

卷頭言

安全設計

坂根 勇*



昨年発生した日本海中部地震直後、秋田へ飛び、翌朝政府調査団の到着を待って八郎潟干拓地の被災調査を行った。今回の地震は日本海側の地殻構造理論「新プレート境界説」を生み出す貴重な資料を提供したといわれているが、秋田、青森の日本海側を中心に陸上施設に大きな被害をもたらすと同時に、地震直後に発生した津波により多くの人命が奪われるという悲惨な爪跡を残した。

国営能代、屏風山地区のパイプラインの破損などの土地改良施設にも被害が生じ、灌漑期を前にして深刻な事態に立ち至った。とくに八郎潟の干拓堤防は震害による築堤砂の流動化現象により、亀裂や沈下等が認められたが破堤等の大事故に至らなかったのは、干拓地の地形環境を考える時、まことに幸いであった。被災後の堤体や基礎地盤の調査結果によっても、地盤の強度低下や堤体変形の進行が認められなかったことから、滑動による破壊は生じていないものと判断され、堤防の安全が実証されたのである。しかしこれは決して偶然でない。干拓堤防の設計、施工にあたってはもちろんのこと、築堤後4度にわたり地震の洗礼をうけ、その都度震害原因の究明と対策について官学合同の組織的な調査が行われた結果、築堤砂の流動防止を基本として有効応力の増大、地下水位の低下対策などが行われて来ており、その機能は今回の地震後の調査によっても十分有効に作用していたことが確認された。

技術は事業（プロジェクト）によって開発、改良され、またそのテンポが加速される。戦後の土地改良技術発展の過程をみても、愛知用水事業による水路系の組織的な体系化、土質工学の目覚ましい進歩と相まって八郎潟干拓事業による軟弱地盤に関する設計、施工法の理論解析や技術開発などが顕著な事例といえよう。そして技術は何よりも安全を確保し、災害を防止することが絶対条件であり、またそのために技術は開発され、進歩してきたのである。一般に安全とは「安らかで災害の危険のないこと。とくに人間の死傷につながるような危険のないこと」と定義されており、安全度とは事故が人命の危険に結びつくような場合の信頼度とされている。アメリカ国防省内に設けられた「電子装備品の信頼性に関する諮問委員会」の信頼性についての定義を引用してみると、施設が規定の条件のもとで意図する期間（耐用年数）中に、人命に危険を与えることなくその目的を達成する確率であるとされている。安全設計は技術者および技術集団に対する社会的評価の最重要な指標である。設計の安全度を高めるためには安全係数を増して丈夫にするとか、事故が発生してもある一定期間は安全性が確保される、いわゆるフェールセーフ（Fail Safe）設計法があるが、いずれの方法でも安全を高めるためにはコスト高を伴う。言い換えると安全率を上げるとは技術進歩のバロメーターであり、このためには工学の進歩や新材料の開発などの裏付けが必要である。

今度の地震災害に際して、学会からも早速調査団を編成し現地調査が行われた。また、行政側においても秋田県が主宰する「震災復旧技術検討委員会」に積極的に参画し、その技術見解が高く評価されたように、今後とも大学、行政、研究の各分野が総合的かつ、組織的に実践的な感覚をもって技術課題に取り組むことが何よりも大切である。

* 農林水産省構造改善局開発課（さかね いさむ）

報 文

青森、秋田県における土地改良関係施設の被害概要

—— 昭和58年日本海中部地震災害 (I) ——

篠 辺 三 郎* 能登屋

享** 土 崎 哲 男***

I. はじめに

昭和58年5月26日正午、日本海で大きな地震が発生し、気象庁は“昭和58年日本海中部地震(震源北緯40.4°, 東経138.9°, 深さ5 km, M7.7)”と命名したが、これまで日本海側に発生した最大級の地震である。この地震により青森、秋田県をはじめ、日本海沿いの各地で大きな被害が生じた。

農業土木学会に、八郎潟干拓地災害調査委員会(委員長:山形大学東山教授)が設置され、学会誌51巻7号に災害状況が速報されている。

八郎潟周辺の調査とは別に、青森県津軽地方の災害について、弘前大学農業土木コースの学会員が独自に調査を進め、秋田県立農業短期大学の学会員と打合せた結果、地震による農業土木関係施設の被害について、

I. 概要, II. 津軽地方, III. 八郎潟周辺の3報にまとめ報告することとなった。

地震規模等については、学会誌速報と一部重複するところがあるが、予めお断りしておきたい。

便宜上、震源域および北海道、東北地方各地の震度と津波報を 図-1 に示した。

なお、この概要は青森関係を篠辺、秋田関係については、能登屋と土崎が担当してまとめたものである。

* 弘前大学農学部(ささなぐ さぶろう)

** 秋田県農業水利課(のとや とおる)

*** 秋田県立農業短期大学(とさき てつお)

キーワード

調査記録, 災害, 水源施設, 水路, 干拓堤防, 土地改良関係施設, 地震

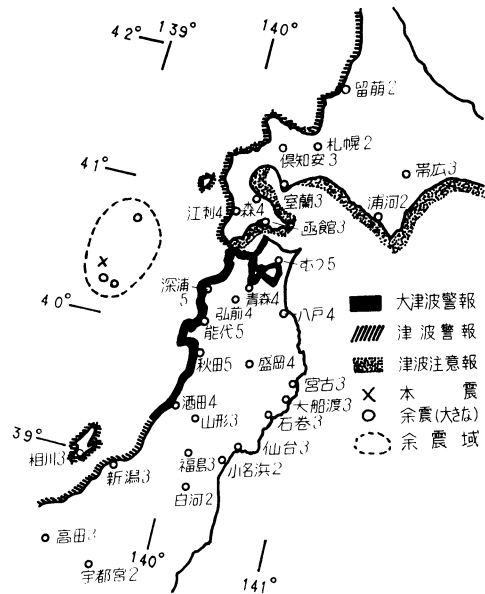


図-1 日本海中部地震各地震度と警報

II. 青森、秋田県の被害概要

地震直後に発生した津波は、北海道から島根県に達し、とりわけ青森、秋田、北海道の沿岸で人命多数を失った上、港湾、船舶、家屋に大きな被害をもたらした。

地震直後は、各地の津波による人命損失が、いち早く大きく伝えられたため、農地、農業用施設等の被害の著しいことは当初伝わらなかった。青森県、秋田県(とも

表-1 地震による被害

地震名(起日)		日本海中部 (58. 6. 26)		宮 城 県 沖 (53. 6. 12)	
マグニチュード		7.7		7.4	
震 源 位 置		N 40°26' E 138°54'		N 38°09' E 142°10'	
被 害 区 分		青 森 県		秋 田 県	
人		83		28	
死 者					
(人)		25		11,023	
建 物		1,132		1,383	
全 壊		865		7,802	
半 壊		3,018		2,867	
一部破壊		62		65	
床上浸水		152		277	
床上浸水		2,582		全壊587	
(棟)		43,734			
被 害 額		10,165		19.2%	
		26,665		17.9%	
		79,542		28.6%	
保 健 衛 生		1,393		2.6	
商 工 労 働		7,395		13.9	
農 林		11,706		22.1	
水 産		5,272		9.9	
公 共 土 木		14,515		27.3	
教 育 文 化		2,503		4.7	
そ の 他		55		0.1	
合 計		53,004		100.0	
		(58. 7. 21現在)		(58. 7. 21現在)	
				(東北農政局)	

注 1) 農林被害には、国直轄農業用施設と国有林被害を含む。
 2) 被害額欄の%は合計額に対する割合である。小数点2桁切捨て。
 4) 被害額の単位は百万円。

に県西部)の損害が大きく、両県の被害額は2,000億円を超え公共土木被害(36.6%)に次いで農林被害は全体の22.1%に達している。両県の地震による被害状況と併せて、宮城県沖地震の被害状況を表-1に示した。

地震による建物の完全な倒壊は比較的少なかったが、地盤の液状化による被害と津波による被害が著しいという特徴があり、1978年の宮城県沖地震に比べると、農林水産関係の被害が大きく、建物、商工関係の被害が比較的少ないといえる。

III. 津軽地方の農地、農業用施設災害

青森県の中でも津軽地方が大きな被害を出し、農林関係被害は117億円(国直轄分を含む)で総被害額の22.1%に達する。

郡市別に見ると、西(津軽)郡が最も大きく、北、東青、中南、上北、三戸、下北の順で県西部に被害が集中しており、地盤の強弱と深い関係のあることが、弘大地震火山観測所によって明らかにされている。

項目別に見ると農地、農業用施設(土地改良関連)の被害は農林被害の72.4%にも達し、次いで林業関係13.5%、水稲・畑関係8.1%、共同利用施設5.4%、畜産関係0.4%となる。以下各項目別に被害の特徴について述べる。

1. 水稲関係

水稲関係では、浮苗8,375ha(西3,843ha,北2,921,東青930,中南604,その他77,被害額6億5,400万円)、苗の沈下219ha(3,730万円)、田面隆起陥没143ha(2億4,000万円)、その他となっている。

被害の多くは、泥炭質土壌の下層に砂層があるか、砂質土の下に泥炭層が存在しており、地震動により土層の液状化が起ったこと、また、津軽地方では田植えが終了して間もない時期で地下水位は高く、イネの根は完全に活着していないことに加え、5月23日からヤマセによる異常低温が続いており、水田は保温効果を上げるため深水管理が指導されていた。これらのことが重なりあい被害を大きくしたものと考えられる。

浮苗や苗の沈下対策として、補植が行われたが、県内、外の余剰苗の確保が進み、6月1日ごろまでには、補植は終了したが、イネの品種の混植や田植えの遅れと6月初旬の低温続きによって、被害は収穫期まで続いた。

田面は亀裂と陥没や噴砂によって、漏水が著しく作付不能となった地区(車力村大田光,同富冠山ノ上,木造町ツブ沼地区)では水路の破損も著しく、その後の耕作を断念するに至った所もある。

2. 農地、農業用施設

農地・農業用施設は国直轄分(屏風山開拓7億8,000万円,小田川農水2,900万円)を加えると、84億7,900万円となる。郡市別では西(50.5%),北(19.5%),東青(11.8%),中南(7.0%),上北(5.5%),三戸(4.0%),下北(1.7%)の割合で被害が生じており、津軽地区の被害が著しい。

これらを施設別に見たものが表-2である。被害は、水路、溜池、農地、道路の順に大きな被害を受けている。

被害を大きくした理由は、土性、土壌型が、泥炭、砂質に傾き粘性に乏しいこと、地下水位の高い時期であることに加えて、地震動の大きな力(50ガル以上)が60秒近くも続いた(弘大地震火山観測所,青森,秋田地方気象台記録からの読取り)ことが、土層の液状化を強めたためと見られる。

(1) 水路 水路関係に国営屏風山開拓建設事業の被害4億3,700万円が含まれているが、大型水路で基礎構造がしっかりしている場所での破損は少なく、中幹線クラス以下の組立て柵渠やフルーム型水路に事故が多い。

転倒、滑動、目地材崩壊、矢板工の傾き、笠コンクリートの脱落や、水路継目が地震によって上下左右から圧迫されて目地部が破壊した例が多い。

表-2 農地・農業用施設被害(津軽地方)

施設 郡市	農地	農業用施設							合計	%
		頭首工	水路	溜池	揚水機	橋梁	道路	小計		
東青	1.08 40	0.01 1	1.35 45	5.72 20		0.82 6	1.02 5	8.92 77	10.0 117	11.8
西	7.03 185		12.81 327	16.15 65	1.87 7	0.31 2	4.63 68	35.77 469	42.8 654	50.5
中南	0.17 11	0.02 1	1.51 45	3.56 17	0.13 3	0.05 1	0.52 20	5.79 87	5.96 98	7.0
北	0.90 19	1.12 3	10.97 101	2.76 27	0.30 3		0.50 28	15.65 162	16.55 181	19.5
上北	0.30 19	0.50 1	3.46 40	0.27 3	0.01 1	0.01 1	0.15 5	4.40 51	4.70 70	5.5
下北		0.01 1	1.26 22	0.01 1	0.13 2	0.01 1		1.42 27	1.42 27	1.7
三戸	0.05 2		3.16 23	0.07 1		0.08 2		3.31 26	3.36 28	4.0
合計	9.53 276	1.66 7	34.52 603	28.54 134	2.44 16	1.28 13	6.82 126	75.26 899	84.79 1175	100
%	11.2	2.0	40.7	33.7	2.9	1.5	8.0	88.8	100	—

