

2004年新潟県中越地震における農業用ため池の被災状況

森井俊広^{1*}・寺舘俊祐²

(平成18年6月30日受付)

要約

平成16年(2004年)新潟県中越地震では、農業関連で多くの被害があった。本調査では、その中でも被災数、被災額ともにもっとも大きな被害を受けた農業用施設のうち農業用ため池の被災状況を調べた。対象は、被災が甚大であり、復旧事業費率が抜き出ている新潟県長岡地域振興局管内とした。調査では、耐震を含めたため池の設計施工法の今後の進展に具体的に寄与できるように、個別事例の被災状況とそのメカニズム的な誘引に着目するようにした。調査は、2005年の9月から11月にかけて実施し、採取した土試料の土質試験は11月から翌1月にかけて行った。被災の状況や程度には、いまのところ、たとえば震央からの距離や堤体の規模などを指標としたパターンの傾向が見られない。今回の調査を通して、土の締固めに対する理解とそれをいかに設計施工へ反映させていくかという点が、堤体の被災程度に重要に関与していると考えた。

新大農研報, 59(1):45-50, 2006

キーワード：平成16年(2004年)新潟県中越地震、農業用ため池、地震被害、土の締固め

2004年(平成16年)10月23日の夕刻、新潟県の中越地方に震源をもつ大きな地震が発生した。気象庁は、この地震を「平成16年(2004年)新潟県中越地震」(英語名: The Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004)と命名した。この地震により、川口町で震度7が観測されたほか、東北地方から近畿にかけての広い範囲で揺れが起きた。新潟県中越地震は、死者59人、重傷者635人と多大な人的被害(2006年2月現在)をもたらすとともに、住宅、ライフライン等に甚大な被害を与えた。また、被災地一帯が全国有数の地すべり地帯に位置していたため、山間地および中山間地で壊滅的な地盤災害が生じている。農地・農業用施設の被災にも甚大なものがあった。中山間地での土砂崩れ・地すべりによる圃場の崩壊に加え、平野部では、地盤の液状化による噴砂や陥没、さらには水路、集落排水施設の被災が起き、被害総額は約895億円に及んだ(新潟県土地改良事業団体連合会、2005;新潟県農地部、2006)。

本報文では、農地・農業用施設のうち農業用ため池の被災状況に関する調査結果を報告する。農業用ため池は、中山間地域の水田農業に用水を供給する重要な農業用施設である。その多くは、築造が古く、土質工学に準拠した設計法は取られていないようである。被災したため池の状況を知り、たとえば、力学的な被災のパターンと立地条件や堤体の土質特性との関連性などを明らかにできれば、今後のため池の耐震設計あるいは減災に向けて有用な情報が得られると期待できる。本報文では、2005年9月から11月にかけて実施した現地調査の結果をまとめる。

新潟中越地震の概要

1. 平成16年(2004年)新潟県中越地震

2004年10月23日17時56分頃、新潟県中越地方の深さ13km位置で、マグニチュード(M)6.8の地震が発生した。新潟県の川口町(以下、市町村合併前の旧市町村名で表記)で震度7、小千谷市、山古志村、小国町で震度6強、長岡市、十日町市、栃尾市、越路町、三島町、堀之内町、広神村、守門村、

入込瀬村、川西町、中里村、刈羽村で震度6弱を観測した。このほか、東北地方から近畿地方にかけて震度1から5強が観測された。同日18時11分頃には、ふたたびM6.0の地震が発生し、新潟県小千谷市で震度6強が観測された。さらに、18時34分頃にM6.5の地震(最大余震)が発生し、新潟県の十日町市、川口町、小国町で震度6強を観測した。この地震活動は、10月23日17時56分頃発生した地震(M6.8)を本震とする本震・余震型によるものである。本震発生直後の1時間以内に震度6強の余震が2回発生するなど、活発な余震活動があった。これらの震源は、北北東から南南西方向に長さ約30kmの範囲で分布している。その後、余震活動は減衰傾向にあったが、10月23日19時45分にM5.7(最大震度6弱)、10月27日にM6.1(最大震度6弱)、11月8日にM5.9(最大震度5強)の地震が発生するなど、引き続き大きな余震が発生している。

長岡市では、10月20日に通過した台風23号により約100mmの雨量を記録しており、周辺の地盤はゆるんでいたと想定される。これが、地震による地盤災害を大きくした一因とされている。今回の地震被害は、本震の大きな揺れとならんで、余震と降雨による影響を強く受けていることが一つの特徴といえる。

