

# 1983年日本海中部地震による八郎潟干拓堤防 および能代市水道の被災

丸井 信雄\*・新井 邦夫\*

## 要 約

日本海中部地震における八郎潟干拓堤防および能代市水道の被災状況を整理した。

八郎潟干拓堤防は過去3回の震災が報告されており、今回も総延長約52kmの少なくとも75%で沈下、亀裂等の被災があった。マグニチュードと震央距離と最大加速度との関係を使って、干拓堤防が通常の河川堤防に比べて地震に弱いことを指摘した。

能代市水道の管網は過去の他地区の震災に比べ著しく大きな被災をうけた。その原因は管材質と液状化の相乗作用とみることができる。

## 1 はじめに

東京における多様な震災予防問題のうち、筆者等の第1の関心は地震水害、とりわけ東部低地・0m地帯における破堤浸水、にある。いうまでもなくこの種の土地は、それを干陸化させている堤防が破壊すれば水没する運命にあり、しかも過去の事例によれば、堤防は決して地震に強い構造物とは言えない。したがって、現存する堤防の安全性、あるいはその安全性向上のための方策について不断に注目しておく必要がある。

一方、東京に対する巨大地震の襲撃が避けられないものとするれば、事前における耐震化諸施策の推進と同時に事後の対応策についての考察もなおざりにしてはならない。なぜなら、たとえある規準の耐震化が完了したとしても、発生する地震の規模が想定以上になることもありうるのだし、まして、その耐震化が完了する前には地震が発生しない保障はない。ここに筆者等の第2の関心がある。上の地震水害で言えば、万一の破堤後の被災

を最小限に防止する方策を確立しておきたいし、また、筆者等の専門領域外にまでやや範囲を拡げれば、例えば水道断水に伴う応急給水計画の検証が重要であろう。

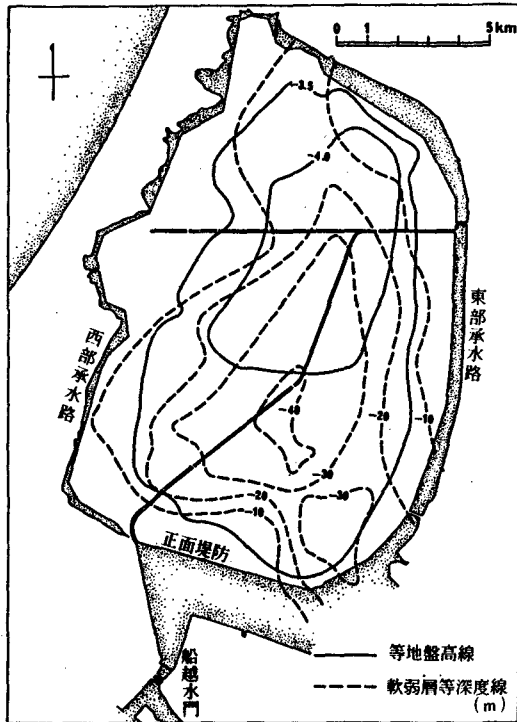
以上の問題意識に立脚し、本論は、日本海中部地震（昭和58年5月26日）による八郎潟干拓堤防および能代市水道の被災について私論を整理したものである。東京との関連で言えば、前者はまさに東部低地の堤防についての分析につながる。また、能代市水道のような復旧の遅れが上水道以外の水源を持たない東京で惹起すれば、社会的に極めて深刻な事態に到ることとなる。

## 2 八郎潟中央干拓堤防の地震被害

### 2-1 堤防の概要

水面積22024 haを有する八郎潟の干拓によって17239 haの土地を創出した八郎潟干拓事業は昭和32年に着工され、昭和52年に完工した。図1に示す湖中央部に現出した15670 haの干拓地は、