注 1) ○ 屏風山開拓建設(国営), △ 小田川農水(国営)分を含む。カ所数は○, △印とも1カ所としてあるので実際の被害カ所は, 相当数に加わる。
2) 上段:金額, 億円, 下段:カ所数

ことに小型の二次製品フルームに、浮上り、左右方向への移動により、送水ができなくなった例が多い。

屏風山開拓地では幹線パイプラインの継目破壊や脱落、支線、末端ラインの破損が多い。ことに末端ラインではPVC管の破断が認められ、ライザー管(鋼管)の取付けT字管の破損も多い。

砂地盤での圧力水噴射によるライザーの揺れ止めとしてスラストブロックが取付けられているが、液状化した土層の中で、ライザーが大きく揺れ動いた結果、支線T字部(とくに接着部)の破壊が生じた。

排水路は屏風山開拓地では、主として暗渠排水系となっているため、事故発生の有無は用水系のように、水の噴出がないので容易に見えできず、修復に時間がかかっている。暗渠排水系の事故は、流入土砂のため通水不能または機能低下による支障が圃場面の停滞水を増加させるか、作物の生育阻害が現われないと排水管事故が確認できないということを示した例といえる。

水路関係の事故対策は、作物生育からみて、最も緊急を要するものとして処理され、漏水防止の処置、土のう積み、バイパス水路設置、目地修理やパイプ修復等が実施された結果、6月10日ごろまでにはほとんどの地区で通水され、以後の作物生育に最小の支障でとどめ得たといえる。

(2) 溜池 津軽地方には大小数多くの溜池があり、用

水源として大きな役割を果たしている。地震発生時は田植えが終了して間もない時であり、溜池水位は相当に低下していたと考えられ、越流による破堤は、ほとんどなかった。

損害の多くは堤体の亀裂発生、法面護岸の滑落、堤体沈下および取水装置の破損に分けられる。堤体が完全に破壊した例はなく、下流側に2次災害が生じなかったことは幸いである。亀裂(幅30cm、深さ2m、長さ数m以上に達する大型のものもある)、護岸の滑落、沈下などで、一つの溜池の損害が1億円を超えるものが数カ所ある。

屏風山や岩木山麓で昭和35~40年にかけて、開田ブームで築造された小溜池では、堤体沈下、亀裂による漏水や池底の隆起が生じ、貯水量低下の著しくなったものが多い。これは築造時ブルドーザで簡単に締め固めたにすぎないと見られ、技術的対応がなされていない例である。このようなケースは、ある地区にいくつかまとまって発生している。

ダムでは新小戸六ダム(防災)の堤体亀裂以外の事故は発生しておらず、小規模溜池とは対比的である。

(3) 道路 西郡に最も多く発生している。沈下(0.5~1.0m)、亀裂、隆起が多く、水平方向への蛇行も多い。このような場所の多くは道路両側の地盤が軟弱な所に見られる。

応急対策によって6月5日には、通行不能の場所は、ほとんど無くなっている。

(4) **農地** 田面の隆起、陥没、亀裂、畦畔破壊が見られ、水田機能の喪失、畑では噴砂による埋没が多い。しかし作付不能となった面積は割に少なく 100 ha 程度と見られる。

車力村大田光の水田や屏風山開畑地区、富菴山ノ上地区の畑では土層の液状化によって噴砂現象が無数見られる。この噴砂によってイネ、スイカ、タバコ、夏野菜などの埋没やビニールトンネルの破壊が発生した。この噴砂現象は屏風山特有の砂丘山体間に存在していた湿地を開発し耕地化しつつある地区に多く発生した。

屏風山地形概念を 図-2 に示してあるが、山体間の凹地は、あたかも平皿か洗面器のような形で、地下水位は高く、山体間のスキ間にできた小さな流れを通して外部に流出している。

地表流出が少なく、山体間の凹地が隣接の凹地より高い地区では地下水は砂丘山体の下を浸透していると考えられる。そのような場所(例:富菴地区)では、地震によって地盤が動揺し山体緩斜面に展開する住居や農地は甚大な被害をうけた。

山体間低地の地下水は地形的に逃げ場が少なく、地震動によって液状化したところでは、従前湿原の底にあった泥炭層を突破して噴出したと考えられる。

屏風山地区には、直径7~10m、深さ1.5~1.8mの超大型の噴砂孔がいくつも見られ、数十cmのものは無数発生し、場所によっては“噴火山の火口行列”状を呈し、畑、水田の作物を埋没させた。

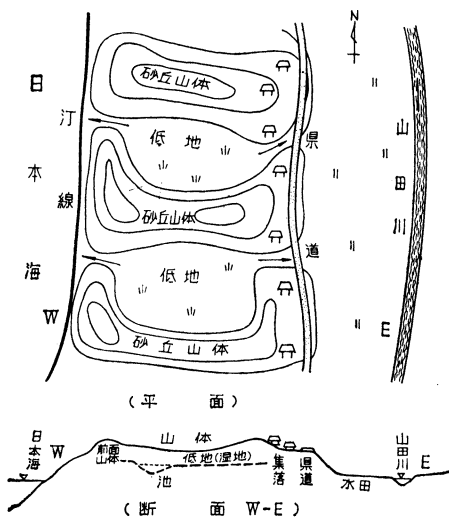


図-2 屏風山地区の概要

(5) **その他** 橋梁や揚排水機場の事故は少なく、本体が直接破壊した例はない。機場敷地の沈下や付属工作物の傾斜、道路と橋梁の取付部の破損、護岸の滑落が見られた。

機場、橋梁のように基礎杭上に設けられた構造物の事故が土地改良関係ではきわめて少なかった。

IV. 八郎潟干拓地とその周辺地域の被害

1. 八郎潟周辺の被害状況

日本海中部地震の発生に伴い秋田県内に災害対策本部が設置された市町村は、能代市、若美町、大潟村など5市17町2村に及んだ。そのうち秋田県西北部に位置する大潟村とその周辺地域が、被害の大部分を占めている。それらの地域を 図-3 に示す。

昭和58年7月現在、秋田農林事務所および山本農林事務所において調査した地震被害のうち、大潟村とその周辺地域の農地、農業施設関係の被害状況を整理して示すと 表-3 のとおりである。

2. 農地、農業用施設の被害内容

(1) **農地** 農地は広範囲にわたって被害をうけた。その被害は、土砂の噴き出し、隆起、陥没、亀裂、浮苗、泥かぶり苗などである。土砂の噴き出しにより圃場一面は大小の噴出孔を生じ、中には孔径5mに及ぶものがあった。さらに圃場面に隆起、陥没、亀裂の生じた水田は、いたる所でみられた。ひどい所では深さ1~2mが陥没し、その長さも100mに及ぶものもあった。また浮苗や流出などによって補植の必要があり、その面積も約270haに及んだ。

(2) **ビニール水田** ビニール水田は砂丘地の開田を可能にしたが、液状化現象により地中の砂、礫が泥水となってビニールを突破り地上に噴き上げるなど、壊滅的な被害をうけた。ひどい所では天地返しのように上下の土が入り替った圃場もある。ビニール水田の被害は、若美町で約50ha、能代市で約20haがあり、59年度の作付に間に合うよう復旧が進められた。



図-3 大潟村とその周辺地域

(3) **パイプライン** 被害地域の大部分は、大潟村の軟弱地盤および砂丘地のある市町村で、流砂、隆起、陥没などによりパイプの亀裂、継手のはずれなどを生じたものである。このため噴出水により地盤

表-3 農地、農業施設の被害状況（八郎潟周辺）

No.	市町村	水田 (ha)	畑 (ha)	水路 (カ所)	頭首工 (カ所)	溜池 (カ所)	ポンプ場 (カ所)	道路 (カ所)	橋梁 (カ所)
①	八森町	9.5	0	4	0	0	0	0	0
②	峰浜村	102.1	0	21	1	0	2	11	0
③	能代市	468.5	50.0	67	0	20	18	44	1
④	山本町	147.0	0	6	0	8	0	2	0
⑤	八竜町	96.6	270.0	16	0	8	12	12	1
⑥	大潟村	635.0	0	496	0	0	3	55	0
⑦	琴丘町	5.7	0	41	0	13	13	6	3
⑧	若美町	130.8	175.7	19	0	13	19	9	1
⑨	男鹿市	321.0	0	88	2	18	13	19	0
⑩	五城目町	7.2	0	10	0	5	0	3	0
⑪	八郎潟町	7.6	0	16	0	0	2	1	0
⑫	井川町	57.0	0	18	0	0	2	5	0
⑬	飯田川町	11.0	0	9	0	2	5	5	0
⑭	天王町	85.0	0	9	0	0	6	7	1
⑮	昭和町	25.0	0	15	1	3	4	7	0
⑯	秋田市	20.0	0	26	3	5	17	11	3
	計	2,129.0	495.7	861	7	95	116	197	10

の崩壊、家屋への流入などの被害をうけた。とくに昭和49年完了の八竜地区営営畑かん事業により実施した幹線パイプ（P C管 φ600mm）は、延長3,000mのうち約半数が壊滅状態となった。ちょうどメロンが着果から肥大の時期でもっとも水が必要なときのため、仮設ポンプを設置し地上配管（V P φ300×2）により対処した。また能代国営開拓事業においても、導水管（P C管 φ1,800）の亀裂や継手のずれなどを生じ、送水を中断して復旧に当たった。

(4) 溜池 県内には多くの灌漑用溜池がある。溜池の被害は堤体の亀裂、滑動、決壊、斜樋など取水施設の損傷等である。堤体中央部の亀裂、堤体法面のすべりとはらみ出しなどによる崩壊のおそれのあるものについては、貯水位の低下、亀裂カ所へのビニールシート被覆など緊急の処置がとられた。

(5) 津波による被害 山本郡峰浜村では、津波による海水が高さ約10mの海岸砂丘を乗り越え、海岸から約500m離れた水田地帯35haに襲来した。そして引き波時に土砂を運び、水田が埋没または流亡した。また塩水の冠水田も3haほどあった。

秋田大学鉱山学部土木学科の「日本海中部地震被害調査速報」によると、「津波調査班による青森、秋田の日本海沿岸での痕跡、聞き取り調査によると、津波第1波が最大の潮位を示し、5～10分周期で終日津波による潮位の昇降がつづいたもようである。また最大津波の高さの分布については、秋田県の八森町岩館の岩石海岸では4～5m、八森町南部の砂浜海岸で急激に大きくなり8～13mで、峰浜村との境界付近の海岸で最大の高さ13m強を記録している。峰浜村南部から能代市落合、浅内、八竜町の砂浜海岸では6～7m、男鹿半島の北岸の岩石海

岸では4～5mである”ことが報告されている。

3. 大潟土地改良区への対応

地震発生直後、大潟村は災害対策本部（宮田村長）を設置し、大潟土地改良区（宮崎理事長）では防災会議を設置した。そして大潟村農協（椎川組合長）では大潟村と共同体制をとり、それぞれの関係機関と連絡をとりながら災害対策に万全を期した。それらのうち干拓地における地震災害の対応事例として、災害を最小限に食い止めようとした大潟土地改良区への対応ぶりをみてみよう。

地震発生当時、大潟村では水稲植付後約10日で活着期の最中であった。干拓地の周辺堤防にある19カ所の用水取入口では、9名の水管理人が常時配置されていたが、地震発生により用水取入口の半数が通水不能になったことが報告されてきた。土地改良区では確認の上、直ちに県関係機関に現状報告し対策を要請した。その結果緊急処置として各農政局や民間の災害用ポンプ（φ150～500）が搬入されることになった。これを主軸に各方面から翌日までに搬入されたポンプ群は約60台にも達した。これらポンプ群の運転により、農業用水を確保することが可能となったものである。そこに八郎潟干拓地における入植者相互の災害時における協調性をみることができる。

とくにF2水系およびF1水系の受益者は、協調し合いポンプの荷卸しや据付け、燃料と油脂補給などのポンプ管理、また用水路補修、圃場への平等配水などの水管理を24時間体制で行い、用水不足による被害を最小限にとどめている。この際八郎潟基幹施設管理事務所では、幹線排水路を水源とする関係上、幹線排水路の水位調整をするなど、幹線用水路へのポンプアップを容易にしていた。

用水確保の手当てを終えると、つぎに地区内排水に移った。地区内各所にある抑制暗渠は、コルゲート管両端のハネ上りなど各所に排水不能をきたしていた。この抑制暗渠の開削は道路を切断し交通上支障となるために、早急にハネ上り部分を切断するなどして、地区内排水網を連絡せしめたものである。一方北部排水機場は、変電所故障のため運転不能で、その修理に3日間を要した。幸い南部排水機場は無傷で総点検に1日を要した後、翌日からフル運転可能な体制に入った。