平成16年(2004年)新潟県中越地震は、1995年の兵庫県南部地震、2000年の鳥取県西部地震、2003年の宮城県北部の地震と同じく、内陸活断層によって発生した。本震は、地震波の特徴やGPS測量、余震分布などから、北北東から南南西に延び西北西に傾く震源断層を境に、上盤が東南東側に乗り上げる形の逆断層で発生したと推察されている(小林・豊島、2005)。本震に引き続き、他の震源断層も次々にずれ、そのたびに大きな余震が起きている。新潟県中越地震のマグニチュードは6.5クラスとされているが、このクラスの地震としては異例に強い地震動が、震源域周辺で観測された。たとえば、震源域の近傍、小千谷市土川のK-NET強震計で観測された地震動では、1,300galと非常に大きな加速度が計測されている。

¹ 新潟大学農学部

² 山形県最上総合支庁

*代表著者: morii@agr.niigata-u.ac.jp

2. 農業用ため池の被災状況

農業関連の被災状況をまとめると、表1のようになる。これは、新潟県長岡地域振興局農林振興部が、2005年5月段階での被災状況を復旧事業費の査定額で取りまとめ作成したものである。農地および農業用施設の被災が、数量と被災金額の面でもともに抜き出ている。同表の最右列には、新潟県全体の被災額に対する長岡地域振興局管内の事業費率を示す。平均で71%、生活関連施設と林道・治山を除くと平均で92%の被害が長岡地域振興局管内に集中しており、当管内における農業の被害がいかに大きかったかをものがたる。表2は、同じく2005年5月段階で取りまとめられた、ため池の調査・点検結果である。もともとため池が数多く分布し、かつ震源に近い栃尾市と長岡市、小千谷市で、要点検の箇所数が多くなっている。山古志村で要点検のため池数が少ないのは、養鯉池が大部分であることと、山間部の地すべり災害などが多く、十分な調査が進められる状態になっていなかったためと考えられる。

農業用ため池の被災状況の調査

1. ため池被災調査の方法と結果

甚大な被災を受けた長岡地域振興局管内の小千谷、川口、長岡および栃尾エリアに分布する膨大な数のため池から、代表的なため池計34箇所を選定した。調査では、現地での観察により被災所見を得るとともに、堤体断面と規模の測量、方位計測、ならびに表面型RI計による原位置密度測定を実施した。現地での被災状況の観察にもとづいて、被災レベルは、表3のよう

に区分した。被災レベル0はまったく損傷がない場合を表し、これより、1段階ずつ、ため池の機能が完全に損なわれるほどに損傷を受けた被災レベル3までを設定した。また、堤体の3箇所から堤体材料土を採取し、持ちかえったのち、室内で土粒子の密度試験ならびに土の粒度試験を行った。

調査結果は表4にまとめる通りである。同表に示す堤体の高さは、下流側法尻を基準にして測定した値である。想定震度は、公表されている震度分布図から読み取った。

2. 調査結果の暫定的な分析

限られた数の調査であるが、中でも、被災の程度は千差万別で、いまのところ、ため池の立地条件や規模をこれらと結びつける一定の特性は認められない。表4の調査項目の中で、堤体の被災レベルと最も関連すると考えられるのは震源からの距離と堤体の高さである。前者は堤体の受ける震度エネルギーと密接な関連を持ち、後者はそれに対する頑健さを表す指標とみることができる。図1は、これら2つの指標を用いて堤体の被災レベルの特徴を調べたものである。堤体の規模は、便宜的に、高さ5m以下の小規模堤体とそれ以上の大きな堤体に分けている。図1から明らかのように、震源に近くても被災レベルが低い事例や、あるいは堤高が5m以上の相対的に大きな堤体でも大きな被害を受けている事例があり、一定の傾向を見出すことは難しい。つまり、いまのところ、ため池堤体の被災の程度は、震源からの距離および堤体の規模とは明確な関連性を持たないといえる。