\*東京都立大学都市研究センター・工学部



図一 八郎潟干拓地の概要

現在大潟村と呼ばれ、延長約51.5kmの堤防によって外水から遮断されている。表層に最大厚40m以上の軟弱層が存在する堤内地は、いわゆる0m地帯である。船越水道に設置された防潮水門によって淡水化された外水は、主として農業用水に利用され、その水面は季節ごとに定められた計画水位に維持されている。そして農業用水は主として堤防をサイフォンで越えて取水されている。

堤防は湖底に分布する砂（細砂50～90%）を材料とし、計画線形に沿い、浚渫船、土運船を利用して造成された。水中に滞砂させる工法であるから、断面は堤敷幅の広い、緩傾斜形状を呈している。試験的に造成した堤防の観察から、厚さ18mの軟弱層が4mも圧密沈下することが予測されたため、表層2mの軟弱層が砂置換されたほか、余盛や将来のかさ上げ用の砂が確保された（藤森他、1967）。

昭和38年の堤防完工後ただちに排水が開始され、昭和41年干陸化を完了した。

## 2-2 堤防の地震被害

築堤工事の開始以来今日までに、5回の地震被害が記録されている。表一にはこの5回の地震の概要と堤防被災状況を示したほか、無被害であった宮城県沖地震の概要も加えてある。図2には堤防の被災位置を示した。

初めての震災である青森県西方沖地震（1964）においては西部承水路堤防に被害が集中した。被災地点付近の小段上には多くの噴砂跡があり、軟弱層厚と堤体沈下量は比例関係にあった（伯野他、1965）。また南雲（1964）によれば、砂からヘドロへの地盤移行部、堤体断面構造の変わり目および堤防の弯曲部コーナー附近に被害が集中した。外水位すれすれまで沈下した部分もあり、緊急に破堤防止工事が実施された（農業土木学会、1969：964）。

1カ月後の新潟地震では、ほぼ同じ部分が0.1～0.2m沈下したほか、表ノリ先の矢板はらみ出しなどの被害が発生した。12月に発生した男鹿半島沖地震では、小規模ではあるが西部承水路に沈下被災を生じた（土木学会、1966：780）。

昭和45年の十勝沖地震では、軟弱層が最も厚い正面堤防の一部で最大1.9mの沈下被害が発生した。ここでも小段上に噴砂跡が多数認められた。現場にいた人の話によると堤防上では立っていられず地面にへばりついたが、堤防から離れた所ではそれほどでもなかった（島岡他、1969）。

今回の日本海中部地震においては、図一2に天端が0.1m以上沈下した部分（約75%）を示しているが、ほとんど全域にわたって沈下・変形、アスファルトフェーシングの破壊などの被害が発生し（土木学会東北支部、1983）、被害金額は約175億円と見積られている（秋田大学、1983）。堤防の周辺地盤や亀裂に噴砂が多量に見られた（佐々木他、1983）。十勝沖地震後、正面堤防に設置された地震計は最大加速度175 galを記録した。

日本海中部地震を除いて、八郎潟で地震動の観測はされていなかったから、過去の地震における正確な地震動を知ることができない。図一3は表一に示した6回の地震について八郎潟付近のゆ

表-1 中央干拓堤防の地震被害

地震名	発震日	震央および深さ	マグニチュード	秋田おける最大加速度 (gal)	被害状況	
					延長(km)	最大沈下量(m)
① 青森県西方沖	S39. 5. 7	N 40. 3° E 139. 0° d 40km	6.9	6.9 (気象台)	7.7	1.7
② 新潟	S39. 6. 16	N 38. 4° E 139. 2° d 40km	7.5	120 (地下)	6.6	0.2
③ 男鹿半島沖	S39. 12. 11	N 40. 4° E 139. 9° d 60km	6.3	?	1.0	0.3
④ 十勝沖	S43. 5. 16	N 40. 7° E 143. 6° d 60km	7.9	26.4 (気象台)	0.5	1.9
⑤ 官城県沖	S53. 6. 12	N 38. 2° E 142. 2° d 40km	7.4	25 (港)	—	—
⑥ 日本海中部	S58. 6. 28	N 40. 4° E 138. 9° d 5 km	7.7	209 (港)	29.2	2.1