後日、「地震時、一番先に何を考えたか」に対し、宮崎理事長の「干拓地周囲の堤防の切れることをもっとも恐れた。ついで地区内の用水確保と排水が念頭から離れなかった」には実感がこもっていた。また地震発生直後、前述の水管理人による無線電話の第1報は、「堤防が切れた」であったという。それは堤防の道路面すれすれま

での急激沈下、承水路からの波浪による浸水、岸部での液状化現象による地盤亀裂からの噴水などを目撃したことによる。誤報でまことに幸いであった。

V. ま と め

昭和58年日本海中部地震の秋田、青森県における土地改良関係施設の被災の特徴の一、二を簡単に述べたが、地震が5月末のことであり、水田、畑では作付が盛期に向う時に当り、用水や通作道の確保がきわめて大切で、国、地方の関係機関が地元民と緊急な連絡、処理を行い早期に応急対策が完了した。このため、その後の作柄障害を最小限にとどめることができたと認められる。このような努力こそ土地改良事業として大切な一面であるといえることができる。

今回の地震による土地改良関係被災についてみると次のようなことが挙げられる。

- (1) 地震動の持続時間が長く続き、沖積層や砂地盤、泥炭質土の所では液状化現象が著しく、噴砂による作物埋没や末端パイプライン、軽量水路の破損が多い。
- (2) 液状化の予測される土層地帯での地下埋設工、立上り管接続方式の検討。
- (3) 砂質土、泥炭土での軽量既製水路（組立て型を含む）の安定工法の確立。

- (4) 軽量製品の目地型式の検討と目地剤の開発。
- (5) 管路排水方式における異常の早期発見方法と被害軽減策の確立。
- (6) PVC管の接続方式の改善を行い、地震時の破断防止策の確立の必要。
- (7) 八郎潟干拓地では、基幹施設である堤防、道路などが相当の被害を受けたが、他の防潮水門、ポンプ場、主要橋梁などは損傷軽微で機能を発揮することができ、地域社会や農業生産活動などに大きな不安を与えていない。
- (8) 甚大な被害を受けた干拓堤防については、八郎潟堤防震災復旧技術委員会が設置され、検討が進められた。
- (9) 八郎潟とその周辺地域の農地では、土砂の噴き出し、亀裂、隆起、陥没などの広範囲にわたる農地災害を受けた。

最後に、本報およびⅡ、Ⅲ報をまとめるに当り、東北農政局、青森県、秋田県の関係機関の多くの方々に、災害復旧の多忙極まりない中で、大変お手数をわずらわすとともに資料を提供していただいた。執筆者一同心から感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 秋田大学土木工学科：日本海中部地震被害調査速報

[1983. 12. 12. 受稿]

農業土木学会選書 6

河川工作物の水理設計

著 者 川 合 亨・松 本 良 男

発 行 農 業 土 木 学 会

A 5 版 129 ページ 定 価 2,000円 会 員 特 価 1,600円

取水施設の防砂、排砂、ダム洪水吐の水理設計、河動変動、安定河道計画等について実例により解説。

報 文

津軽地方における被害の特徴と問題点

— 昭和58年日本海中部地震災害(Ⅱ) —

月館 光三* 川越 信清* 工藤 明* 長谷部次郎*
 卜蔵 建治* 萩原 守* 角野 三好*

I. はじめに

日本海中部地震による被害の特徴は、まず第一に多くの尊い人命を津波によって失われたことが挙げられようが、これを農業土木的観点から見れば、たとえば新潟地震や宮城県沖地震における都市型災害とは異なり、農村や漁村に大きな被害をもたらしたことが挙げられよう。

周知のように、わが国では近年膨大な予算を投じて農業近代化のための農業土木事業が行われているが、これとは裏腹に今回の地震による農地や土地改良関係施設の被害も甚大であった。

今回の地震災害は前報¹⁾でも述べているように、青森、秋田両県にわたっているが、本報告では青森県の津軽地方における農地や土地改良施設などの被害について、その特徴と問題点について述べ、今後の参考に供したい。

II. 津軽地域の農業水利施設の被害状況

1. 被害分布

図-1 は津軽地域でとくに被害の多い西、北土地改良事務所管内を中心とした農業水利施設の被害分布である。図-2 は、その地域の表層地質分布である。

* 弘前大学農学部 (つきだて こうぞう、かわごし のぶきよ、くどう あきら、はせべ じろう、ほくら たけはる、はぎわら まもる、かどの みよし)

キーワード

災害、灌漑用ダム、開水路、管水路、道路、農業施設、災害復旧事業、砂丘地、クイックサンド、地盤

被害は基礎地盤の悪い低平地の未固結堆積物からなる軟弱地盤に集中し、従来からいわれている被害の大きさと地盤の関係が明瞭に現われている。とくに水路の被害は未固結堆積物の地層に集中しているが、水田が未固結堆積物(泥炭層を含む)からなる沖積平野を中心に展開しており、そこには線としての水路が必然的に存在し、水路被害が多くなっている。海岸線沿いの砂丘地の水路

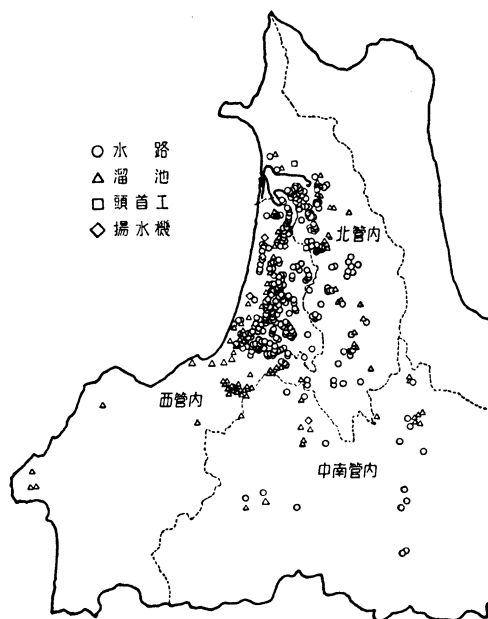


図-1 津軽地域の農業水利施設被害分布図

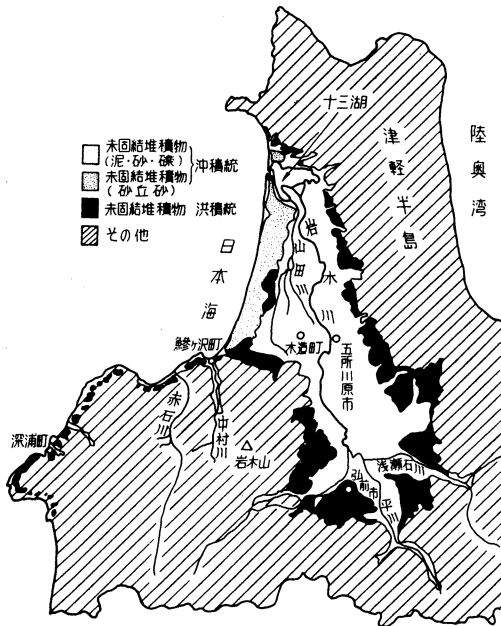


図-2 津軽地域における表層地質分布図

被害は、屏風山地区の畑地開発に伴い、埋設された灌漑・排水用の管水路関係であり、地質的には不安定な未固結堆積物である。

溜池は津軽平野の東西両側に分布している。岩木川をはさんで西側は砂丘地、東側は洪積台地との境界線沿いの比較的不安定な場所に築堤されていて、溜池被害は両地域に一樣に分布している。鯨ヶ沢地区の岩木山の山すそ付近に溜池被害が集中しているが、これは昭和30年代の開田に伴って築かれた小規模溜池が主である。

洪積台地にも耕地は存在するが、主に樹園地(リンゴ)であって、樹園地の農業水利施設が十分に整備されていないため被害が少ない。

2. 農業水利施設の被害状況

(1) 水路 青森県内で601カ所の水路被害があり、そのうち津軽地域の被害数は516カ所(西および北管内では426カ所)で全体の86%に相当する。軟弱地盤(とくに泥炭層)に水路があるためと、震災距離が比較的近いことが重なり被害を大きくしている。

西、北両管内の被害を事業主別に分類すると表-1で、西では県関係、北では市町村関係の被害の多いのが目につく。

表-2は西管内の国および県関係の213カ所の被害水路を構造別に分類したもので、U字・ベンチフルーム、柵渠、ボックスの被害順になっている。

表-3は西管内の国および県関係の71カ所と北管内の

表-1 事業主別被害件数

事業主	西管内		北管内	
	被害件数	被害額 百万	被害件数	被害額 百万
国	30	965	20	29
県	183	306	16	578
市町村	128	73	84	490
合計	341	1,344	120	1,097

表-2 西管内(国・県関係)の構造物別被害件数

水路構造	被害件数	%
U字・ベンチフルーム	59	27.7
コンクリート柵渠	57	26.8
ボックス	35	16.4
管水路関係	20	9.4
鉄筋コンクリート	16	7.5
コンクリート欠板	16	7.5
ブロック張	6	2.8
その他	4	1.9
合計	213	100.0

表-3 被害状況別件数

被害状況	西管内	北管内	計
水路の沈下, 隆起, ズレ	42	32	74
管水路の沈下, 折損等	24	24	48
法面および溝畔崩落	4	34	38
目地破損	10	27	37
掛ヒ・置ヒの沈下, 倒壊	2	18	20
欠板傾倒	16	3	19
ブロック崩壊	7	5	12
サイホン破損		2	2
笠コン破壊	1		1
盛土陥没	1		1
土水路亀裂		1	1
合計	107	146	253

100カ所の被害水路を被害状況別に調べたものである。水路被害件数と被害状況別件数が異なるのは、一つの被害カ所で複数の被害を受けているためである。

水路の被害は、沈下、隆起、ズレが多く、北管内ではとくに溝畔崩落の被害が多い。被害状況の特徴としては、三面装工水路(用水路)は沈下、隆起被害が多く、これによって目地がはく離している。沈下の場合、側壁天端が潰壊し、隆起の場合、水路底の潰壊がみられた。ブロック積工は、ブロックの突出し、天端ブロックおよび笠コンクリートが脱落している。ベンチフルームでは目地の脱落、土水路では溝畔崩落が多い。目地に対しては、振動の面から工夫する必要がある。排水路関係の被害は、コンクリート欠板、コンクリート柵渠の傾き、張りブロックの目地脱落、ブロック突出しが多い。

表-4は屏風山畑産地区の幹線用水路、排水路関係の

表-4 屏風山畑灌地区の幹線用・排水路の被害状況

水路	水路総延長	被害量	被害率	被害額
導・送水路	2,590m	50m(1)	1.93%	63百万
幹線用水路	12,782	300(12)	2.35	68
幹線排水路	7,791	402	5.30	29

() 内の数は被害カ所数, 被害率 = $\frac{\text{被害量}}{\text{水路総延長}}$

被害状況である。

管水路被害の特徴は、用水路は管継手の破損による被害が多く、とくに基礎工のしっかりしている構造物と管路の接続部、および屈曲部での被害が目立った。排水路は埋設管が陥没し、閉塞によって排水不能を生じた。

(2) 溜池 青森県内の溜池被害数は134カ所で、そのうち津軽地域で129カ所と全体の96%を占め、とくに西管内地区に被害が集中している。これは震央距離が短いこと、築堤場所が地盤の悪い谷あい出口に主として存在していることが原因になっている。地震発生は田植終了後で、溜池には十分水が貯えられていたが、地震前に好天が続いていたことが幸いし、大きな二次災害になる堤体決壊までには至らなかった。

図-3 は被害を受けた129カ所の溜池を高さ別に分類したものである。

堤高5.0m未満の溜池が全体の45%で、溜池台帳に記載されていない不明も5.0m未満と思われる、これを加えると73.6%となる。溜池1カ所当りの被害額は、堤高3.0~8.0mの比較的小規模な溜池が大きい。

表-5 は被害状況別の分類を示したものである。

堤体の亀裂が最も多く、その中でも天端部分の亀裂がほとんどを占めている。亀裂は一般に堤体中に振動性状

表-5 被害状況別被害件数

被害状況	被害件数	%	
堤体の亀裂	天端	69	52.2
	前法面	7	
	後法面	6	
堤体の沈下、崩落等	25	15.9	
取水施設等の破損	18	11.5	
張りブロックの亀裂、滑落、陥没	16	10.2	
湖底の隆起	9	5.7	
護岸の亀裂、倒壊	4	2.5	
漏水	3	2.0	
合計	157	100.0	

