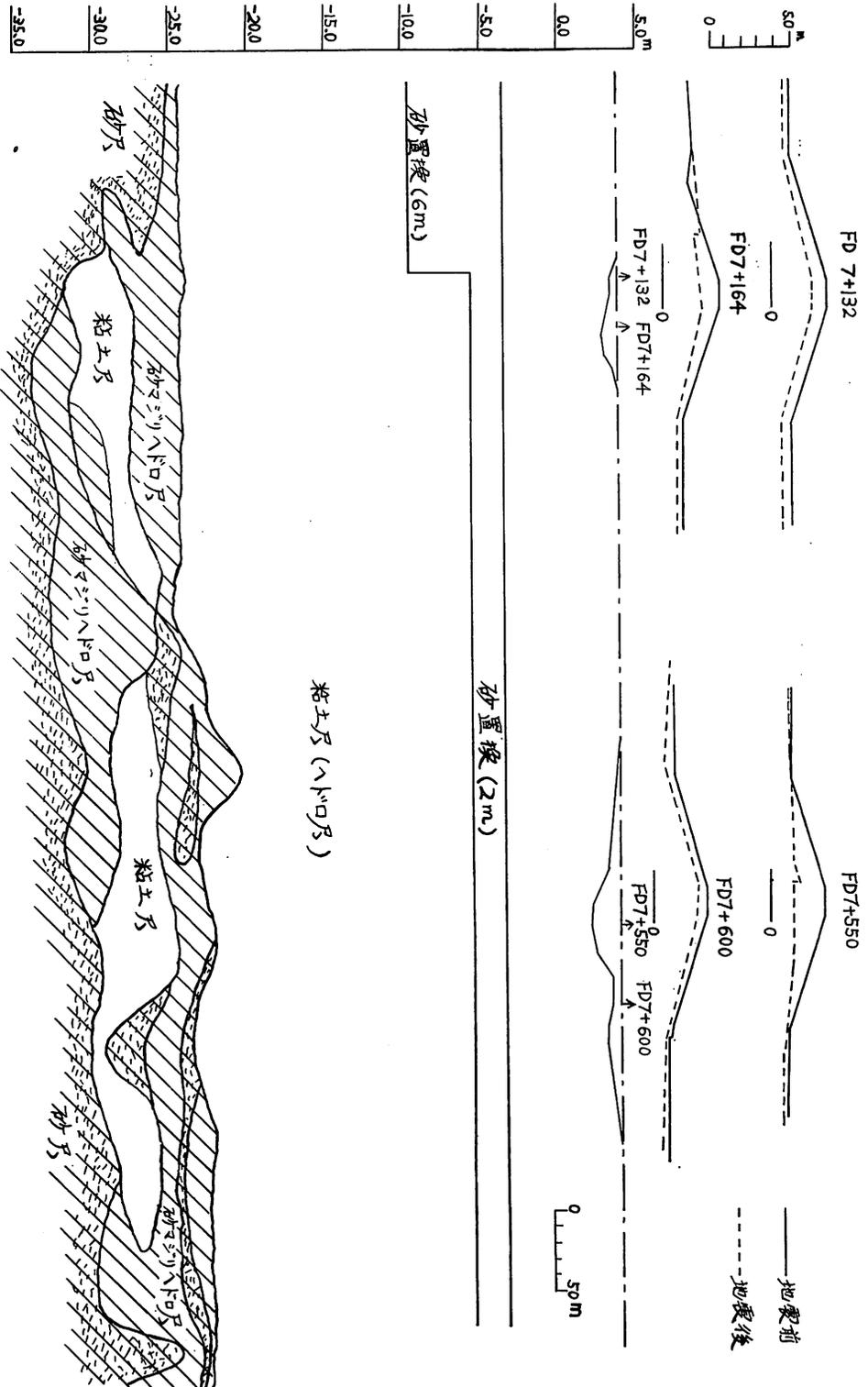


第5図 正面堤防横断面図

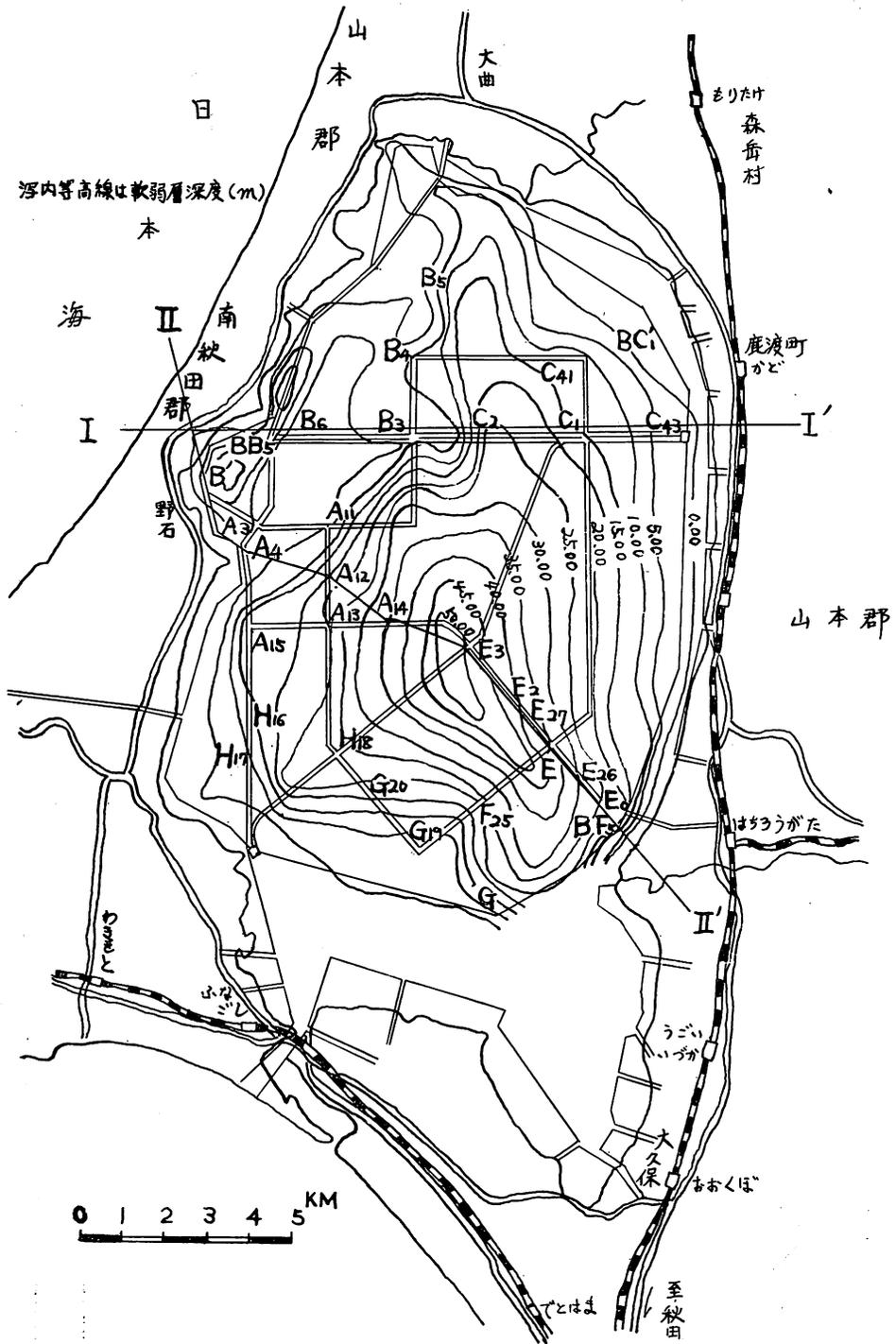


第6図 正面堤防縦断面図

第7図は今回の十勝沖地震による正面堤防の震害状況である。



第7図 正面堤防横断及び縦断面図



第8図 軟弱層深度及び常時微動の測定場所

Ⅳ. 男鹿沖地震と十勝沖地震との 震害の相違に対する考察

一般に知られるように、構造物に対する地震力の作用は、鉛直（重力）方向にはそれほど大きくはない。堤防などの構造物もこの方向の地震力は、その見掛けの重量が増減したということになるだけで、考えて良いであろう。多く耐震規定にみられるように、主なる関心は、もっぱら水平方向の地震力について払われている。