れの強さを相対的に比較しようとの意図から準備された。最大加速度をマグニチュードおよび震央距離であらわそうとする試みは1950年頃から始まり、多くの実験式が提案されている。図中の点線は建設省土木研究所(1977:62)が、国内に発生した51回の地震から得られた強震記録に基づいて、提示した実験式である。ただし、これは各種地盤の平均であるから、必ずしも問題とする軟弱砂層地盤の傾向と一致するとはいえない。

図中の点群および鎖線は上の実験式の軟弱砂層に対する適合性を観察するためにプロットしてある。4種の記号で示した資料は荒井他(1977)の観測値である。彼等は昭和48年から昭和51年にかけて国内4カ所において地中地震動を観測した。図にプロットした点群は砂質地盤の船橋における観測値である。上部他(1974)は東京湾沿岸各地

における大地震時の最大加速度を推算した。図中に示した2種類の記号で示した点群は直下型と関東震災型との区別で、上の荒井等の観測点に近い砂質地盤上の推算値をプロットしたものである。鎖線は望月他(1980)が関東大地震の調査資料をもとに、砂泥質の沖積地に対して推定した式を变形したものである。もとの式は、

$$\log K = -0.248 - 0.00565 X \dots\dots(1)$$

ただしKは震度、Xは震源距離であるから、加速度への換算法および距離の定義の違いに問題があるが、示した曲線の傾向は直観と矛盾しない。

図を概観すると、肝心な部分の資料が不足しているために定数を定めることはできないが、少な

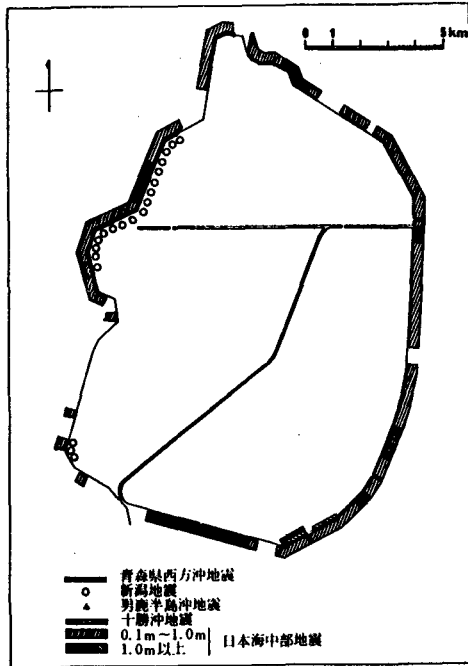


図2 八郎潟中央干拓堤防の地震による被災位置 (秋田県庁資料)

くとも震央距離が数十kmから数百kmの範囲に限って、土研式が表わす傾向の存在を認めて良さそうである。つまり、土研式によって算出される計算値それ自身を軟弱砂層の最大加速度と認めることには問題があるが、計算値を使って個々の地震相互の加速度の大小を論ずることは認められよう。

さて、表1に示した6回の地震について、既知である個々のマグニチュード、および八郎潟中央部からの震央距離の関係を図中にプロットした。さらに同様のプロットを宮城県沖地震における名取川河口付近(長谷川他, 1979)、新潟地震における阿賀野川、信濃川、最上川(横村他, 1964)について示してある。これらの点群を概観することによって、以下に示すいくつかの事実もしくは問題を指摘することができる。なお震央から八郎潟までの距離にほぼ等しい地点に位置する米代川河口付近の日本海中部地震による被災は、八郎潟干拓堤防に比し軽微であった。