では、事実として生じている多くのため池堤体の被災をもた

表1. 新潟県中越地震にともなう農業関連の復旧事業
(査定額、2005年5月現在、単位：百万円)

| 事業分類 | 新潟県全体 | | 長岡地域振興局管内 | | 比率 B/A (%) |
|--------|-------|---------|-----------|---------|---------------|
| | 箇所数 | 事業費 (A) | 箇所数 | 事業費 (B) | |
| 農業 | 88 | 810 | 64 | 794 | 98 |
| 養鯉池 | 250 | 881 | 205 | 807 | 92 |
| 農業共済 | 172 | 27 | 151 | 25 | 93 |
| 農地 | 971 | 10,454 | 694 | 9,927 | 95 |
| 農業用施設 | 1,758 | 12,749 | 1,348 | 10,455 | 82 |
| 生活関連施設 | 156 | 11,137 | 70 | 3,592 | 32 |
| 林道 | 221 | 2,291 | 125 | 1,643 | 72 |
| 治山 | 80 | 2,232 | 65 | 1,609 | 72 |
| 計 | 3,696 | 40,581 | 2,722 | 28,852 | 71 |

表2. 新潟県中越地震後のため池の調査・点検結果 (2005年5月現在)

| 市町村名 | 農業用 ため池 | 養鯉池 | ため池 総数 | 要点検 箇所数 | 調査箇所 数A | 被災箇 所数B | 被災率 B/A (%) |
|------|------------|-----|-----------|------------|------------|------------|----------------|
| 長岡市 | 197 | 28 | 225 | 28 | 22 | 14 | 64 |
| 小千谷市 | 27 | 0 | 27 | 23 | 23 | 20 | 87 |
| 見附市 | 57 | 0 | 57 | 18 | 12 | 6 | 50 |
| 栃尾市 | 543 | 86 | 629 | 103 | 83 | 37 | 45 |
| 越路町 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 三島町 | 8 | 21 | 29 | 2 | 0 | - | - |
| 与板町 | 6 | 33 | 39 | 10 | 8 | 2 | 25 |
| 輪島村 | 32 | 0 | 32 | 12 | 3 | 2 | 67 |
| 出雲崎町 | 62 | 19 | 81 | 6 | 3 | 1 | 33 |
| 寺泊町 | 38 | 2 | 40 | 20 | 0 | - | - |
| 山古志村 | 460 | 112 | 572 | 3 | 0 | - | - |
| 川口町 | 18 | 0 | 18 | 4 | 3 | 2 | 67 |
| 計 | 1,449 | 301 | 1,750 | 229 | 158 | 84 | 53 |

表3. ため池堤体の被災レベルの定義

| 被災の程度 | 被災レベル |
|--|-------|
| 損傷なし。 | 0 |
| 軽微な亀裂があるが、ため池の機能には影響していない。 | 1 |
| すべりによる亀裂や小規模な部分陥没があり、ため池の安全性が危惧される。 | 2 |
| すべりによる大きな亀裂や陥没、あるいは決壊が起きていて、ため池の機能が完全に損なわれている。 | 3 |

