

寄 書

新潟地震における被害とその考察 (要約)

土木学会新潟震災調査委員会
農 林 部 門 専 門 委 員 会

I. ま え が き

マグニチュードの7.7の新潟地震が起ったのは昭和39年6月16日午後1時2分であった。それから早くも満1年を迎えようとしている。

地震突発直後の6月30日、土木学会ではさっそく各部門の学者、技術者の参集を求め、将来の土木工学発達の資料とすべく、この地震の災害記録をまとめることを提案した。過去においても、関東大震災をはじめ、福井地震、十勝沖地震などの記録が、貴重なデータとして遠く外国からも高く評価されている事実にかんがみ、この提案は満場一致で可決され、即日、新潟震災調査委員会が発足した。構成は次の14編から成っている。(1)総論 (2)地震 (3)土質、地質、地盤変動 (4)道路 (5)鉄道 (6)河川 (7)橋梁 (8)港湾 (9)電力 (10)衛生施設 (11)工場災害 (12)農林土木 (13)建築 (14)通信施設

第12編には農業土木と林野関係を含めることとし、農地局災害復旧課長、梶木又三氏を主査に、各分野から次の8人の専門委員を迎えて、昭和39年11月12日その第1回委員会を開いた。

中谷強(北陸農政局建設部長)、久徳茂雄(東北農政局建設部長)、橋本吉夫(新潟県農地建設課長)、北村孝次

郎(農林省新潟地盤沈下調査事務所長)、北川潔(農地局災害査定官)、高瀬国雄(農地局設計官)、金子良(農業土木試験場土地改良部長)、浦井春雄(林野庁治山課)

以上のような経過をへて、昭和40年5月31日に各部門の原稿が出そろい、さっそく編集作業に入り、41年2月末ごろには、B-5版、約1,000ページの報告書が完成する見込みである。農林部門も、ぼう大な資料の山から、エッセンスを抜いて約90ページ(図80枚、表23枚、写真47枚)に圧縮し、すでに土木学会に提出済みであるが、この報告書の部数が少ないと高価なため(約1,000部印刷、1冊8,000円の予定)、農業土木関係に広く行渡らぬ恐れがあるので、とりあえず要約のみを、本誌に掲載させていただくことにした。

II. 被害総額

農林関係の被害を大別して、農地、農業用施設、林野の3分野に分ける。被害額は農地22億円、農業用施設100億円、林野4億円、計126億円となる。このほか本文ではふれないが、農作物27億円、共同利用施設1億円を加えると、新潟地震における農林部門の総被害額は154億円に達する(表一)。

III. 被害の地域分布

震源地を中心とする距離または震度の大きさに、ほぼ対応していることが明確である。ただ今回地震における最大の弱点であったルーズな砂地盤が広く分布し、かつその上に広大な農地が形成され、また農業用施設が網の目のように発達していた新潟県に被害の大部分(87%)が集中したことは、きわめて特徴的である。山地を主とする林野関係の被害が、新潟、山形、秋田、福島各県とも大差なかったこと、および農業用施設の中でも、新第三紀層に偏在するアースダムの被害が、山形

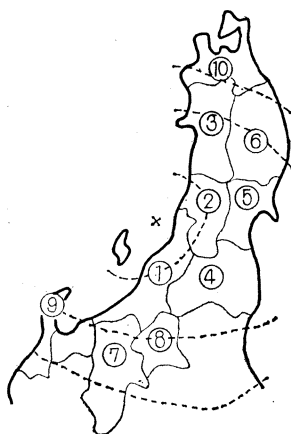


図-1 被害の布分

県名	農地	農地施設	林野	計
① 新潟	16.3	69.8	1.1	87.2
② 山形	0.7	3.9	0.9	5.5
③ 秋田	0.1	3.8	0.7	4.5
④ 福島		0.9	0.5	1.5
⑤ 宮城		0.6		0.6
⑥ 岩手	0.0	0.4		0.4
⑦ 長野	0.0	0.2		0.2
⑧ 群馬	0.0			
⑨ 石川		0.1		0.1
⑩ 青森				
計	17.1	79.7	3.2	100.0