震源から放出された地震波は、その伝播の途中の媒質に従って本来の形をかえながら伝わってくるが、一般に地表から深いほど速度が大きくなっているため地表附近ではP波は上下方向に、S波は水平方向に近くなっている。事実、従来の震害の多くは、S波を考えることによって説明されると云われている。

われわれにとって重大な関心事である地震波の地表附近における挙動は、その地盤構造によって著しく相違するものであるから、秋田地方気象台における地震記録をもって、八郎潟干拓地の地震動を推定することはあまり適当ではないが、二つの地震の震害を比較する目安として、この記録を考慮しても良からうと思われる。

気象台における1倍強震計の記録は表から知られるように、同じく震度Ⅳでもその最大振幅としては水平動、上下動共十勝沖地震の方が男鹿沖地震の約3倍程度になっていることを示している。このことから考えて八郎潟干拓地においても、十勝沖地震の場合はその地震動の振幅

が大きかったものと考えられる。

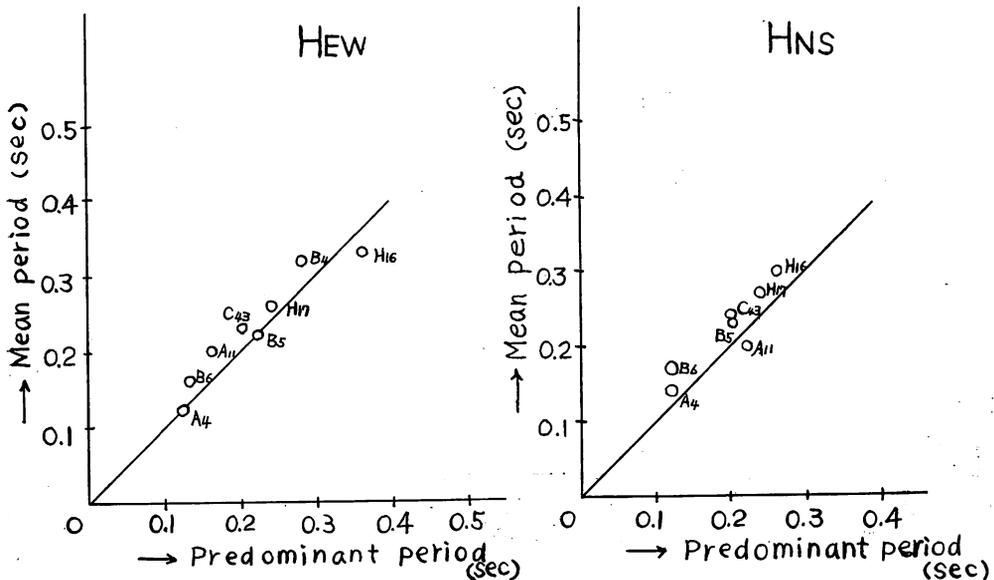
ここで当然、地震動の卓越周期が問題になるが（気象台では両地震の周期も発表しているが、これは最大振幅のところの周期であるから、震害の比較の考慮には入れなかった。）、両者の震央距離が一方は約140kmで他方は約370kmであることから、十勝沖地震の卓越周期が長いことが推定される。