の異なる部分があるとその部分に生じ、とくに老朽溜池を修復している場合、新しく盛土された部分に亀裂がみられ、元の土と新しい土との接合に対して技術的問題を提起している。

震央方向と被害溜池の堤軸方向に関しては、震央に対して垂直方向に堤軸を持った溜池被害数がやや多いが、明確な関係は認められなかった²⁾。また、被害状況と堤軸方向の間にも、明確な関係は認められなかった。

III. 農地の被害

ここでは農地の被害状況および特徴について触れ、さらに発生した被害における問題点や対処する際の留意点などについて述べる。

1. 砂丘後背地水田

主として車力村、稲垣村、木造町が含まれるが、屏風山砂丘後背地の水田では陥没、隆起、亀裂および噴砂による被害が発生している。口絵写真に、水田に生じた噴砂を示す。この水田は砂丘地縁辺部に隣接した場所にある。また口絵写真に、水田に生じた亀裂、陥没を示す。この水田は太田光地区の西方、砂丘地との境界付近に存在し、盛土部にある水田である。これらのように水田に不陸部分が生じ、応急処置として仮畦畔を設置したり、あるいは耕作放棄せざるを得ない水田も多く生じている。

ところでこれらの水田の修復には、整地によらなければならないが、ここでとくに問題となるのは、噴砂の処置である。すなわち単なる整地作業によっては、耕土層の砂含有率が增大する点に注意しなければならない。たとえば砂含有率が增大した場合、砂含有率約50%を超えると急激にコーン指数が高まり硬化するという報告³⁾もあり、作物生育が阻害されるだけでなく、田植え作業や田植え後の根の安定性にも影響を及ぼすものと思われる。したがって、場合によっては整地に先立ち、噴砂の除去や客土などが必要であろう。

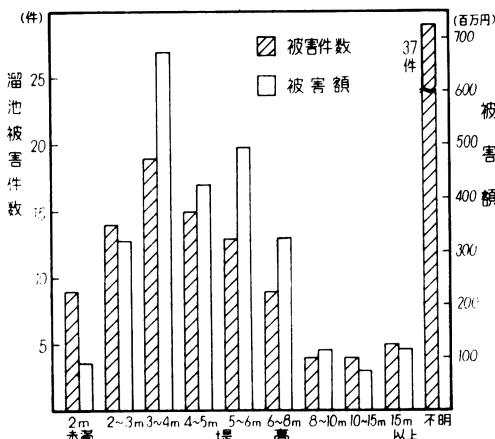


図-3 溜池の高さ別被害件数と被害額

2. 中山間地水田

主として鯉ヶ沢町における中山間地水田では、陥没、斜面崩壊などにより、多くの水田に被害が発生した。陥没による被害は、赤石川上流など各所にみられたが、いずれも埋立てによる盛土部分であることが周囲の地形その他の状況から推察できる。また高低差約2.5m以上ある水田では、谷側法面の斜面先崩壊が生じている。これらの被害は、水田造成時における盛土施工や施工管理に問題があり、復旧工事に際してはこの点に留意する必要がある。

3. 砂丘開畑地

砂丘開畑地のなかで、比較的地下水位の高い部分では、広い範囲にわたって噴砂が生じ、畑作物に被害を与えた。

屏風山砂丘は、わが国でも珍しい舌状砂丘地帯であり、多くの谷が櫛の歯のように東西方向に走っている。したがって開畑による盛土面積も比較的多い。後述するように、土質が砂であり、盛土部分の相対密度が比較的ゆるい状態であり、しかも地下水位が高い場合、液状化や噴砂の生ずる条件は十分備わっていたと考えることができる。

IV. 畑地における灌漑排水施設の被害

前報¹⁾の畑地の被害の中には、国営屏風山開拓事業地区(受益面積 893 ha)の関係も含まれる。本事業は砂丘地開発で、昭和47年度に着工し現在も継続中であるが、完成した地区から順にスプリンクラ灌漑を柱とした営農が開始されている。今回の地震では、圃場面および畑作物等に直接与えられた被害は軽微であったが、畑地灌漑施設および畑地排水施設には少なからぬ損害がみられた。その総額は約7億8千万円と見積られている。

灌漑施設の被害により、灌漑期を目前に控えた開拓事業地区の営農は一時的に恐慌に見舞われたが、集中的な復旧措置の結果、短期日で修復が進み、幹線系は6月10日までに、末端水路系でも7月末現在ではほぼ完全に原状に戻った。施設の損害に関して屏風山開拓建設事業所

がまとめた支線水路以下の末端水路関係および排水路関係の被害量と被害率を示したのが表-6である。被害率とは、総施工量に対する被害量の割合であるが、吸水渠被害のみについては支配面積の割合で示してある。

圃場の末端配管のシステムは、まず支線水路から圃場の副支線水路に入り、電磁弁を経由するスプリンクララインに分岐する。スプリンクララインは15m間隔で、各電磁弁は2列のラインを支配する。副支線から電磁弁への分岐部にはスラストブロックがまかれ、水撃によるスラストから保護されるようになっている。電磁弁に続いて玉形弁、制水弁が取り付けられ、末端は14m間隔でライザーに立上る。

今回の地震による配管システムの損傷の多くは、分岐部のスラストブロックから弁類の間で発生しているのが特徴的で、折損、亀裂、継手からの脱落などさまざまな破損状況がみられた。埋設管のT字分岐は、移動に対して両方向とも固定された状態にあり、さらにスラストブロックの効果が逆に効いて、周辺に異常に強い力が働いたものと考えられる。弁周辺の被害率は全施工量所の22%にもほり、とくに地下水位が高く液状化の著しかったとみられる車力地区では、50%を超えるカ所が破壊される激甚な状況を呈した。

管路屈曲部のL字継手部分およびライザー直下のT字継手部分も地震にはぜい弱であるが、被害率としては大きく計上されていない。しかしこれらの継手部分は、当初に損傷の発見されなかった場所で、地震後2カ月以上を経過した時点でも、事故の現われる例が少数ながら報告されたという。この現象は、地震の衝撃がその時に破壊を与えないまでも、耐圧性を劣化させたもので、通水後の加圧に抗し切れず、二次的に破断に至ったものとみることができる。

排水施設にも支線排水路および集水渠がおびただしいカ所で沈下、蛇行、ソケットからの脱落、マンホールの傾きなどの損害を受け、地下排水が不能となる多くの地区が発生した。とくに集水渠の被害は全延長の約30%にも及んだ。この排水関係の被害は事業地区全域に平均的に分布しており、灌漑施設の被害のように、地下水位の高い地区に偏る傾向は認められなかった。排水の不良となった地区には応急的に多数のポンプが導入され、マンホール間を連絡して排水に努めたため、排水不良が原因で営農上支障となった事例は現われていない。

管路システムに限らず、高地下水位の砂地盤での構築物が地震に弱いのは当然であるが、せめて、液状化の最大要因となった地下水の水位が低ければ、被害の様相もいくらか違ったものになったと想像される。しかし地下

表-6 畑地灌漑および排水施設の被害

工 種	施工総量	被害数量	被害率 (%)
支線用水路 (m)	36,150	165	0.5
電磁弁周り (カ所)	1,307	290	22.2
スプリンクラ周り (ヶ)	25,691	975	3.8
幹線排水路 (m)	7,791	412	5.3
支線排水路 (ヶ)	23,393	4,940	21.1
集水渠 (ヶ)	45,249	13,551	29.9
吸水渠 (ha)	588.1	36.4	6.2

(東北農政局屏風山開拓建設事業所調)

水位の低下は技術的には可能でも、地区周辺に広がる国立公園の自然生態系に与える影響を考慮しなければならず、この検討はこれからの大きな課題となろう。

V. 道路の被害

青森県内における土地改良関係の道路被害のうち、西津軽および北津軽管内を合せると被害額の72%、また被害カ所数で76%を占める。しかもこの2管内のうち、車力および中里地区に被害カ所が集中している。したがって以下では被害の多いこの2地区に絞って特徴を述べる。

地質図によれば、車力地区は砂地盤である。また中里地区の被害カ所のすべては沖積低平地であり、シルト質粘土を含む泥炭地である。車力—中里、および中里—蟹田を結ぶ2本の断層に囲まれる地区に被害が多発し、この断層の影響が今回の被害に影響しているとも考えられる。

次に道路の被害状況を次のように大別⁴⁾して検討する。縦断方向に波状に沈下するタイプ(A型)、路肩部分の亀裂および崩壊(B型)(口絵写真)、路面の縦断方向亀裂および崩壊(C型)、路面横断方向亀裂および崩壊(D型)、埋設構造物の陥没による破壊(F型)に分類することとした。車力地区のうち、日本海に平行に走る屏風山広域農道の被害は主にB型であり、道路橋との取付け部ではD型の被害を生じた。さらに広域農道に直角方向に走る幹線道路の被害は主としてA型である。中里地区の被害13カ所のうち、日本海に平行に走る道路の被害は10カ所であるが、このうち8カ所はB型である。

これらの結果から、西津軽地区における道路被害の特徴は、地震動に垂直に走る道路はB型であり、また平行に走る道路ではA型が主であるといえる。

また道路被害に関連して特記すべきは、地震発生後における関係機関の迅速な対応により、道路被害に対する復旧は極めて適切であり、他の施設の復旧資材運搬道としてその役目を十分発揮した。

VI. 農業施設の被害

地震による農業生産・流通にかかわる建築物の被害は、主として農協が管理運営する大型の共同利用施設であり、被害件数は128件、6億円以上の被害額であり(表-7)、農業施設の整備充実と大型化が進んだ都市部で被害が多い。施設別にみると、農業倉庫(米)、冷蔵庫(リンゴ)など農産物の貯蔵施設が全体の46%(件数)、資材倉庫、燃料貯蔵庫などの生産資材を保管する建物が41%で、壁や床のコンクリートの亀裂が主であるが、床や基礎の陥没、沈下も多数認められる。米の低温貯蔵庫では、山積みされた袋が崩れ、空調装置を破損し、多額の被害が生じたり、袋を積直す人件費だけで数百万円を要したところもある。野菜集出荷所も床、壁(コンクリート)の沈下や亀裂が主であり、その他のなかには、集会所などの共同利用の建物も含まれているが、被害はコンクリート部分の亀裂が主である。しかしライスセンターは、床や壁の亀裂、沈下に加えて機械、電気設備などにも多額の被害が生じている。

今回の地震は、これらの建物の多くが利用されていない時期に発生したため、建物自体の被害が少なかっただけでなく、米、リンゴなどの農産物、肥料、農業など生産資材の在庫品が少なかったことが、被害額を低くしていることは明らかである。在庫品が満杯の場合や、ライスセンターなどが稼働しているシーズンならば、人命を含め被害は想像を超えるものになったであろう。

被災施設の多くは昭和40年代後半から50年代にかけて、青森県内において農協の整理・統合、あるいは構造改善事業が進むなかで、新たに建設された大型の建物である。これらのなかには、圃場整備事業の際、排水路掘削に伴う排土を水田に盛土した地盤に建設された施設もある。これらのうち、今回の地震によって床に凹凸が生じた一例を示せば図-4のとおりである。縦断図から、5~15cm程度の床版の高低差が生じているが、これは

表-7 日本海中部地震による青森県内の農業共同利用施設の被害状況

共同利用施設	件数	金額
農業倉庫	51	248,328千円
リンゴ冷蔵庫	8	105,790
資材倉庫	40	123,235
燃料関係	13	46,745
ライスセンター	6	41,793
野菜集出荷所	3	37,300
有線放送	1	250
その他	6	3,200
総計	128	606,641

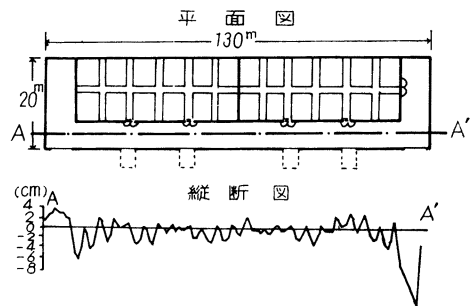


図-4 低温倉庫床版の縦断測量の結果

床版の構造上の問題だけでなく、盛土した基礎地盤の沈下も大きな原因となっている。

農村地帯の大型建築物は、それが共同利用であることから、水田地帯の中央部に盛土して建設されることが多い点で、地盤特性を含めて、耐震性に関する十分な検討が必要である。

なお直接生産にかかわる建物として、畜舎(口絵写真)、温室(ビニールハウスなどを含む)の被害があるが、畜舎など14件が挙げられている。温室では基礎のコンクリートに亀裂が生じたものや、ビニールハウス内の地面が陥没、隆起、地割れしたものがあつたが、被害額についてはまだ報告されていない。