干拓堤防とはほぼ同程度の被災状況とみられる新潟地震における3河川の河口付近は、八郎潟よりはるかに大きな地震動であったと思われる。これ

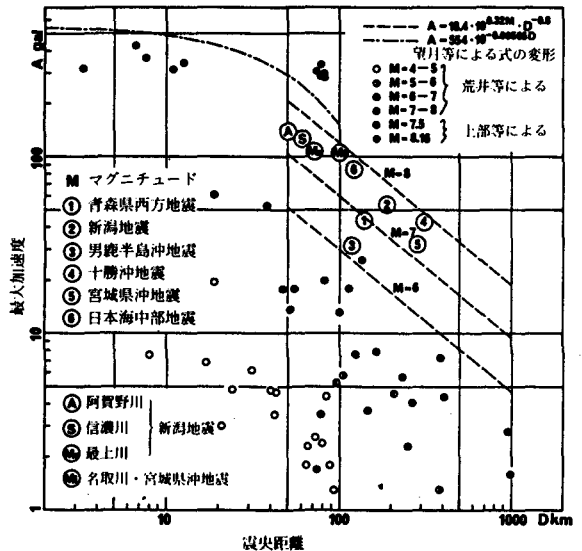


図-3 最大加速度、震央距離およびマグニチュードの関係

らは八郎潟堤防の強度が他に比し小さいことを示唆する。実際、図はこれを支持している。その主要な原因の一つに堤体砂の締め固めが考えられる。青森県西方沖地震に続いて発生した新潟地震は、図に従えば八郎潟において前者より強い震動であった。しかしながらその被災程度は前者に比べはるかに小規模であった。これは青森県西方沖地震の振動によって締め固まったためと考えられている。

青森県西方沖地震と十勝沖地震、および男鹿半島沖地震と宮城県沖地震の組み合わせをみると、加速度は互いにほぼ同程度であるにもかかわらず、被災程度は著しく異なる。これは干陸化が完了した時期と関係があると考えられる。すなわち、昭和41年5月の完全干陸化までは堤内に水が存在し、堤体中にはまた多量の水が含まれていた。このため昭和39年の地震は十勝沖地震以後の地震より液状化が激しかったものと思われる。図には示さなかったが、昭和35年3月21日の三陸沖地震によって、八郎潟では宮城県沖地震と同程度の強さのゆれが生じたと思われる。この時水中に島状で築堤中の試験堤防で沈下とボーリング現象が観察され

た（農業土木学会1969：641）。

ここで再び図2を見てみたい。どうも被害の受け易さに法則があるように思えてならない。西部承水路南部は、日本海中部地震でも被害は軽微であった。一方その水路の北部や正面堤防の一部では度重なる被害を受ける場所がある。地盤、堤体材料、工法など、なんらかの理由があると思われる。

### 2-3 津波

日本海中部地震の特徴の一つは津波にある。海岸から約2km上流に設置されている船越防潮水門で見事に記録された水位変化を図4に示す。発震から50分後に第1波が襲来し、TP+0.87mの水位を記録した。第3波が最高となり、水位は同じく1.02mであった。水門扉天端の標高は1.20mであるから海水の湖内への浸入は理論的には生じない。発震時には全門閉鎖されていたが管理者は干拓堤防の被災状況を把握した後、破堤浸水を軽減化する意味から、26日14時30分より、約35時間2門を開放した。この措置によって発震時に0.82mあった内水位は28日午前9時には0.5mに低下した。図からも容易に理解されるように、第3波と第4波の時点では2門が開放されており、その時点では海水の浸入があったものと想像される。

船越水門が今回の地震の被害を受けたとは見られていない。それが受けた津波としては新潟地震時の方がはるかに大きかった。その時の観察によると「地震発生後約30分位で海の水が退き始め、さらに約30分位で船越水道の底まで見ることができた。もちろん防潮水門の下流側護床工も姿を現わした。上下流水位差約3.6mとなり、下流側海面の空の状が約20分ほど続き、次に津波の寄返しが徐々にきて今度は海面水位が上昇し門扉より高くなり、海水が門扉上部副横ゲタを越流して潟内に流入し、海面上昇流入とともに運ばれてきた漁船が門扉上端を飛び越し、音を立てて潟内に乱入した。この海面下降上昇の状態を数回繰返して元に戻った」（農業土木学会1977、P895）という。