つまりおおまかに、八郎潟における地震動は男鹿沖地震に比較して十勝沖地震の方が振幅も大きく、卓越周期も長かったと云えよう。

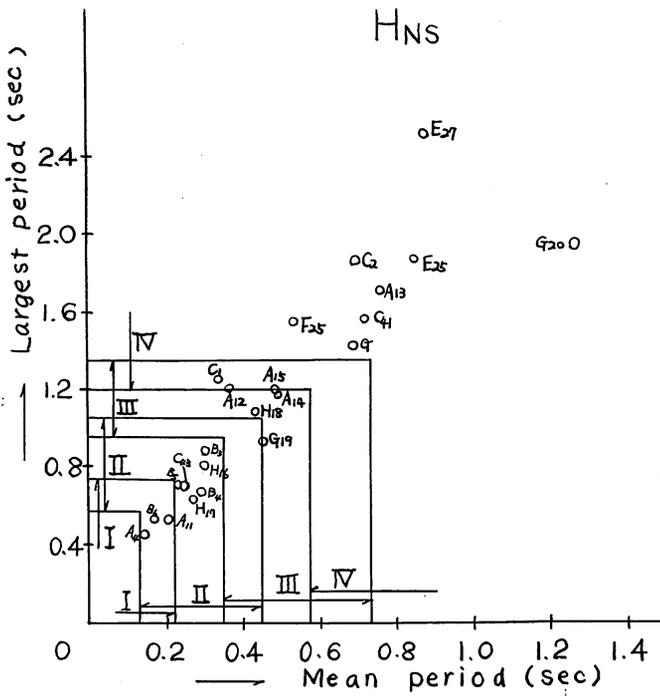
以上のような地震動の挙動の特徴から、両地震の震害の相違を比較考察するのであるが、Kanai, Tanaka and Others (1966) は、東南海、福井、新潟の震害をうけた地区で行なった観測結果と震害との関係を調べ、震害が不同沈下、共振で説明できること、あらゆる震害で、常時微動の卓越周期が0.4秒ぐらいの区域で最大となっていること、そして頻度曲線が非常に鋭い区域で震害率が非常に小さいことなどをたしかめているが、この点をも参考にしながら議論を進めることにする。

今回震害の甚しかったFD+130からFD+670附近は第8図の軟弱層深度図からも解るように、堤防が作られている場所としては、軟弱層が最も厚い（約25m~30m位）ところであり、又第6、7図に示されているように地下構造も極めて複雑な部分である。

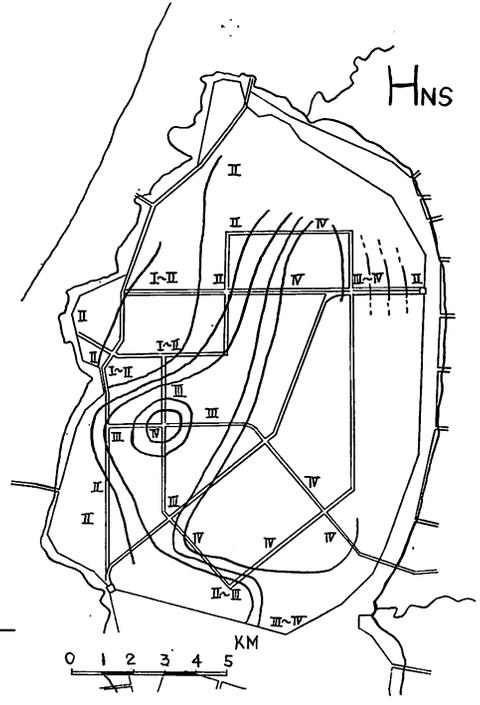
軟弱層が厚く、地下構造の複雑なところが震害を受けやすいことは、男鹿沖地震の際の西部承水路堤防の場合