VII. 噴砂および液状化

今回の災害の工学的特徴として、砂地盤の液状化あるいは噴砂による被害が挙げられる。噴砂の生じた位置の分布の概要を 図-5 に示した。噴砂の生じた位置は、砂丘間の低地、砂丘後背部、河川高水敷、盛土部などに多く発生しているのが特徴的である。これらの共通している点は、地下水位が高いこと、盛土などによって相対密度が小さいこと、砂質土であることなどが挙げられる。

液状化発生条件は、土の粒度分布、密度、地下水位、地震の加速度など、多くの要因を総合的に判断しなければならないが、液状化発生の可能性を判断する方法として、道路橋示方書⁹⁾における液状化抵抗係数 F_L による方法がある。これは N 値、平均粒径、深度、全上載圧、地表面における地震の最大加速度などから F_L を求め、 F_L が 1.0 (深さ 10m 以深では 0.8) 以下の場合、液状化の可能性があると判断して設計上対処する

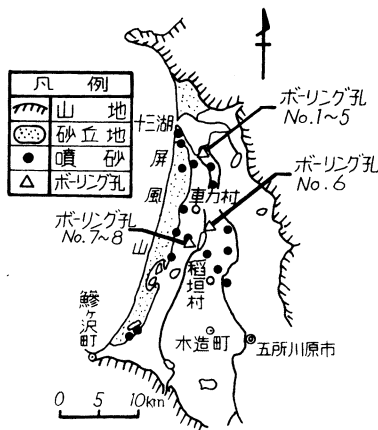


図-5 噴砂およびボーリング位置図

深さ (m)	ボーリング孔 No.1		ボーリング孔 No.3		ボーリング孔 No.6		ボーリング孔 No.7	
	土質	F_L 0.5:1.5	土質	F_L 0.5:1.5	土質	F_L 0.5:1.5	土質	F_L 0.5:1.5
2	砂質土		盛土土		盛土土		盛土土	
4	砂		中砂		細砂		細砂	
6			細砂		砂質土			
8	砂質土		中砂				砂質	
10			細砂		シルト		シルト	
12			中砂					
14	砂		細砂					
16			砂質土					
18	砂質土		シルト質土				細砂	

- 注1) 斜線は液状化の可能性ある土層
- 2) 地表面最大加速度 a_{max} は 200gal として計算
- 3) ボーリング孔の位置は、図-5 に示す。

図-6 噴砂地帯の柱状図と液状化抵抗係数 F_L

こととなっている。青森県西土地改良事業所が過去に行つたサウンディング資料から、噴砂地帯における土柱図および N 値をもとに、各地点の F_L を算出して 図-6 に示した。図から明らかのように、各地点とも全層が危険と判断され、本地域の砂地盤はきわめて液状化しやすい性質を有していることが明らかとなった。

液状化防止対策は、構造物の種類などによって種々あろうが、地盤処理で考える場合、振動による密度の増大、地下水位の低下などがあるが、今後さらに詳細な検討が必要であろう。

VIII. おわりに

・日本海中部地震災害のうち、青森県津軽地方における農地、土地改良関係施設および農業施設を中心として、被害の特徴と問題点について述べた。また今回の災害の大きな特徴といえる液状化についても触れた。地震発生後6カ月を経過した現在、地元および関係方面の努力によってほぼ復旧したが、地元や農家の経済的負担などの傷跡がまだ残されている。今回の災害を教訓として、農業土木の立場から今後さらに解析を深めていきたい。

引用文献

- 1) 篠辺三郎・能登屋享・土崎哲男: 青森, 秋田県における土地改良関係施設の被害概要, 農土誌52(6), pp. 5~10 (1984)
- 2) 工藤 明・川越信清・篠辺三郎: 日本海中部地震における農業水利施設被害について, 農土学会東北支部講演要旨, pp. 50~53 (1983)
- 3) 月館光三・吉田 力: 昭和47.7秋田豪雨における農地災害, 東北地域災害科学研究 (1973)
- 4) 農土学会八郎潟調査委員会: 日本海中部地震による八郎潟災害調査報告, 農土誌51(7), p. 103 (1983)
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (1980)

[1983. 12. 12. 受稿]

報 文

八郎潟干拓地の被害の特徴と問題点

— 昭和58年日本海中部地震災害(Ⅲ) —

土崎 哲男* 青木 貞憲* 住田 章* 佐藤 照男* 泉 完*

I. はしがき

58年5月26日の日本海中部地震が発生して以来、早くも半年が経過しようとしている。県内各被災地では、米年の農作業に支障のないよう1日も早く農地や施設を復旧すべく、懸命の努力がなされている。

ここ八郎潟干拓地においても、干拓堤防をはじめ農地や農業用施設など多くの被害をうけたが、幸いにも農水省をはじめ関係機関の強力かつ適切なご支援を得て、また秋田県、村役場、土地改良区などの適切な応急処置によって、農繁期の困難を乗り越え、現在着々と復旧工事が進められている。

本報告は、これまでに出版された地震関係報告の中から、八郎潟干拓地に関する報告^{1),2),3)}をふまえながら、その後の調査を通じて被災の実態を報告しようとするものである。

なお、本報告をとりまとめるにあたりご教示いただいた八郎潟干拓地災害調査委員会(東山 勇委員長)、秋田県、大潟村、大潟土地改良区などの担当係員に対し謝意を表するものである。

II. 干拓堤防・排水機場

1. 干拓堤防

干拓堤防の被災は、干拓地内諸施設の中でもっとも

大きなもので、正面、東部、西部の各堤防の延長約40kmに及ぶ。また堤防全体の80%にわたり亀裂、沈下、陥没などの被災であったが、地震直後にアスファルト部分舗装や土のう積みなどの応急処置を終え、現在本格的な復旧工事に入ろうとしている。

これより先に、八郎潟干拓堤防被災重視の観点から、建設省、農水省、東北工大、秋田県などの専門家からなる「八郎潟堤防震災復旧技術委員会(委員長久保陽秋田県土木部長)」が設置されて、堤防の復旧工法の検討が続けられてきたが、さる7月30日付秋田さきがけ紙(夕刊)によれば、同委員会がこれまでに行ってきた検討経過の中からつぎの基本的な考え方を打出している。「堤防の砂の液状化現象を抑える方向を打出し、抑え盛土をする、鋼矢板を水際に打込む、水抜きパイプを増やす」の3点である。

したがって、復旧工法は「①堤防の高さは沈下前の計画高さまで砂盛土しかさ上げする、②堤防前面と後面の抑え盛土は従来より約1m厚くする、③堤防前面の調整池や承水路に面した斜面と厚くした抑え盛土の上部は、アスファルト舗装する、④調整池や承水路に接している水際の捨石は従来どおり、さらに水際から堤防までの間に捨石を積む、⑤積んだ捨石と堤防内の境に鋼矢板を打込む、⑥堤防の後面に堤防内の水を抜くドレンパイプを堤防と直角方向に設置するほか、新たに堤防と平行してドレンパイプを埋設し水はけをよくする」である。

2. 排水機場

南部、北部排水機場ともに機器的施設の異常は、全く

* 秋田県立農業短期大学(とどぎ てつお、あおき さだのり、すみた あきら、さとう てるお、いずみ まったし)

キーワード

災害、干拓堤防、排水機場、道路、地震

なく機場基礎の耐震性が実証された。その他の被災として南部排水機場では、屋外中央幹線排水路西側護岸斜面や側壁の被災がみられた程度である。

また北部排水機場では、屋外変電所変圧器が地盤沈下のため5月26日12時30分から28日15時8分まで電源が一時停止した。これに対し南部排水機場では5月26日14時10分から受電開始、試運転を行って正常を確認しながら、同日24時までに正常運転の確認を終わっている。その他、両機場とも機器および施設内の点検、巡視など迅速適切な応急処置が行われた。

III. 道路・橋梁

1. 道 路

大潟村内を走る道路は、干拓堤防小段道路（一部に県道あるいは農免道路を含む）52 km、県道八竜大潟若美線18 km、同道村大川線11 km、同野石鹿渡線10 km、村道195 km および農道447 km である。これらのうち地震被害の甚だしいものは、干拓堤防小段道路部分、および承水路を横断し周辺の町村とを結ぶ橋梁の取付道路部分であって、いずれも干拓堤防の亀裂、沈下、陥没などである。

小段道路のうちとくに被害の大きい部分は、大潟村北西部、五明光橋付近の西部承水路堤防小段道路の約4 km に及ぶ区間（県道八竜大潟若美線に含まれる）で、この全域にわたり堤防が1.5～2 m ほど沈下したため、いたるところで噴砂、亀裂が発生し、道路は大きく波打ちながらねじられ、一部で片側一車線を飲込むほどの巨大な陥没も生じた。

地震から半年を経過した現在、ようやく復旧工事が開始されたが、この部分は路盤から改修しなければならず、工事の完成は昭和59年度に予定されている。また、それ以外の小段道路については、干拓堤防の復旧とあわせて工事がすすめられることになっているため、その復旧にはまだしばらく時間がかかる見込みである。

大潟村内の県道関係の被害は、橋梁は取付部盛土の陥没、崩壊、または道路横断暗渠あるいは道路横断サイホンなど埋設構造物の陥没、隆起、埋戻し土の沈下などによる道路損壊が大部分を占めている。とくに大潟村の生命線といわれる周辺町村とを結ぶ大潟橋、新生大橋、野石橋（以上県道）および五明光橋（村道）が、橋梁取付部である堤防の沈下により通行不能となり、大潟村は一時孤立の危機に直面した。しかし、県および村当局の素早い対応により、大潟橋、新生大橋は当日のうちに、野石橋は翌日に通行を確保している。

現在すでに復旧工事が開始されているが、大潟橋取付

部については昭和58年度中に、新生大橋および野石橋については翌59年度中に工事完成が予定されている。また大潟村にはすでに述べた四つの橋梁のほか、19の小橋梁があるが、これらのほとんどが程度の差こそあれ、取付部分の盛土の沈下を生じている。これらの被害のうち県道分16カ所についてはすでに復旧工事が完了している。

村道の被害は、五明光橋をはさむ取付は道路の亀裂、陥没、崩壊がとくに甚大であった。この道路は6月5日に仮復旧したが、それまではしばらく放置されたため、地震の激しさ、恐ろしさを認識する格好の材料となった。その他の村道被害は、村内循環道路の道路下埋設構造物の陥没などによるものが大部分で、これによる大きな支障は、県道同様とくには認められなかった。村道被害17カ所についても、現在ちょうど災害復旧工事がスタートしたところである。

農道についても、陥没、沈下および波状変形などの県道、村道と同様の被害がみられた。とくに農道の場合は陥没の被害が群を抜いて多く、波状変形がそれにつづいている。B12周辺の一部を除いていずれも規模的にはさほど大きなものはなく、現在ほぼ復旧は終了している。

2. 橋 梁

大潟村内には大小合わせて23の橋梁があるが、橋梁袖工や取付道路の被災はみられたものの、橋梁自体（橋脚、橋台、橋桁など）には、ほとんど被害は認められなかった。しかし、地震災害調査がすすむにつれ、大潟橋、新生大橋、幹線排水路にかかるみゆき橋、南の橋および北の橋で、一部可動柵の不全が発見された。これは、可動柵の伸び過ぎによるものが大部分で、現在これらの橋は大型自動車の通行が禁止されている。

柵の交換および柵座の補強工事が昭和58年度内に実施されることが計画されている。

IV. 農業水利施設

1. 取 水 工

取水工は、暗渠方式（西部承水路扱い）7カ所、サイホン式（正面堤防、東部承水路右岸堤防扱い）12カ所がある。それぞれ程度の差はあるものの全域で被災した。現在応急処置の機材も撤去され、復旧工事が開始されようとしている。

2. 幹線用水路

幹線用水路は、取水工に連なる施設であり、総延長は堤防延長の約2倍に相当し、干拓地内全域に設置されている。沈下、横ゆれ、座屈などが被災の特徴のようであるが、本地区の場合、水路形式は多様であり、したがって、復旧工事も多種多様となっている。

3. 幹線用水路幹線道路横断サイホン工

幹線用水路幹線道路横断サイホン工の被災位置を 図-1 に示す。図には八郎潟へドロ等深線⁹⁾を同時に示した。これら被災位置の等深線上の分布の実態を調べるために、度数分布を作ってみると、平均約 26 m (分散 219 m²) である。被災の特徴として、呑口水槽と吐出水槽の傾斜、両水槽を連結している鋼管上の路面沈下、水槽周囲の地表面沈下などである。各地点の流水状況はサイホンを通してはいるが、なお安全のためには、灌漑初期の通水状況の点検が必要である。