数字は被害額を%であらわしたものとす

表-1 新 潟 地 震 に よ る

分類 県名	農 地		農 業 用 施 設			計
	個 所	被 害 額	個 所	被 害 額	直 轄 事 業 被 害 額	
新 潟	626	2,061,110	1,922	8,318,890	阿賀野川 350,000 新 潟 川 153,000 信濃川左岸 3,457 地盤沈下 8,620 大白川 8,743 2,000	8,844,710
山 形	181	92,000	455	498,000		498,000
秋 田	7	6,000	73	53,000	八 郎 潟 420,000*	473,000
福 島	12	6,000	51	110,000		110,000
宮 城			38	73,000		73,000
岩 手	11	1,000	31	53,000		53,000
長 野	2	1,200	6	25,000		25,000
群 馬	1	110	8	4,700	赤城南麓 580	5,280
石 川					邑 知 潟 3,100	3,100
青 森					十 三 湖 2,000	2,000
計	840	2,167,420	2,584	(9,135,590)		(951,500)
%		17.1		(72.2)		(7.5)

* うち410,000千円は青森県西方沖地震による被害額である。

()内はすべて内数

表-2 農地および農業用施設の復旧額内訳(新潟県のみ)

	単 位	数 量	復 旧 額 (千円)	%	単 価
農 地	田 ha	1,927	857,510	10.1	44,500 円/反
	畑 ha	25	7,778	0.1	31,000 円/反
農 業 用 施 設	水 路 km	757	5,076,487	59.4	6,700 円/m
	ポンプ 個 所	114	1,982,588	23.2	17,400,000 円/カ所
	取水工 個 所	10	268,843	3.1	26,884,300 円/カ所
	農 道 km	205	251,372	2.9	1,220 円/m
	ダ ム 個 所	56	57,290	0.7	1,020,000 円/カ所
	保 全 個 所	4	21,679	0.2	5,420,000 円/カ所
	橋 個 所	25	19,458	0.2	778,000円/カ所
	堤 防 m	563	6,136	0.1	10,900 円/m
計			8,549,141	100.0	

県に最大であったことと比較すれば、はなはだ興味深い(図-1)。

IV. 農地の破壊

農地のクラック、噴砂、噴水、地盤の水平垂直方向の変位などを総称するが、農地の被害はむしろきわめて局限された地域に起ったということができよう。その地域とは、約300年以降に、人為的かつ急速に生成された旧

河道跡(砂地盤)、砂丘の縁辺地域、ならびに砂丘間低地のいずれかに限られている。

300年以前の滞積地は、直接破壊をうけていないし、300年以降の滞積地でも、泥炭、シルト、軟弱物などの自然滞積地では、全体として沈下したところはあるが、直接破壊はうけていない。

したがって、地盤と被害との関連は、N値などよりもむしろ地盤生成の地史を明らかにすることによって、解決のカギがえられるようである。

V. 農業用施設の被害

水路、ポンプ場、取水工、農道などもまた、自然地盤上に乗っているのであるから、その直接破壊を受けた地域は、当然農地のそれと同じわけである。ただ構造物そのものが破壊されていなくても、その基礎地盤の不等沈下によって、構造物本来の目的が十分に果せなくなっている例がかなり多い。

これらを機能障害と呼んでいるが、機能障害は泥炭、シルトなどの軟弱層地域にも起るもので、その被害地域はさらに広くに及ぶわけである。直接破壊による被害と機能障害による被害とは、明確に区分することがむずかしいが、新潟県における水路被害51億円のうち、直接破壊31億円(60%)、機能障害8億円(17%)、両者を含むも

農 林 関 係 被 害 額

(単位 千円)