表4. 2005年9月～11月に実施したため池調査の結果

| ため池番号* | 下流法尻からの高さ(m) | 所在地 | 想定震度 | 震源からの距離(km) | 震源に対する堤体軸の方位 | 被災レベル | 所見 |
|---------|--------------|----------|------|-------------|--------------|-------|-----------------------------------|
| 202-11 | 8.7 | 長岡市六日市町 | 6弱 | 7 | NNW | 3 | 堤体右岸が崩壊。左岸堤体部にも下流側すべり。 |
| 202-12 | 4.1 | 長岡市六日市町 | 6弱 | 8 | NNW | 1 | 2005年8月豪雨で越流損傷。 |
| 202-16 | - | 長岡市中潟町 | 6弱 | 7 | NNW | 1 | 山奥部に立地、わずかな表面亀裂。養鯉池。 |
| 202-22 | 3.6 | 長岡市村松町 | 6弱 | 10 | N | 2 | 堤体に幅2.5m、深さ1.2mの陥没。 |
| 202-25 | 4.1 | 長岡市村松町 | 6弱 | 10 | N | 1 | 表層に軽微な亀裂。 |
| 202-26 | - | 長岡市村松町 | 6弱 | 10 | N | - | 養鯉池。既に修復済み。 |
| 202-5 | 4.2 | 長岡市中潟町 | 6弱 | 7 | NNW | 3 | 堤体全体に深いすべり亀裂。左岸地山が崩壊。 |
| 208-21a | 2.3 | 小千谷市時水 | 6弱 | 8.5 | WSW | 0 | 新しい堤体。損傷なし。 |
| 208-21b | 3.6 | 小千谷市時水 | 6強 | 9.5 | WSW | 3 | 古い堤体。堤体に大きなすべり亀裂。 |
| 208-12a | 3.1 | 小千谷市塩殿 | 6強 | 6 | WSW | 3 | 堤体(道路兼用)右岸部が崩壊流出。多数の沈下、陥没。 |
| 208-12b | 4.2 | 小千谷市塩殿 | 6強 | 7 | WSW | 4 | 堤体右岸部が崩壊流出。上流側すべり面。多数の亀裂。 |
| 208-27 | - | 小千谷市木津 | 6強 | 3.5 | WSW | - | 既に修復済み。 |
| 208-1 | - | 小千谷市栗山 | 6強 | 1.3 | WSW | - | 復旧工事済み。 |
| 208-8 | - | 小千谷市岩沢 | 6強 | 8 | SW | - | 既に修復済み。 |
| 208-9 | 7.0 | 小千谷市川井新田 | 6強 | 6 | WS | 2 | 下流側斜面に大きなすべり亀裂。上流側は表層すべり。 |
| 441-12 | - | 川口町田麦山 | 7 | 8 | SSW | 0 | 山間部、小規模。損傷なし。 |
| 441-13 | 2.0 | 川口町相川 | 7 | 1.5 | W | 2 | 居住地域に隣接。多数のすべり亀裂。 |
| 441-4 | - | 川口町牛ヶ島 | 7 | 2 | WSW | 2 | 堤体に大きな沈下・段差・亀裂。 |
| 411-6 | - | 川口町蒼丘の杜 | 7 | 2 | S | 1 | 堤体に起伏。 |
| 441-8 | - | 川口町大谷内 | 7 | 5 | SSW | 1 | 軽微な亀裂。 |
| 208-2 | 14.7 | 小千谷市栗山 | 6強 | 13 | WSW | 1 | 大規模堤体。堤体上流斜面の上部に軽微な亀裂。 |
| 208-5 | 7.1 | 小千谷市真人 | 6強 | 10 | WSW | 0 | 大規模堤体。損傷なし。 |
| 441-15 | 3.3 | 川口町蒼丘の杜 | 7 | 2 | S | 0 | 小規模堤体。損傷なし。 |
| 215-296 | - | 栃尾市軽井沢 | 6弱 | 18 | NNE | 0 | 4つのため池群。損傷なし。 |
| 215-324 | 9.2 | 栃尾市軽井沢 | 6弱 | 18 | NNW | 3 | 堤体下流側に大きなすべり亀裂。陥没あり。 |
| 215-325 | 3.2 | 栃尾市軽井沢 | 6弱 | 18 | NNE | 2 | 居住地域に隣接。斜樋付近にすべり沈下。 |
| 215-330 | - | 栃尾市比礼 | 6弱 | 19 | NNE | 0 | 非常に小規模なため池。 |
| 215-367 | 4.2 | 栃尾市西野俣 | 6弱 | 18 | NE | 2 | 堤体下流側にすべり亀裂とはらみ出し。下流水田にも連続したすべり線。 |
| 215-379 | 3.8 | 栃尾市西野俣 | 6弱 | 18 | NE | 0 | 民家に隣接する小規模ため池。 |

* 208-21のa、bは暫定的に付した番号である。両ため池は200mほど離れて隣接する。208-12bは、208-12aの上流側のため池で、番号は暫定的に付けている。

らした理由は何であろうか。一連の調査を進める中で、互いに隣接しているにもかかわらず、まったく異なる被災状況を呈しているため池を何箇所かで確認することができた。この違いをもたらした原因、理由を明らかにできれば、耐震設計に向けたより実務的な情報が得られるのではないかと考える。以下に、このような事例を2ケース紹介する。

まず、図2は、小千谷市時水に位置する隣接ため池208-21での被災状況を比較したものである。同図(a)に示すため池208-21(a)は比較的新しく築造されたもので、まったく損傷

を受けていない。これに対し、208-21(a)よりわずか200m程度しか離れていない古いため池208-21(b)では、農道を兼ねた周孤状の堤体のいたるところですべりによる大きな亀裂と陥没が発生しており、壊滅的な損傷を受けている。表5に、これら2つのため池の原位置で測定した密度と室内試験によりえた土粒子の密度、ならびに、図3に、土の粒度試験から得た粒径加積曲線を示す。健全なため池208-21(a)と甚大な被害を受けた208-21(b)の堤体材料はいずれも礫まじり細粒分質砂[SF-G]に分類され、粒度特性に大きな違いはない。ま