4. 小用水路

小用水路被災の特徴は、水路の沈下、隆起、ずれ、地被災である。これら被災位置の概略をまとめ 図-2 に示す。なお図の数字は、小用水路施工年度⁹⁾を示す。この図から、被災位置は干拓地内 1 級 3 号幹線道路の北側、東部承水路側 2 級 2 号幹線道路付近東側に多いようである。これに対し、中央部、南西部の被害は少ない。中央部南側はほとんどない。

5. 道路横断暗渠 (コルゲートパイプ)

道路横断暗渠の被災は、村内北東部 1 級 3 号幹線道路沿い、および東部 2 級 2 号幹線道路沿いで大きいようであり、中央幹線排水路沿いでは比較的軽度の被災であ

る。被災位置のへドロ等深線図上の分布の実態を調べるために、被災位置を 図-1 にプロットして度数分布を調べたところ、平均 27 m (分散 204 m²) である。被災の特徴は、コルゲート管が屈折して管両端のはね上り、下がりによる排水不能である。応急処置は、管を切断することで通水可能にして、灌漑期を経過した。現在復旧工事がさかんに進められている。

V. 農地災害

今回の地震によって農地も広範囲にわたって被災を受けた。過去に干拓地を襲った大地震ではほとんど認めなかった種類の災害である。図-3 は農地災害の発生区域を示したものであるが、58年7月現在、その被災面積は干拓地全体で 635 ha にも及んでいる。

1. 土砂の噴出し、農地の隆起

口絵写真に土砂の噴出し、いわゆる「噴砂現象」による農地の被災状況を示す。写真にみるように砂の噴出しは、個別的には小さな噴火山状の形状であるが、被災の激甚なところでは、これが重なりあって島状の盛上がりを形成している。なかでも、西部承水路をはさんで若美町五光明と対岸に位置する B16 圃場では、へドロ色の砂が水田のなかで噴上げ、その被災は予想以上にひどく、

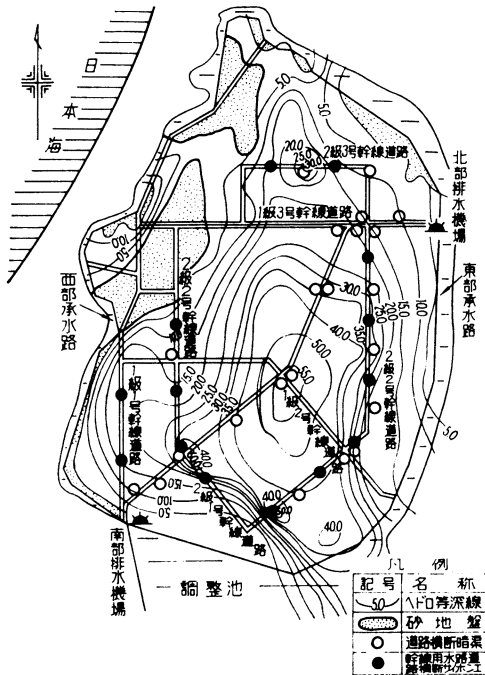


図-1 道路横断暗渠、幹線用水路道路横断サイホン工の被災位置 (図の等高線は、へドロ等深線を示す)

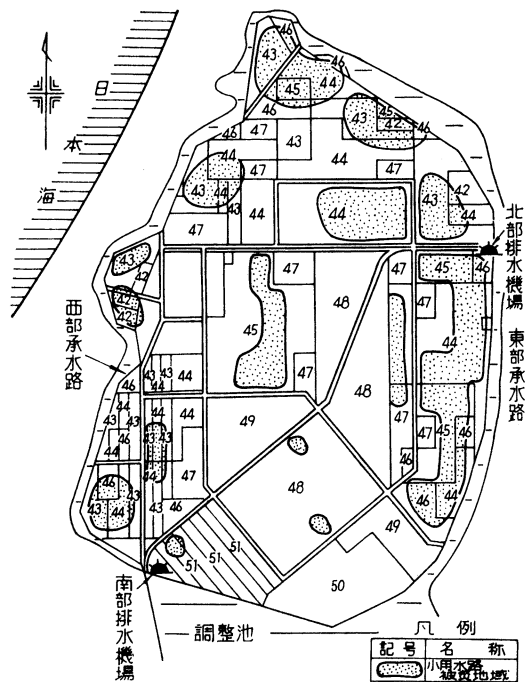


図-2 小用水路の被災位置 (図の数字は施工年度を示す)

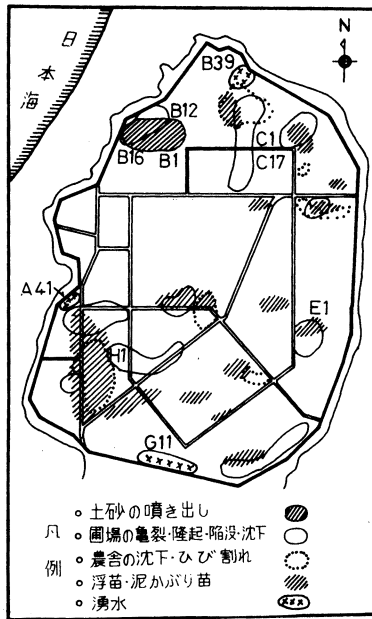


図-3 農地災害の発生概況図

被災面積が 8 ha 以上に及ぶ。

噴砂孔の最大のものは、孔の直径が 1.3 m、孔の深さ 20 cm、高さ 30 cm、噴砂の外径が約 13 m である。噴砂孔のなかには、N 23°W、N 16°W といった方向性もみられた。

図-4 に B16 圃場の水田にみられる噴砂の粒度分布の一例を示した。同図の a、b、c 線が噴砂の粒度分布、d 線は噴砂でない地表面下 40 cm の砂のものである。噴砂 a、b、c 線は d 線と比較して、均等粒径の細砂が多く、均等係数も $U_c = 1.3 \sim 1.7$ であった。

土砂の噴出しは、程度の差こそあれ、B12圃場や旧集落予定地の B1、C1、E1、F1、H1などでもみられた。

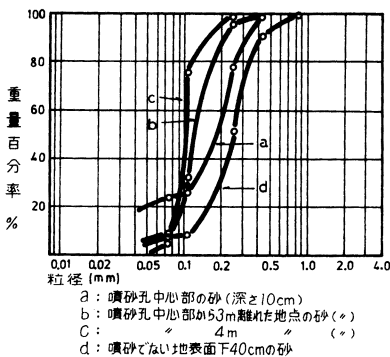


図-4 噴砂の粒度分布 (B16圃場)

これらの圃場は、もとのヘドロ軟弱地盤の上に砂を客土した地区である。土砂の噴出しは、水田だけでなく周辺の麦畑でも観測されたが、その被災程度は水田に比べてはるかに小さい。また、水田一筆のなかで、噴砂が重なりあった島状の盛上りの他に、田面が全体的に隆起した圃場もある。その最大値は B16圃場で約 40 cm にも達し、これらは不陸となって湛水が不可能となり、稲は枯死状態にいたった。

2. 農地の亀裂、陥没、沈下

農地の陥没、沈下は B12、B16圃場がとくにひどく、B12圃場の被災耕区では耕区の南側 (小排水路側) 約 1/3 の面積にわたって、20 cm 前後の様な陥没、沈下がみられた。農家ではこれらの応急対策として波トタンの仮畦畔によって急場をしをいだ。また両圃場では局部的な陥没、沈下も多数みられたが、その最大は B16圃場で 43 cm、B12圃場で 55 cm にも達している。また旧集落予定地の E1 圃場ではヘドロ軟弱地盤への砂の搬入客土、ついで増反配分時に砂の除去とその残積砂土の肥沃化のため、現位置下層からヘドロを筋状に掘削して撤き出すといった工法で客土した地区であるが、深さ 25 cm 程度の筋状陥没が生じた。この種の被災は B1、C1、H1 圃場でもみられた。

農地被災の激甚な B12、B16圃場は、強グライ強粘質の富曽亀統と強グライ砂質の八幡統とが複雑に入組んだ境界線⁹⁾にあたる。とくに B12圃場にみられる東西方向に走る大規模な陥没、沈下は、砂地盤の八幡統とヘドロ地盤の富曽亀統の境界で発生した可能性が高い。また E1 は強グライの白山統と砂質の琴浜統と同様に入組んだ境界線のところであり、このようなところで砂の「液状化現象」が激しく発生したことは、その発生メカニズムを解明するうえで重要な手がかりとなるものと考えられる。なお、陥没、沈下による農地被災は水田だけでなく、その周辺の麦畑にも及んでいる。

砂の液状化による農地の陥没、沈下の被災の他に、ヘドロ軟弱地盤では、排水路沿いの畦畔部に亀裂が生じ、沈下、滑動がみられた。とくに C17圃場は支線排水路と小排水路の交差する地点の周辺部で、支線排水路沿いの畦畔から約 5 m 離れた田面に、亀裂幅 15 cm、深さ 1.0 m 以上の亀裂の発生がみられた。この圃場は昭和 45~54 年までは水田、55~57 年まで畑地 (麦作)、58 年が水田と、田畑輪換圃場として利用されている。

被災の激甚な B12、B16圃場にみられる農地の陥没、沈下、隆起、噴砂による農地災害の復旧工法としてはつぎの二工法が検討され、現在、復旧工事が着々と進めら

れている。

1) 田面不陸の復旧：全面砂の不陸均しの後、乾燥したヘドロを厚さ 10 cm をめどに客土し、水の掛け引きに支障のない田面標高に整地する。

2) 下層心土層に及ぶ局所陥没の復旧：陥没が下層心土層に及んでいるので、心土復旧として砂質土を搬入客土し、その上に乾燥ヘドロを厚さ 10 cm をめどに客土し整地する。

なお、筋状陥没の生じた旧集落予定地 E1, H1, B1, C1 の水田では、陥没カ所にヘドロを搬入客土し、周辺部の田面と同高になるよう復旧工事が進められている。

3. 湧水

干拓堤防沿いの B39, A41, G11, B4, B7 などの圃場では、地震後湧水がみられた。とくに B39 圃場では地下水が地表に噴出し、その自噴量は 3.1 l/s にも達した。この湧水処理として、軟弱化しているカ所に約 4～5 m の間隔で立型有孔管を入れ、湧水を集水した後、集水渠を通して排水路へ排水する工法が検討され、復旧工事が進められている。

4. 暗渠被災

農地の陥没、沈下による被災のひどい B12 圃場の水田では、吸水渠の一部に縦断方向の波うちや横断方向の蛇行を生じる被災がみられた。しかし、干拓地全域にわたる暗渠被災の実態をとらえることは難しく、今後の調査が必要となる。

5. 浮苗、泥かぶり苗

浮苗は苗の活着の程度、苗の植付け深さ、湛水深の違いによって、その発生状況が異なっている。とくに作土層が軟弱なヘドロ土壌で、田植時期が遅く苗の植付け深さも浅く、しかも湛水深が 4～5 cm 以上の深水の圃場ほど、水田一筆の全面にわたって浮苗がみられた。また泥かぶり苗は、深水の水田ほどその被害が大きい。両者の被災は H 圃場でとくに多く発生した。浮苗や泥かぶり苗の発生した圃場では直ちに補植され、現状復旧がなされている。

6. 農舎の沈下、ひび割れ

圃場における農機具、資材置場などを兼ねた農舎の沈下、ひび割れの被害は、農地の陥没、沈下と同様にヘドロ地盤に砂を客土したカ所でその被害が大きい。B12 圃場に位置する農舎では約 70 cm の沈下がみられた。農舎の大部分はヘドロ地盤に砂を盛って築立されているので少なからず沈下、ひび割れが発生している。とくに水田周辺部の農舎ほど被災程度が大きい。

引用文献

- 1) 委員会：日本海中部地震による八郎潟災害調査報告(速報), 農士誌 51(7), (1983)
- 2) 委員会：日本海中部地震による八郎潟災害調査報告(報告書)(1983)
- 3) 能登屋享：日本海中部地震の報告(秋田県), 農業土木 No. 404, (1983)
- 4) 東北農政局・八郎潟新農村建設事業団：八郎潟干拓事業, 八郎潟新農村建設事業設計図集, 八郎潟ヘドロ等深図 3 (1977)
- 5) 農林省構造改善局編：八郎潟新農村建設事業誌, p. 426 (1977)
- 6) 秋田農試：八郎潟中央干拓地土壌説明書(第 1 期土壌調査) (1970)

[1983. 12. 12. 受稿]