林				野			計	合 計	%
林地崩壊(民有林)		治山施設(民有林)		林地崩壊(国有林)	民 有 林 道				
個 所	被 害 額	個 所	被 害 額	被 害 額	個 所	被 害 額			
120	98,300	13	8,600	1,000	16	29,410	137,310	11,043,130	87.2
51	81,422	3	6,130	545	14	20,496	108,593	698,593	5.5
1	68,445	4	5,600		11	11,400	85,445	564,445	4.5
8	69,000				14	3,600	72,600	188,600	1.5
								73,000	0.6
								54,000	0.4
								26,200	0.2
								5,390	0.1
								3,100	
								2,000	
180	(317,167)	20	(20,330)	(1,545)	55	(64,906)	403,948	12,658,458**	
	(2.5)		(0.2)	(0.0)		(0.5)	3.2		

** このほかに、農作物被害が2,690,184千円、農業用施設被害が65,790千円あるので、農林関係被害総額は15,414,432千円となる。



- (1) 新潟港附近のコンターは、
“新潟の地盤沈下”(新潟県新潟市の共同編集
昭和36年)所載の構造物築造時から昭和35
年までの沈下量に、近傍BM5点における昭和
35~37年までの沈下量を加えて作成した。
- (2) その他部分のコンターは、
昭和23~37年間の農業用施設の標高から
推定した沈下量(農林省編集“農地の地盤
沈下”,昭和39年)から採用した。

図一 新潟地方の地盤沈下状況 (単位 cm)

の12億円(23%)となっている。また数mの厚さを有する水田不透水層が、直接破壊をうけていないにもかかわらず、その減水深が以前の数倍に及んでいる箇所なども、明らかに重大なる機能障害というべきであろう(表-2)。

1. 水路

用排水路の被害は、新潟県のみで総延長 757 km に及び農業用施設被害の約65%を占めている。工法別の被害率は、鉄筋コンクリートが最小で、以下、ブロック積みコンクリートサク工、無筋コンクリート、木サク工の順に増大しているが、工法上の差異よりも、前述した地盤状態の方が、はるかに優越した因子となっていることはいうまでもない。

2. ポンプ場

用排水機場は、建築物としては、床面積の割に背が低く、かつ重心も低いので、安全性の大きい構造物といえよう。したがって、機場自体にはほとんど被害はなかったが、周辺の地盤沈下による揚程の増大、ならびに地形の変化による集水区域の面積の増大、あるいは到達時間の短縮による単位排水量の増加などのため、ポンプの能力不足をきたした例が非常に多い。

3. 取水工

直接破壊よりも、地盤沈下により、取水不可能になったというケースが大部分である(表-2)。

4. アースダム

アースダムの被害は、欠壊7、貯水不能7を含めて計146に及んでいる。アースダムに限っては山形県の方が新潟県より大きな被害を受けているのは、アースダムがチュウ積層や洪積層地帯にはなく、そのほとんどが新第三紀滞積岩上にあつたため、震源地からの距離に比例して被害を受けたためであろうと考えられる。すなわち、新潟地震による被害のほとんどが、異常なる地盤要素に支配されていた中で、正常な被害状況を示した数少ない例であるといえよう。

被害状況は、堤体にクラックの入ったものが80%で大多数を占め、そのまた大部分が縦方向クラックとなっている。スベリ(25%)、ハラミ(16%)、不等沈下(24%)は、いずれもクラックを伴って起っている。設計、施工条件と被害率との関連は、かなり濃厚にあらわれており、堤高、斜面コウ配、地震時の貯水位、震源に対する堤軸方向、築造年代、改修工事とその年代、事業主体などについての興味ある結果が出ている。

5. 八郎潟干拓

5月7日に秋田地方を襲った、新潟地震よりやや小さい地震によって、西堤防の軟弱地盤区間約7.5 km にわ

たって、最大1.7mの沈下をみた。しかし、同じく軟弱地盤の上に築堤した正面堤防や、東堤防の被害がなぜ小さかったかについては、まだ十分の解明がなされていない。なお、新潟地震による被害はほとんどなかったのもし5月7日の地震がなくて、新潟地震がやってきたとした場合にも、これと同程度の被害をうけていたものと考えてよいであろう(表-2)。