当時は水門に被害は無かったものと思われたが、

その後昭和47年塗装中に損傷が発見され、津波も原因の一つではないかと考えられている。1978年に提案された防潮水門・排水機場の計画・設計指針の試案（伊藤他、1978）には、津波の水位下降時についての考慮を注意している。しかし、船越水門建設時にはこの種の指針は存在せず、設計水位差以上の水位差が現出したため、損傷したとすることはうなずける。

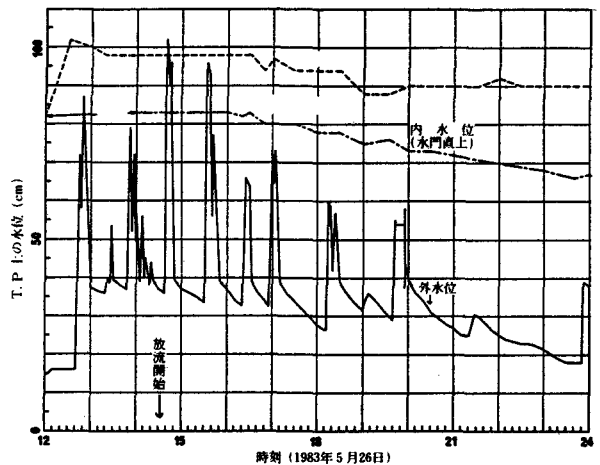


図-4 船越水門における内外水位の時間変化  
(秋田県庁資料)

### 3 能代市の水道被害と応急給水

日本海中部地震による秋田県下の水道施設被害は、28市町村の総計45事業体で発生した。表2にはこのうち断水を余儀なくされた13事業体を示してある。給水戸数すべてが断水した事業体は4市町村にすぎず、能代市を除けば復旧も早かったから、県としては大きな混乱はなかったと言える。被害は、基幹施設（浄水場など）ではほとんど発生せず、もっぱら管路に集中した。能代市について断水期間の長かった男鹿市の場合、管路被災率、すなわち導・送・配水管路総延長に対する管路被災件数の比、は0.64ヶ所/kmで、また大潟村の同じ値は0.69にすぎない。

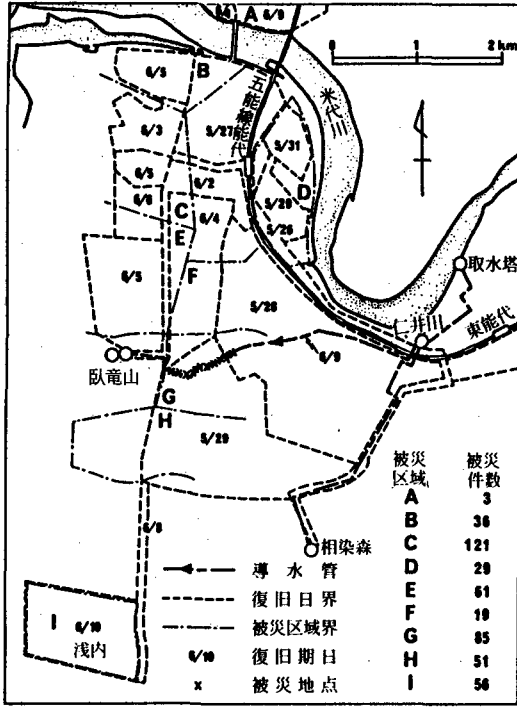
一方仮復旧が完了するまで20日間もの期日を要した能代市の被災率は3.2カ所/kmであった。この数値は上に示した市町村とはもちろんのこと、宮

表2 断水が発生した水道事業者 (秋田県資料)