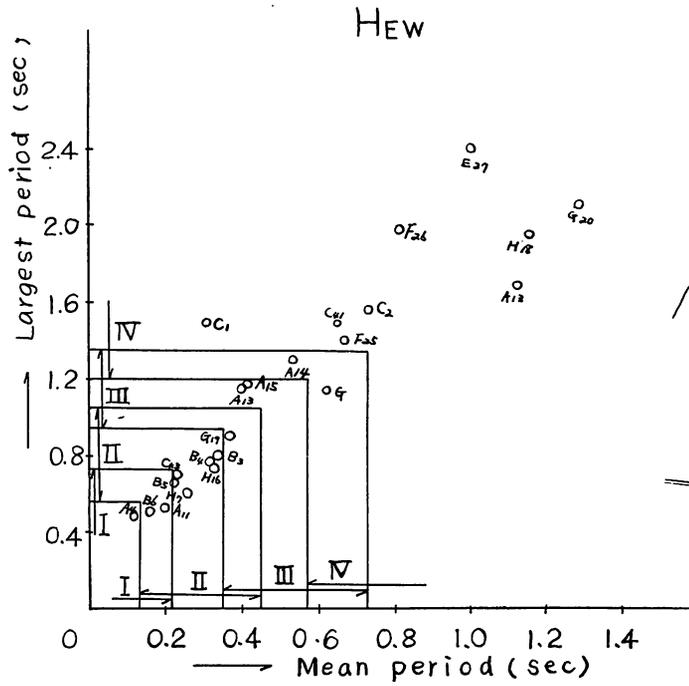
第9図 常時微動の卓越周期と平均周期の関係



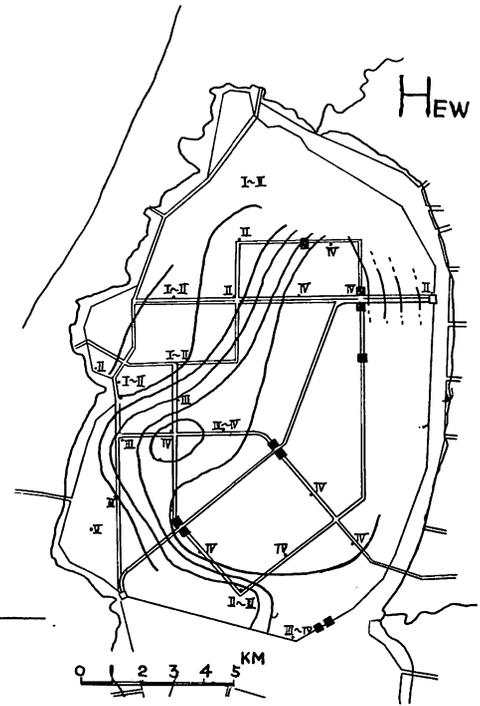
第10図 常時微動の平均周期と最大周期の関係
(I~IVの記号は建築基準法関係の地盤種別)



第12図 八郎潟干拓地の地盤種別



第11図 常時微動の平均周期と最大周期の関係
(I~IVの記号は建築基準法関係の地盤種別)



第13図 八郎潟干拓地の地盤種別

にも同様であることが云える。

不同沈下という現象は、その地盤の良さの程度に関係すると思われるが、金井らの提案した、常時微動の周期頻度曲線によって表明されている地盤の振動性状を地盤種別判定にとり入れた方法¹⁾によって、八郎瀧干拓地の地盤の良さを第1種から第4種まで分類するために、第8図に示される測定場所で常時微動の測定を行った。

第9図はHEW(東西水平動)とHNS(南北水平動)との卓越周期と平均周期との関係を示すものであるが、この図からこれらの値は非常に近く、よく知られるように平均周期を卓越周期の意味で使う事が出来る事が解る。

第10図、第11図はHNS, HEWの平均周期と最大周期の関係、つまり地盤種別を判定する図であり、第12図、第13図は八郎瀧の地盤種別を示したものである。

第12図、第13図の比較から解るように、HNSによる地盤種別判定とHEWによるそれとは、ほとんど同じである。

この地盤種別を判定した図からも知れるように、FD7附近は第3〜4種であるから、堤防を作った場所としては最も悪い地盤である。

以上のことから、FD7附近は軟弱層が最も厚く、地下

構造も非常に複雑であり、地盤としても最も悪いから、ここに作られた堤防に震害が生じたことは当然のようであるが、それでは男鹿沖地震の際震害の甚しかった軟弱層が厚く、地下構造も複雑な西部承水路堤防WC11, WC14, WC20附近は何故今回は震害を受けず、又昭和42年の地盤種別からは第1〜2種と判定されているのかということが問題になる。