VI. 新潟地盤沈下と地震

昭和30年ごろから、いわゆる新潟地盤沈下として問題視されてきたこの地方の地盤沈下は、その主因とされる水溶性ガス揚水の規制を強化することによって、最近ようやく解決への見通しが立ったところであった。しかしすでに最大1.6mから平均0.5mぐらゐも沈下した農地を、元の姿に戻すことは、もはや不可能であった。

そこへ新潟地震がやってきたのである。もちろん、地震の原因は、地盤沈下とは全く関係がないし、地震による被害激シ地域は、必ずしも地盤沈下による被害激シ地域とは一致していない。しかし少くとも、地盤沈下によってそれだけ分だけ相対的に高くなっていた地下水位が、流砂現象を促進し、また破堤に起因する浸水範囲を拡大して、第二次被害を増加させたことだけは、ハッキリと言えるであろう。とくに新潟港付近での2.5mをこえる地盤沈下が、この地域の地震被害をいかに大きくさせたかは、だれの目にも明らかである(図-2)。

また、新潟地震の起る約9時間前から、沈下計の設置してある深さ380mまでの地盤が0.3~0.4mmの異常膨張を示した。地震の瞬間、白根では35.5mmの沈下および0.3~0.7mの地下水上昇を示し、以後2~3ヵ月間にわたって、各層とも沈下量はそれまでの約2倍の速度で進んだ。地震動による地盤の収縮度は、深部にある洪積層よりも、浅部にあるチュウ積層の方が、かなり大きかった。

VII. 林野関係の被害

新潟県岩船郡山北村および山形県田川郡温海町を中心とする地域に集中している。これは、震源地から近距離にあったこと、山の傾斜が急であったためと考えられる。林地崩壊の最も多かったのは、山腹傾斜が35~50°(全被害の56%)の所で、ついで尾根から山腹上部にかけての部分(40%)となっている。昭和36年豪雨のときの被害最大個所が、山腹傾斜26~35°の山腹中央部に集中していたのと対照すれば興味深い。

林道の被害は、山腹崩壊、基礎崩壊、大盛土部分の沈下による石積ヨウ壁の起立などによるものが多く、治山

施設の被害は、硬岩や強粘土以外のルーズな地盤のところによく見られた。

VIII. 洪水災害と地震災害との比較

洪水災害が局所的な全面的破壊であるのに対し、地震災害は広範囲にわたる「生殺し」の破壊であるから、復旧がかえってやりにくいという点があげられよう。たとえば、水路にあっては、水害の場合、その個所は完全に流失するが破堤延長には限度があり、また普通の場合は片岸に限られる。地震の場合は、相当長区間にわたり、兩岸とも全面的にクラック、隆起、沈下をおこし、ひどいところは破堤するという状況である。

農地の場合も同様で、水害のときのように、単に耕土心土が流失したり、あるいは、流入土砂によって埋没したというのではなく、農地の基盤までクラックを生じ、また全面的に隆起、沈下をおこして、耕作、カンガイが

不可能となって、農地としての効用を失うことが多い。

IX. 復旧方針

復旧の基本的な考え方としては、効用の完全回復と再災害の防止ということを目指とする。したがって、局部的な水害の場合のように、単なる原形復旧だけでは、目的を達することができないこともある。このような場合地震災害の結果生じた大変動に即して最適の計画となるよう、施設の統廃合など、構想を全く新しくして出さなければならぬ。東新潟地区で思い切って巨費を投じ、都市排水をも考えた今後のこの地域の開発に即応して低水路方式に切替えたことなどは、その好例である。

農業経営の大規模化が必至の今日、耕地区画の整備にあたっては、大規模区画にふみ切って、農業近代化の線に沿うよう、前向きな姿勢で復旧方法を考えるべきであろう。(農地局設計官、高瀬国雄記) [40.6.7. 受稿]