市 町 村	施 設 名	給水人口	給水戸数	断水戸数	復旧日時
能 代 市	上 水 道	46,492	12,000	12,000	6/10
男 鹿 市	男 鹿 市 上 水 道	28,406	7,316	7,316	6/1
若 美 町	払 戸 簡 易 水 道	4,193	963	963	5/27 11:50
大 瀧 村	大 瀧 簡 易 水 道	3,180	891	891	5/28
昭 和 町	上 水 道	8,485	3,328	276	5/27 22:00
雄 和 町	新 波 簡 易 水 道	924	220	220	5/27 18:00
秋 田 市	上 水 道	286,489	91,583	200	5/29 8:30
鷹 巣 町	七 座 簡 易 水 道	1,280	339	196	5/26 19:00
大 館 市	上 水 道	46,143	11,611	36	5/26 17:00
田 代 町	田 代 簡 易 水 道	3,873	1,070	36	5/26 23:00
井 川 町	上 水 道	6,146	2,137	36	5/28 12:00
山 本 町	大 町 簡 易 水 道	1,100	276	10	5/27 18:00
藤 里 町	藤 琴 簡 易 水 道	1,936	264	7	5/28
計		417,057	153,088	22,187	

表-3 配水本管種・管径と被害状況 (能代市ガス水道局資料)

被害状況 管種・管径	直管折損	異形管破損	継手抜出	計	配水管延長 (m)	被災率(ヶ所/km <sup>2</sup> )
ACP φ150	24	0	30	54	21,464	2.52
〃 φ100	67	2	33	102	29,382	3.47
〃 φ75	34	2	31	67	16,451	4.07
小 計	125	4	94	223	67,297	3.31
VP φ100	2	58	2	62	10,012	6.19
〃 φ75	4	90	5	99	16,518	5.99
〃 φ50	5	41	3	49	14,169	3.46
小 計	11	189	10	210	40,699	5.16
D.C.I.P φ300	0	0	1	1	5,740	0.17
〃 φ200	1	0	1	2	5,885	0.34
〃 φ150	0	0	1	1	7,965	0.13
〃 φ100	0	0	1	1	3,577	0.28
小 計	1	0	4	5	23,167	0.22
CIP φ450	0	0	14	14	2,832	4.94
〃 φ400	0	0	6	6	268	22.39
〃 φ250	1	0	7	3	3,083	0.97
小 計	1	0	22	23	6,183	3.72
計	138	193	130	461	137,396	3.36



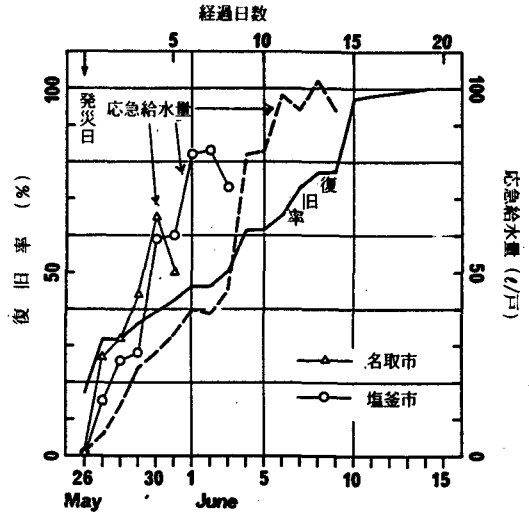
図一五 能代市水道の被災と復旧の状況  
(能代市ガス水道局資料)

城県沖地震における被災例（鈴木，1979）と比較しても著しく大きい。その原因としては，以下に示すように管材料と地盤の液状化との相乗と考えられる。

表3には能代市の配水本管の管種別被災内容を示してある。管路延長の約80%は耐震性が小さいとされる石綿セメント管(ACP)もしくは塩化ビニール管(VP)で占められている。表に付加した被災率を比較すると，铸铁管類(CIP, DCIP)に比し，ACPやVPのそれが著しく大きい。

管材料と被災内容とのあいだには明瞭な因果関係が認められる。すなわちACPは直管折損ないし継手抜出が約98%を占め，VPでは異形管破損が90%，さらにCIP類では継手抜出が約93%となっている。