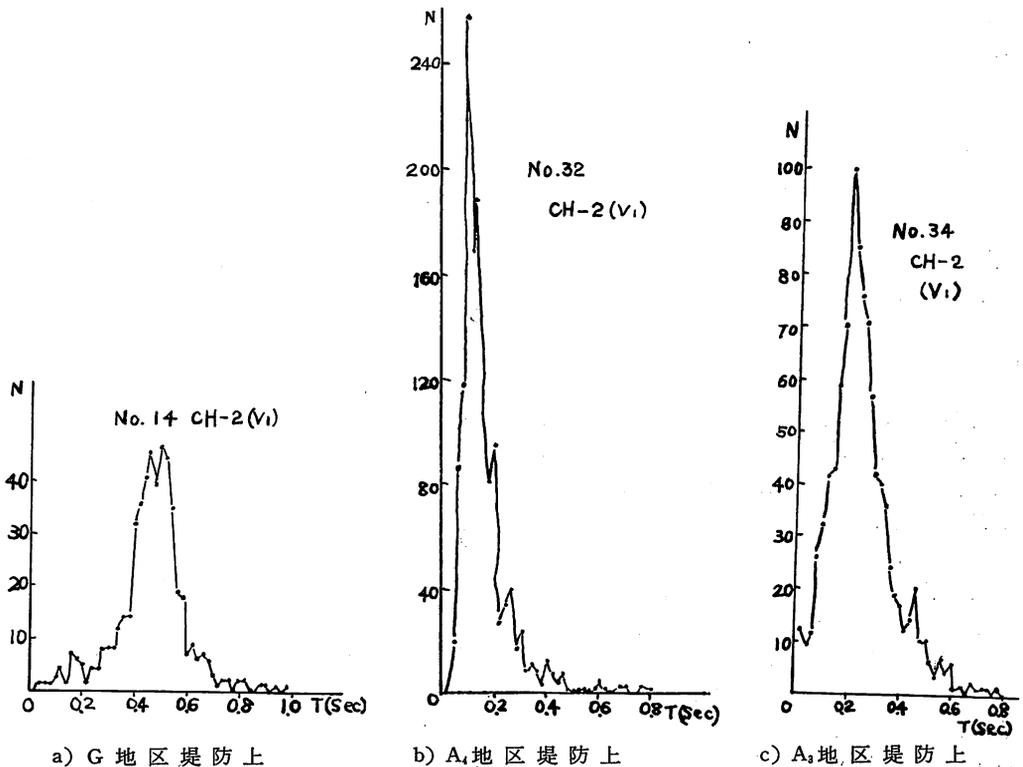
先ず震害の点であるが、共に軟弱層が厚いと云ってもFD7附近は約25m〜30m位、西部承水路堤防では約8〜10m位とその厚さの程度が異なる。

この軟弱層の厚さと地震動の卓越周期の長さとの関係が、その地盤での震害に影響を及ぼすものと考えられる。

つまり十勝沖地震では卓越周期が長いので、厚い軟弱層をもつFD7附近にのみ震害を及ぼしたのであろう。

前記のように、干拓地には地震計がなく気象台の地震計から干拓地の地震動を推定するので、定量的な議論が出来ないのが残念である。

さて、地盤種別で注目すべき点は、昭和39年の男鹿沖地震の際、震害の大きかった西部承水路堤防附近の地盤が、昭和42年の常時微動測定からの地盤測定では、第1



第14図 G, A₄, A₃地区堤防上の周期頻度曲線

～2種の割合良い地盤と判定されたかということであるが、これは次のように考えられる。

委員会報告書に記されてあるように、西部承水路堤防の復旧は地盤強度の点、水平スベリの点、堤防体の形態の点、砂の流動現象の点など十分検討の上、工事が行われたものと思われる。少くとも表層2～3m位には以上の点の考慮の上、復旧工事が施行されたとすれば、地盤種別で第1～2種と判定されるのも頷かれると思う。このことは逆に、表層2～3m程度の地盤の物理的性質が地盤種別に大きく影響することを意味するものではなからうか。