演習書シリーズ No. 1

頭 首 工 の 設 計

編 集 農業土木学会教育教材等検討委員会
 発 行 農 業 土 木 学 会
 B 5 249 ページ 定価 4,500 円 会員特価 3,500 円

実務経験の浅い技術者あるいは学生を対象とし、「設計基準」を活用する上での潤滑剤的存在あるいは設計入門書であって、水理及び基本設計, 安定・構造計算, ゲート, 管理橋, 施工計画, 溪流取水工等具体的計算例と手順で設計の参考になるよう編集。

報 文

日本海中部地震によるパイプラインの被災とその復旧

豊島 弘三* 阿久津 弘** 野呂 敏文*** 石堂 隆憲****

I. はじめに

昭和58年5月26日、マグニチュード7.7という大きなエネルギーをもった日本海中部地震が発生し、青森、秋田の両県を中心に、農地、農業用施設に大きな被害をもたらした。現在、両県下で13地区の国営土地改良事業を実施しているが、これら国営地区での被災が震源に近い能代地区（開拓・秋田県）、屏風山地区（開拓・青森県）に限定されたことは不幸中の幸いであった。

能代地区では、用水路、排水路、道路および造成地内の法面に被害がみられたが、とくに多いのは、用水路（管水路）の継手の抜け出し、排水路（開水路）の滑りや不等沈下であり、道路の被災はいずれも用水路の被災に伴う二次的なものであった。

また、屏風山地区では、用水路、排水路、末端配管施設、道路に被害があったが、ここでも管路として施工している用水路、排水路の継手部での被害が多かった。

末端配管施設の被災については他の報文に譲ることとして、ここではこの2地区における基幹パイプラインの被災とその復旧について報告することとする。

なお、この報文は、日本海中部地震による両地区のハイプライン災害を記録し、地震による被災要因を明らかに

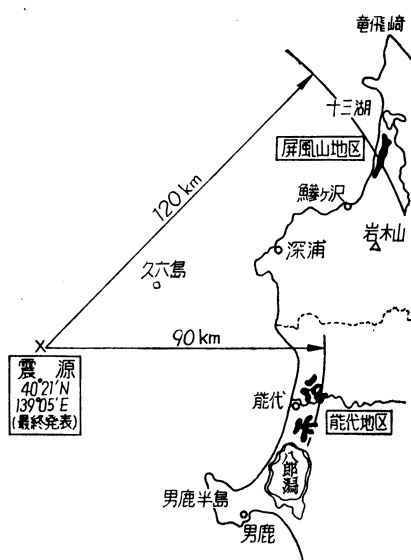


図-1 震源と屏風山地区、能代地区との関係

にするとともに、復旧に当たっての留意点、将来に向かつての防災対策を検討することを目的に東北農政局の要請により設置された日本海中部地震対策に関する技術検討委員会（委員長：白滝山二東京農工大学教授）の検討結果等を中心にとりまとめている。

II. 能代地区の被災とその復旧

本事業は、秋田県能代市を中心に米代川の左右岸に展

* 構造改善局計画部資源課（とよしま こうぞう）
 ** 東北農政局能代開拓建設事業所（あくつ ひろし）
 *** 東北農政局屏風山開拓建設事業所（のろ としふみ）
 **** 日本農業土木総合研究所（いしどう たかのり）

キーワード 災害、管体（パイプライン）、地盤

開する起伏の少ない丘陵・台地を対象に、1,760 haの農地造成と1,510 haの区画整理を実施するとともに、米代川支流粕毛川に築造された素波里ダム（秋田県営多目的ダム）からトンネルと管水路によって、これらの農地に農業用水を供給する国営総合農地開発事業である。

1. 施工の状況

受益地域は米代川をはさむ南北の段丘と、米代川およびその支流によって開析された沖積低地とに広がっており、用水路も、第1号導水路が山地をトンネルで通過するほかは、被害の多かった第2号導水路、左岸・右岸の各幹線、埴川・浅内の各支線とも段丘または沖積低地を通過している。

管水路の周辺の地質は砂質土または粘質土であり、地盤支持力は N 値10未満と小さく、概して軟弱な地盤で占められている。このため、施工に当っては、軟弱地盤では基礎を近傍で採取した砂または碎石で置換し、埋戻材の土質が不適当な場所ではこれを前記の砂で置換した。

管種は、大部分が内径400mmから1,800mmのプレストレストコンクリート管（PCP）であるが、地質によってはダクタイル鋳鉄管（DCP）、鋼管（SP）、強化プラスチック複合管（FRPMP）も使用されている。

2. 被災の状況

用水路は延長にして50.74kmの工事が進んでいたが、地震直後の地表および管内踏査によって表-1に示す3.50kmの区間で被災が確認された。

また、被災要因を究明し、復旧工法を検討する目的で実施した管体移動量・可とう管変位量の測定、継目部の水密試験、コンクリート構造物の標高測定、噴出砂の粒度試験、ボーリング等の結果は次のとおりである。

① 被災カ所と地形・地質との間には密接な関係がみ

られる。

② 管体に被害がなくても、埋設部の地表面が沈下、亀裂等を起こし、農地、農作物に被害を及ぼしている区間がある。これは鋼管、FRPM管、ダクタイル鋳鉄管のようなう性管を布設した軟弱地盤に集中的にみられる。

③ コンクリート構造物と接続する鋼管、PC管の相対変位量（地震前後の継目間隔）については、大きな値が測定されており、とくに屈曲部において著しい。

しかし、軟弱層に布設したう性管では、コンクリート構造物に杭基礎を採用していることもあり、相対変位量は小さい。

④ PC管路における継手部の相対変位量は、継目間隔およびゴムリングの位置で測定されることとなるが、継手部の水密性を確保するためには、これらの値が有効範囲にあることが必要である。調査によれば、継目間隔の値が有効範囲にあっても、ゴムリングの位置が所定の値を超えているカ所がみられる。

⑤ PC管継手部における相対変位量が10mmを超えるカ所がみられる。他方、ソイルセメント等を用いて軟弱地盤の改良を行ったFRPM管およびダクタイル鋳鉄管路では、一般の継手部の動きは少量であるが、継ぎ輪部分の変位量は大きい。

⑥ 可とう管（摺動型、ゴム型）について地震前後の伸縮量、偏心量、ねじれ量、複合変位量等を測定したところ、一部に偏心量が許容値に接近したものの、複合変位量が許容値を上回ったもの、ストッパーの破断・可とう管の横ずれを生じたものがみられた。

⑦ PC管路の基床には近傍の土取場の砂を用いているが、今回の土質試験の結果、土取場が異なっても同様の物理的性質を示している。とくに均等係数は5未満の

表-1 能代地区用水路の被災状況

施設名	施工数値 (km)	被災状況				
		被災数値 (km)	構造	主な特徴	管径等(mm)	主な現象
第1号導水路	11.67	0.37	PC水路橋	ポストテンション方式	高3050, 幅3400	番座移動に伴う継目部破壊, 漏水
第2号導水路	11.54	1.22	PCP, DCP, SP FRPMP	ゴム輪継手方式	φ1650	管体移動に伴う継手の抜出し, 漏水外
右岸幹線用水路	6.04	0.19	PCP	"	φ1800~800	"
埴川支線用水路	4.45	0.36	PCP	"	φ800~500	"
大豊沢支線用水路	3.19	0.02	PCP	"	φ1000~500	"
朴瀬支線用水路	3.46	0.12	PCP, VUP	"	φ1200~500	"
常盤支線用水路	2.60	0.01	PCP, VUP	"	φ700~400	"
藤切台支線用水路	1.58	—	PCP, VUP	"	φ800~450	"
左岸幹線用水路	1.66	0.23	PCP	"	φ1650	管体移動に伴う継手の抜出し, 漏水外
浅内支線用水路	2.27	0.84	PCP	押し輪継手方式	φ1200~1100	"
その他支線用水路	1.62	—	VUP	TS継手方式	φ300	"
米代川水管橋	0.52	—	SP	ランガー補剛桁方式	φ1000×2	"
檜山川水管橋	0.11	0.11	SP	π型補剛方式	φ1650	番座移動, 可とう管の偏位
国鉄横断水管橋	0.03	0.03	SP	パイプビーム方式	φ1200	"

表-2 現象別被災カ所数, 復旧方法

施設名	構造物周辺部			管路継手部		管体移動	
	カ所数	布設替 (本)	バンド (本)	カ所数	バンド (本)	カ所数	布設替 (本)
第2号導水路							
右岸	17	35	12	120	120	9	109
左岸	6	11	3	13	13	—	—
左岸幹線用水路	1	7	14	37	37	—	—
浅内支線用水路	12	33	8	76	76	2	89
右岸幹線用水路	2	11	—	6	6	3	31
壩川支線用水路	6	32	—	44	44	3	17
計	49	129	37	296	296	17	246

注) 継手部の被災とは、継目間隔、ゴムリングの位置または継目部の水密試験の結果から水密機能に支障をきたしているものという。

値を示している。

⑧ 被災後のボーリングの結果、地下水位は工事着手前の状態にはほぼ復元していることから、管体基礎および埋戻しについての検討が必要である。

以上の踏査および調査の結果をもとに、被災を現象別、復旧工法別に整理したものが表-2であり、その概要は次のようになる。

① 第2号導水路、浅内支線の被災割合が高い。

② 構造物周辺部での被災は49カ所、166本に及び、このうち129本は布設替となる。

③ 構造物に関係しない部分の被災は542本に及び、布設替、内面バンドによる復旧がそれぞれ半々である。

3. 被災の要因

地中埋設管の構造上の特色は、延長の大きい広がりをもった構造物であるため、地震時には構造物の各所で異なる地震力を受けることである。被災現象を分析する場合、誘因としての地震力に対して、素因としては地形、地質、地下水、施設の設計、施工等の諸要素が考えられる。今回の地震は震度5、マグニチュード7.7と誘因の要素が強すぎたこと、また素因である地形、地質、地下水位等が複雑に関連し合って作用したため、個々の素因がどの程度被災に関与したかを定量的に把握することは極めて困難であるが、諸調査の結果を総合して被災の要因を推定すれば、次のようになる。

① 継手部からの漏水が多い。

ゴムリングの離脱、継手部の移動・抜け出し等により水密性が破壊されたためであるが、これは地震波動による影響あるいは、置換砂、埋戻し砂等の液状化に対する抵抗性の低さによるものと考えられる。

② マンホール、スラストブロック等のコンクリート構造物との接続部において漏水が多い。

管路とこれら構造物との質量が相違することから、地震力が異なった形で作用し、それぞれ異なる振動性状を呈することとなり、接続部に相対変位が集中したもの

と考えられる。

③ 置換材料の噴出が生じている。

噴出した砂は、地盤改良、埋戻しまたは基床として搬入した砂である。噴砂現象は管路の直上部でみられるが、自然地盤では発生していない。

原因としては、これらの置換材料が均等係数2前後、有効径0.2mm前後であること、また、管理設部の地下水位も比較的高かったと想定されることから、液状化の影響を受けやすかったこと、地震時の地盤の局部沈下、ひずみ等により管体継手部から噴水が生じたこと等が考えられる。

④ 軟弱地盤や地形、地層の変化界に被害が多い。

軟弱地盤においては地震動の増幅が大きく、また、地形、地層の変化界では隣接地盤と異なった振動をしたため、境界に大きな相対変位やひずみが発生したものと考えられる。

⑤ 最近施工した区間の被災が相対的に多い。

埋設後ある程度の期間が経過することによって、自然圧密等により埋戻し材と周辺地盤との一体化が促進されると考えられるが、最近の施工区間では一体化が十分でなく、地震の影響が大きかったと考えられる。

4. 復旧工事

復旧に当っては、表-2に示したように管体の移動や沈下の激しい区間、継目間隔の大きい区間は掘起こし、管体または基礎の改善を図ったうえで布設替することとし、軽微な区間については管の内面に漏水止めバンドを施工することとした。

基礎の改善としては、地盤支持力、地下水位に問題なく施工が確実な区間には砂を使用し、道路等が横断する区間、地盤の不良区間では、基礎地盤を粒度のよい砂質土(本地区の場合は碎石)で置換するとともに、必要に応じ基床材にもこれを使用することとした。なお、管体に直接接合できる碎石の規格は、クラッシャーラン(C25相当)とした。

また、管体については、地下水位が高く地盤支持力の低い区間ではPC管からとう性管に改め、管路屈曲部や変位・移動が顕著なカ所は今後の変形量を想定した可とう管を配置し、構造物との接続部では継目部の相対変位が10mm程度以下となるよう長い鋼管を用いることとした。