図5には配水本管の地区別の被災件数および仮復旧完了月日を示してある。能代駅西側の旧市街のうち約3区では被災が皆無であった。この無被災地区を取り囲む地域では顕著な液状化が確認され，この液状化が被害を増大させた第2の理由で



図一六 能代市水道の復旧および応急給水量の日変化

ある。

5月末には配水面積の約1/2が通水を完了していたが，6月に入って市西部の通水が遅れた。本来臥竜山浄水場の支配圏に入るこれらの地区は，その運転停止のために仁井田浄水場からの配水を受けざるをえなかった。このため配水池から遠くなると十分な水圧を得ることができず，加えてその地域の管路破損数が多大であったために復旧作業が遅延したものと思われる。臥竜山浄水場の運転停止原因は，仁井田から臥竜山への導水管の復旧対応の遅れとされている。

図6には復旧率（通水戸数/全給水戸数）および給水車による応急給水量（給水量/断水戸数）の経時変化を示してある。復旧はほぼ等速で進行したが，臥竜山浄水場の運転が再開された6月9日には飛躍的に向上した。

発災した5月26日には，すでに仁井田浄水場から市中心部への配水本管が通水し，消火栓から水が提供されていたから大きな混乱には到らなかったものの応急給水の対応は発災後8日間低迷した。

図中には宮城県沖地震における名取市と塩釜市の応急給水状況を対比して示してある。これらの市の復旧は著しく困難であったとされているが、能代市の今回の場合はさらに深刻であった。発災後1週間経ても1戸当り1日約40ℓが給水されたにすぎなかった。

#### 4 おわりに

集めた資料と現地調査をもとに日本海中部地震における八郎潟干拓堤防と能代市水道の被災について考察した。

東京との関連で言えば、八郎潟干拓堤防の被災は、その堤防の材質、工法、形状などがあまりにも特殊であるために、参考になりにくい。たゞ建設当初の震災から液状化の兆候が認められ、その後4回の地震のたびに調査委員会が設置されたにもかかわらず、主として経費の増大を理由とし、何ら有効な対策が立てられず、結局今回の地震を迎えたことは問題としなければならない。今回までの地震による干拓堤防被害額と、可能な液状化対策費用とのバランスシートを作成する必要がある。

また能代市水道の被災も、東京にとって参考になる部分は少ない。なぜなら、東京の場合はほとんどの管路が鋳鉄管となっており被災率はずっと小さいと考えられるからである。しかし、東京の場合管網布設面積は巨大で、水道に替わる飲用水源を有する地区は極めて限定される。したがって被災後の復旧が急がれ、応急給水が強く求められるに違いない。にもかかわらず、東京都水道局は大地震を想定したケーススタディで仮復旧完了まで37日間の日時を要すると計算する一方で、道路混雑を予想し、車両による応急給水をなかば放棄している(野津, 1979)。計画給水人口350万人、基本給水量3ℓ/日として備蓄された水は、主として限定された避難場所もしくはそれに類する給水場などで提供されることになっている。発災後日を追って使用水量は増大するであろうし、道路事情も好転するであろう。水の公平な分配といった観点からも水道局が主管する車両による応急給