今度は共振の点から震害を考察するために、昭和41年⁶⁾に行った常時微動測定の結果からG、A₄、A₃地区（Gは正面堤防附近、A₄、A₃は西部承水路堤防附近）の堤防上の周期頻度曲線を再記したものが第14図である。

これは明らかに西部承水路堤防に比して、正面堤防が卓越周期の長い地震動に共振する傾向にあることを示している。

最後に、同じ正面堤防でも震害の大きかった場所は、第1図に示されるように男鹿沖地震の時はFD6～FD7、十勝沖地震の際はFD7～FD8の間と相違する。

委員会報告書によればFD6附近には試験堤防があり、男鹿沖地震の際も試験堤防を除けばほとんど損傷を受けていないとのことである。もともこの試験堤防は、昭和39年1月にスベリ破壊等が発生して居り、地盤の不安定な部分であった。この部分の震害後の復旧工事も種々の点検討の上施行されたことであろうし、第6図の正面堤防縦断面図からFD6～FD7、FD7～FD8の間を比較すると、地下構造の複雑さの程度において、大いに差のあることが明確である。

V. 結 語

昭和40年から始まり42年までに得られた常時微動の資料から、男鹿沖地震と1968年十勝沖地震の八郎潟干拓地における震害の比較考察を行ったのであるが、地盤の固有周期、地盤の良否、軟弱層の厚さ等が震害に大きく影響することが解る。

尚、堤防体下は砂置換をした部分も多く、砂の流動化にともなう震害をも検討する必要もあろうが、流動化の現象を強度低下のそれとみれば、必ずしも砂層に固有のものでなく、粘性土の強度も振動によって攪乱を受けると一般に低下することが知られているから、軟弱層であるヘドロ層の厚さというものが当然考慮されるべきであろう。

これらの現象の解明は、媒質の弾性はもとより、非弾性領域の動的挙動研究を基礎として始めて可能となるものであろうが、強度低下の原因として地震動の加速度の大きさが挙げられている。

前記の軟弱層の厚さと卓越周期の長さとの定量的な考察、流砂現象の場合の加速度の大きさの問題等を考えると、八郎潟干拓地での地震の常時観測の必要性があらためて痛感される。

以上ではほとんど堤防体の震害についてのみ記したが、堤防体という構造物の特殊性（八郎潟の場合、干陸側が高く承水路側が低いことや、曲点があることなど）をも、その震害を考える時考慮すべきであろうと思われる。

43年夏も調査を行う予定であるが、以上の点をよく検討の上実施する積りである。

本論文は秋田大学鉱山学部乗富一雄助教授、教育学部野越三雄講師らとの共同研究によって得られた資料に基づくものであり、本稿は筆者の責任で纏めた。

終りに、地震の資料を提供された秋田地方気象台の方々にお礼を申し上げると共に、図面作製に協力してもらった本校技術員長坂氏に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) K, Kanai, T. Tanaka and K. Osada: Measurement of Micro-tremor (I～X), B.E.R.I., 32, (1954)～B.E.R.I., 44, (1966).
- 2) 社団法人 土質工学会： 八郎潟新農村建設計画調査委員会報告書, 昭和39年。
- 3) 拙稿： 八郎潟干拓地における地盤振動の基礎調査（第一報），秋田高専研究紀要（第1号），昭和41年3月。
- 4) 拙稿： 八郎潟干拓地における地盤振動の基礎調査（第二報），秋田高専研究紀要（第2号），昭和42年3月。
- 5) 野越三雄, 西城忠泰： 八郎潟に於ける地盤振動の基礎調査（その2），東北地域災害科学研究報告, 昭和42年3月。
- 6) 野越三雄, 西城忠泰, 乗富一雄： 地盤振動の基礎調査（第2報），秋田大学教育学部研究紀要, 昭和43年2月。
- 7) 地震学会： 地震, 第2輯, 第20巻, 第4号, 昭和42年。