スラストブロックは地震土圧を考慮した設計とし、基礎の支持力が不足する場合はコンクリート杭等による改善を図ることとした。

管路の布設替による復旧の代表例として、第2号導水路の第2号スラストブロック付近の168.52mの区間の内

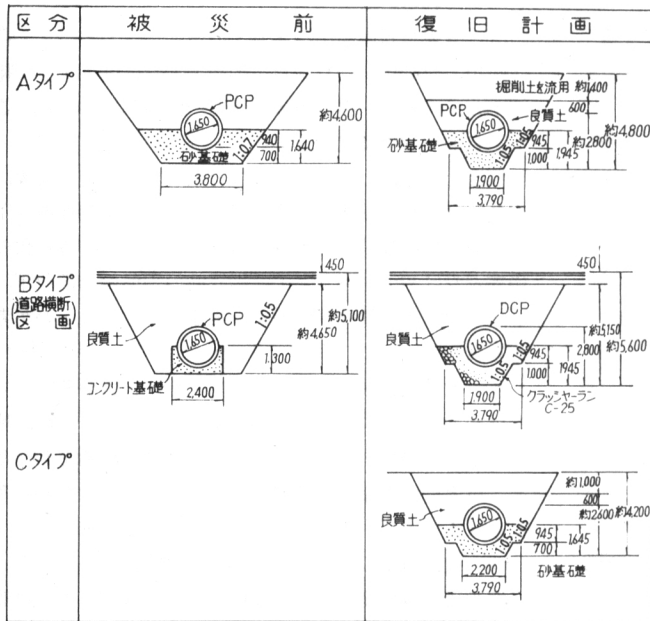


図-2 管体基礎の置換

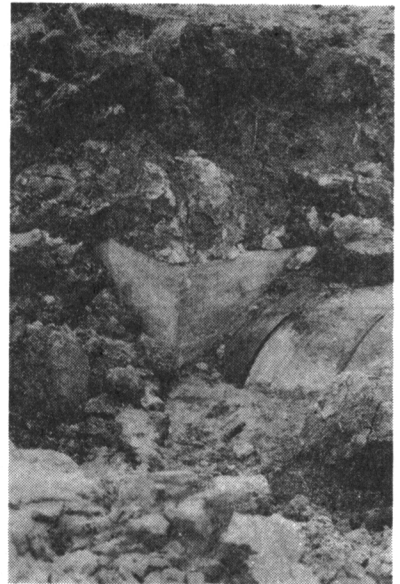


写真-1 第2号導水路スラストブロック部の被災(手前は飛び出したゴムリング)

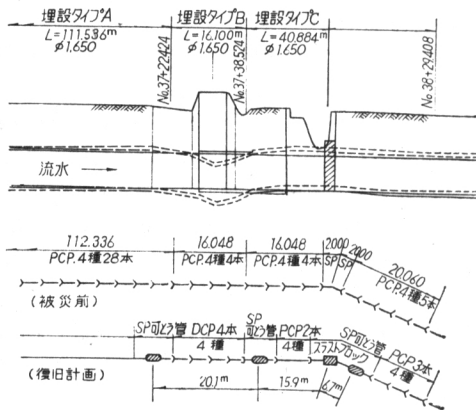
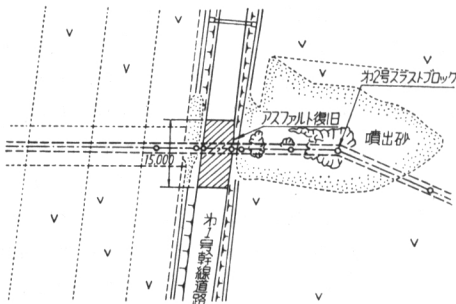


図-3 第2号導水路第2号スラストブロック付近の復旧計画

容を 図-2,3 に示す。また被災直後の状況を 写真-1 に示す。

III. 屏風山地区の被災とその復旧

本事業は、津軽半島の日本海沿いに発達した砂丘地帯を対象に 890 ha の農地造成を行うとともに、十三湖に注ぐ岩木川の支流山田川に設置した機場から畑地灌漑の用水を供給する国営農地開発事業である。

1. 施工の状況

山田川・揚水機場間の導水路は沖積低地を、揚水機場から先の送水路および北部・南部の各幹線用水路は砂丘地を通過している。

この砂丘は、標高20~40mの凹凸に富んだ台地状のものであるが、大小の沼が点在し湿地帯を形成するカ所が多く、幹線用水路の一部もこの湿地帯を埋立てた農地内を路線としている。

導水路は内径 1,350 mm の遠心力鉄筋コンクリート管、送水路、北部幹線、南部幹線はそれぞれ内径 1,000 mm, 800~400 mm, 1,000~600 mm の P C 管である。また支線用水路は、ダクタイル鋳鉄管、石綿セメント管、塩化ビニル管を用いている。砂丘を掘削しての管布設となるため、管体の基礎および埋戻し材は現地掘削の砂丘砂となる。

2. 被災の状況

用水路の被災状況は 表-3 のとおりであり、現象別に

表-3 用水路の被災状況一覧（屏風山地区）

施設名	構造	管径 (mm)	施工量 (km)	被災量 (km)
導水路	RCP	φ1350	0.73	0.07
送水路	PCP	φ1000	1.84	1カ所
北部幹線用水路	VU, PCP	φ 800~400	3.72	0.11
南部幹線用水路	PCP	φ1000~600	6.69	0.19
支線用水路	DGP, ACP VP		62.56	107カ所

整理すれば、

- 導水路：地盤沈下によるPC管の継目開放
- 送水路：鋼管と接続するPC管の継手部の破壊と構造物取付部のPC管の継目開放
- 北部幹線：構造物、スラストブロックの沈下によるPC管の破損
- 南部幹線：構造物接続部のPC管の破損、継目開放、地滑りによる管路の移動
- 支線：石綿管、塩ビ管とも継手部の亀裂、破損、継目開放

であるが、以前湿性砂丘となっていたり、地下水位の高い農地では噴砂の地割れが多く、このようなカ所では、用水路その他の農業用施設の被害も多かった。

地区内で採取した噴砂と砂丘砂の粒径加積曲線を図-4に示すが、これらはいずれも均等係数2前後、曲率係数1.1と粒径が比較的そろった粒度のわるい土で、さらに有効径 $D_{10}=0.17\sim 0.12$ も考えれば、液状化を起しやすき性状のものといえる。

3. 被災の要因

本地区には大小さまざまな沼が点在し、これらの周辺は湿地帯となっている。また施工時における地下水は、大部分の区間において著しい障害とはならなかったと報告されているが、本地域は地下水位の季節的変動が大きく、調査結果によると5月と8月では2m前後も変動している。地震の発生した5月は比較的地下水位の高い時期だったと考えられる。

本地区の被災には、次のような特徴がある。

① 継手部からの漏水が多く、とくに旧沼地との境界付近で被災が多い。また、コンクリート構造物との接続部における被災が多い。

これらはいずれも現象としては能代地区と同様であるが、本地区の基礎地盤が液状化を受けやすいものであること、被害が旧沼地と



写真-2 南部幹線用水路と中央幹線道路の被災（用水路が右側に1.4m移動し、道路が沈下した盛土区間）

の境界の比較的地下水位が高いと想定されるところに多発していること、さらに管路の布設されていない田畑面にも多くの噴砂跡が確認されたことから、基礎地盤の液状化現象による要因が大きいと判断される。

② 噴砂は、残存砂丘地との境界部の造成農地や砂丘下浅くローム層が現出する造成地の縁辺部に多い。

このことは、このような地層の境界となる部分に滞水層が生じ、地震で液状化を生じたものと推定される。

③ 基礎杭を施工した構造物には被害がない。揚水機場および加圧機場の本体には被害がなかった。これはそれぞれ41mの鋼管杭、6~14mのPC杭を施工していたためと考えられ、耐震上、効果的な工法の一つと考えられる。

4. 復旧工事

現況は概ねN値10程度の砂地盤であるが、部分的に存在する軟弱地盤については、碎石等で置換し支持力の改善を図るほか、管体基床材についても碎石を利用する等

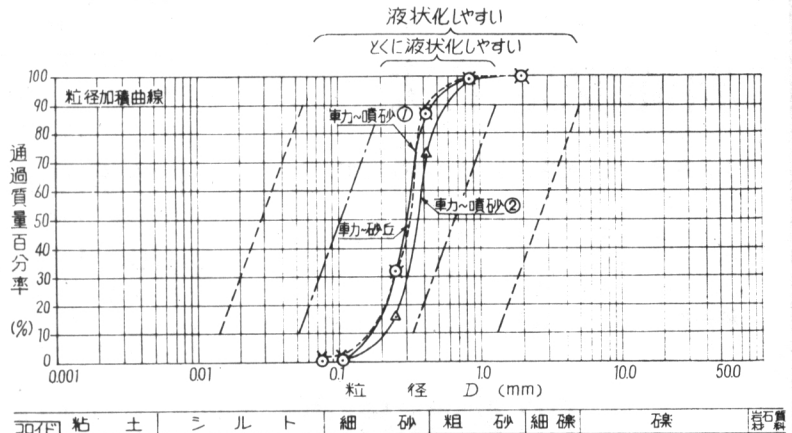


図-4 粒径加積曲線

の基礎工法を採る。

さらに、調整鋼管およびドレッサー継手等を使用するとともに、道路横断カ所や変位、応力の集中するカ所については、伸縮可とう継手の採用や管種変更も検討する。

IV. おわりに

地震の発生時期が田植直後の活着期や畑地灌漑の始期に当たっていたため、作物の枯死という最悪の事態も想定された。しかし、関係者の昼夜を分かたぬ代替水源の確保や復旧作業の結果、両地区とも6月10日前後までに一応の通水は可能となったが、管水路という特殊性から全線の完全復旧にはかなりの日数を要することとなった。

管水路は今後ますます使用されることとなるが、延長が長いため基礎として良好な場所のみを選定することは困難な場合が多い。したがって、管水路の耐震性の向上を図るためには、地震時の地盤および管体の挙動についての技術的研究を推進するとともに、被害を最小限にと

どめるため、工法的には、基礎地盤の液化化、管基礎の流動化が予想されるところでは、使用材料の粒度・密度等に配慮し、流動化し難い基礎工を採用すること、地下水圧を軽減するためのドレーン工法について検討すること、付帯構造物の基礎に対して配慮すること等が必要であり、構造的には伸縮可とう性継手を多く設け、全体的として伸縮性に富む構造とする等の配慮が重要である。

また、地震時における危険分散、被災後の復旧の見地から、適当な位置、間隔に制水弁、マンホール等の管理施設を設けることも重要なことである。

おわりに当たり、迅速さが要求される復旧工事との関連から短期間に精力的に検討された委員会の委員長をはじめとする委員、幹事の各位に、誌上を借りて謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本農業土木総合研究所：日本海中部地震対策に関する技術検討調査報告書（1983）

[1984. 3. 16. 受稿]

水文・水理 1

土木工学プログラム集

河村三郎著 2,300円/〒300円

〈**実用プログラムとグラフィック表示**〉 実務に、そして学習に直ちに活用できる実用的なプログラム例（NEC・PCシリーズ用）を豊富に掲載し、水文学・水理学の諸問題を解説。フロッピーディスク別売。
■目次 水文統計／洪水流出のハイドログラフ／雨水流のハイドログラフ／開水路の水面形

斜面安定工法

土木特殊工法シリーズ●

小谷克巳・長岡信玄共著 3,200円/〒350円

従来からの工法および特殊な工法の利点と欠点を明らかにし、次いで最近よく使われるのり面保護工や抑止工なども扱って、斜面安定工の計画、設計および施工上のポイントを実際に記述した実務書。

■目次 総説／斜面安定工概説／のり面保護工／抑止工

ダムの堆砂とその防除

吉良八郎著 13,000円/〒700円

河川環境の変化とダムの堆砂問題、堆砂の支配因子、堆砂調査法、ダム建設に伴う河床変動の予測、堆砂の防除対策について克明に説述した労作である。

河川・砂防・海岸

現場技術者必携●

財全国建設研修センター編・発行 3,500円/〒350円

各種の仕様書を解説する形式をとりながら、河川・砂防・海岸の各工事の概要、現場の作業内容を記述。

土砂水理学 1

河村三郎著 4,500円/〒400円

河川の土砂災害と対策

芦田・高橋・道上共著 3,500円/〒350円

侵食 岡村・春山共訳 2,800円/〒300円

 **森北出版**

〒102:東京都千代田区富士見1-4-11
 ☎03-265-8341(代)振替<東京>1-34757