水計画を保持すべきではないかと愚考する。

最後に様々なご便宜を頂いた秋田県河川課長榎本氏はじめ関係各位に深謝する次第である。

また、末筆ながら、本稿を、1984年3月に定年退官される中野尊正教授に献呈いたします。

#### 文 献 一 覧

秋田大学鉱山学部土木工学科

1983 「昭和58年日本海中部地震被害調査速報」

荒井秀夫・斉藤節文

1977 「防潮施設基礎地盤における地中地震動観測」港湾技研資料No. 251

伊藤隆夫・久保清志・中西修

1978 「防潮水門の計画・設計について」『港湾技研資料』No. 310

上部達生・野田節男

1974 「東京湾沿岸地域の大地震時における地盤加速度(その2)」『港湾技研資料』No. 194

太田 裕

1983 「地震動災害に関する極値」『土木学会誌』- vol. 68 No. 9 pp. 22~26

川上隆・渡辺保雄

1978 「1978年宮城県沖地震による河川構造物の被害について」『第32回建設省技術研究会報告』pp. 589~595

金子善生

1964 「新潟地震と水道の応急対策について」『水道協会雑誌』No. 361 pp. 36~41

関東地建・江戸川工事事務所

1960 「堤防たん水実験について」『第14回建設省直轄工事技術研究報告』pp. 977~986

建設省土木研究所

1977 「新耐震設計法(案)」

佐々木康・川島一彦・宇田高明

1983 「日本海中部地震被害調査速報」『土木技術資料』25-7 pp. 497~502

島岡俊輔・伊藤利男

1969 「八郎潟干拓堤防における地震災害と復旧断面について」『農業土木学会誌』vol. 36 No. 12 pp. 793~798



## 鈴木 繁

- 1979 「1978年宮城県沖地震による水道施設の被害とその教訓」『水道協会雑誌』No. 542 pp. 66~103

## 土木学会

- 1966 「新潟地震震害調査報告」

## 土木学会東北支部

- 1983 「日本海中部地震報告」『土木学会誌』vol. 68 No. 9 pp. 67~78

## 南雲昭三郎

- 1964 「昭和39年5月7日の男鹿北西沖地震踏査報告」『地震研究所彙報』No. 42 pp. 597~608

## 農業土木学会

- 1969 「八郎潟干拓事業誌」

## 農業土木学会

- 1977 「八郎潟新農村建設事業誌」

## 野津幹男

- 1979 「東京都における震災対策」『水道協会雑誌』No. 542 pp. 39~54

## 乗富一雄

- 1983 「1983年日本海中部地震による災害の調査速報」『第20回自然災害科学総合シンポジウム論文集』pp. 21~28

## 伯野元彦・浅田秋江

- 1965 「男鹿沖地震による被害——特に八郎潟干拓堤防について——」『土木学会誌』vol. 50 No. 3 pp. 24~26

## 長谷川久夫・及川雄司・伊藤昭二・平塚一郎

- 1979 「宮城県沖地震により被災した河川堤防の復旧について」『第33回建設省技術研究会報告』pp. 110~117

## 広野卓蔵

- 1964 「新潟地震概況」『建築雑誌』vol. 79 No. 944 pp. 530~532

## 藤森謙一・内田襄編

- 1967 「新しい軟弱地盤処理工法」

## 横村四郎吉

- 1964 「新潟地震による河川堤防等の被災について」『第18回建設省技術研究会報告』pp. 647~680

## 望月利男・松田磐余・宮野道雄

- 1980 「サイスミックマイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について、その3」『総合都市研究』No. 11 pp. 127~139

DAMAGES OF HACHIROHGATA POLDER LEVEES AND  
OF NOSHIRO CITY WATER SUPPLY SYSTEM BY  
THE 1983 NIHONKAI-CHUBU EARTHQUAKE

Nobuo Marui\* and Kunio Arai\*

\*Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University  
*Comprehensive Urban Studies*, No.20, 1983, pp.123-132.

More than 75 percent of the central levee of the Hachiroh-gata Polder, whose length is about 52 kilometers, was damaged by the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake. The main type of damage was levee crown depressions caused by liquefaction. This levee had been subjected to earthquakes six times from 1957 to 1982. Four of them damaged levees and the rest did not. Comparing with the other river levees in Japan, it was confirmed that the levee built in this polder was weaker against earthquakes.

Damage to water supply pipes in Noshiro City was estimated to have occurred at 3.2 points per one kilometer of layed pipe-line. The cost of damage was remarkably larger than that of the other cities. The principal causes must include the quality of pipe materials, such as vinyl and asbestic cement, as well as the liquefaction of ground.