農業土木学会論文集第14号研究論文紹介

農業土木学会論文集第14号は、下記15論文を収録し、40年11月発行の予定となりました。

論文集は年4回発行(本年度は12号～15号)、予約代金は送料とも年600円(分冊売りは1冊350円送料40円)、申込みは学会事務局あて。

1. 土の工学的挙動——関東ロームを中心として

山崎不二夫・須藤清次

粘質土の外力に対する工学的挙動——圧縮荷重に対する変形、ねり返しによる軟化と硬化、乾燥収縮、風乾によるコンシステンシの変化、締め固め、透水性など——について10人の研究者が共同研究を行った。この論文はその成果を総括したものである。

使用した試料は関東ローム——アロフェン質火山灰土——を主とするが、対照として諸種の非火山性粘質土も用いた。

従来の土質力学には、土の物性に基づいて工学的挙動を研究する面が欠けていた。それが近來の土質力学の行きづまりを招いているように思われる。われわれはpFとレオロジを主要な研究手段として、土の物性の面からその工学的挙動を説明するように心掛けた。土質力学と土壌物理学を結合した新しい土の工学を建設する気運をつくるのに役立てば幸いと考える。

2. 土壌水エネルギー指数 pF による土壌構造の考察

妹尾 学

Schofield や後輩たちによって確立された土壌水のエネルギー指標で表わされる pF は土壌の構造や挙動の理解に重要な役割を果しつつある。この文報では土壌水のエネルギー状態を決定する重要な要因は次の4つであることを指摘した。すなわち毛管力、滲透圧、土粒子と水とに作用する力および相圧である。pF-含水比の関係を単一粒形の分散系を仮定して求めた結果、次のことが明らかとなった。pF-含水比の関係は土粒子の分散の程度および土壌構造によって大きく変化する。そして関東ロームは微粒子が多く表面活性が高いために分散性のよいしかも最密充填構造をもっている。分散性のよい団粒内に拘束された水は攪乱によって自由化される。このような多量の拘束水の存在は関東ロームの特徴となっている。

3. 土壌コロイドの粘弾性

土のレオロジ的構造 (I)

須藤清次・安富六郎

土は粘弾性を示すコロイド粘土と考えることができる。この系に力を加えると土中の水の化学ポテンシャルの変化がみられる。もし自由エネルギーが系の流動の障壁値よりも大きくなれば粘弾性は液体となる。pF がこの障壁の大きさと関連し、系の粒子間の結合を破壊する降伏値に等しい。

ハイドロフィリック・コロイドは粘弾性ゲルに、ハイドロフォビック・コロイドは粘弾性ゾルにそれぞれ対応する。この概念はコロイド系の流動条件として適用可能である。結果は次のようにまとめられる。

- 1) 降伏値は固体と液体との転移点に対応する。外力が降伏値に達しなければ土はフォークト体として、また降伏値をこえるとマックスウェル体またはニュートン体として挙動する。
- 2) ハイドロフィリック・コロイドは主にエントロピー弾性的、ハイドロフォビック・コロイドはエネルギー弾性的挙動をする。
- 3) 逆ざりセン断チクソトロビ流動は速度過程の現象である。和水の速度が外力減少の際に脱水の速度より大きければ、ハイドロフォビックの性質はハイドロフィリックに移行し、粘弾性固体として挙動する。エントロピ生成はコロイド系の構造形成の速度を造める。

4. 固い土の力学的性質

土のレオロジカルな構造 (II)

須藤清次・東山 勇・山崎不二夫

土の弾性をテルツァギ (1925) は偽高弾性として取扱った。偽高弾性は“絡巣構造”によって起きる。テルツァギ模型はフック体に対応する第1近似であるとわれわれは考える。しかしレオロジカルな見地からみれば土の挙動は明らかに粘弾性である。