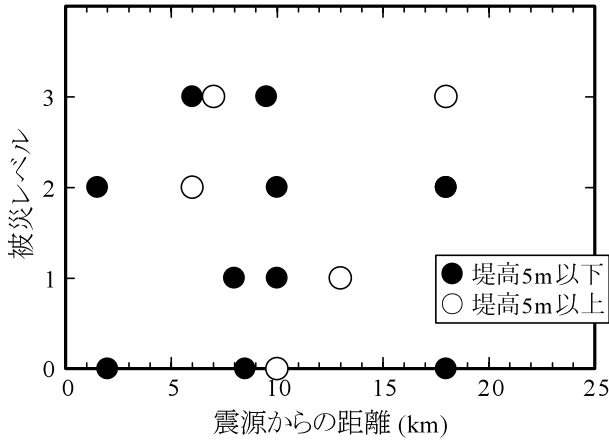


図1. 調査ため池の被災レベルと震源からの距離および堤体の規模との関連

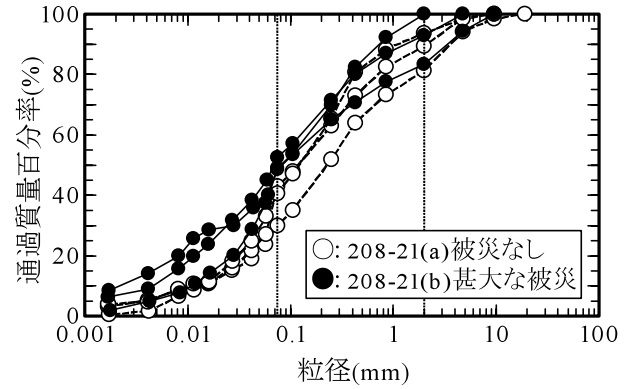


図3. ため池208-21(a)および(b)の堤体材料土の粒径加積曲線



(a) 健全なため池208-21 (a)



(b) 壊滅的な損傷を受けたため池
208-21 (b)

図2. 隣接するにもかかわらず被災の状況が大きく異なるため池
(小千谷市時水、2005年10月7日調査)

た土粒子の密度も両ため池で有意な違いはない。つまり土質特性の面からは、両方のため池でほとんど違いはなく、むしろ類似した材料が用いられているともいえる。しかしながら、表5に示す堤体の原位置密度には決定的な違いがあらわれていて、平均でみて、壊滅的な損傷を受けたため池208-21(b)は健全なため池208-21(a)の密度の82%程度となっている。いまのところ土の締固め試験による最大乾燥密度を把握できていないため、両者の乾燥密度がどの程度の締固め状態にあるのか特定できないが、少なくとも、208-21(b)にあっては、かなり低い締固め状態であったと考えられる。あるいは、堤体が谷あいの地形を利用して古くにつくられていることから、その施工に当たって、土の締固めの概念そのものが取り入れられていなかったのではないかと推察される。

次に2つめの事例を図4に示す。いずれも小規模なため池である。図4(a)に示す215-379は、人家に隣接し谷あいに築造されたため池であり、地震による被害は見当たらない。一方、これより尾根を一つ隔て、約400m離れた位置にあるため池215-367では、下流側斜面にむかうすべりにより大きな亀裂と

段差が生じている。ため池機能が損なわれるほどの甚大な被災ではないが、このまま放置することができないかなり重度な損傷とみることができる。表6と図5は、原位置密度測定結果と室内土質試験の結果をまとめたものである。先ほどの事例と同じく、原位置密度に明瞭な差が出ていることがわかる。ただし、この事例では、土粒子の密度の違いから土の種類が異なっていると推察されるため、密度そのものではなく、土の締固め試験を通した締固め度によって比較を加える必要がある。また、被災のあったため池215-367では、貯水池上流の地山斜面から下流側斜面、そして下流側の棚田を貫く1本のすべり線が見られることから、地質構造的な理由によって図4のような被災の違いが出た可能性もある。

まとめ

平成16年(2004年)新潟県中越地震では、農業関連で多くの被災があった。本調査では、その中でも被災数、被災額ともっとも大きな被害を受けた農業用施設のうち農業用ため池の被災状況を調べた。対象は、被災が甚大であり、復旧事業費



(a) 健全なため池215-379



(b) やや重度の損傷を受けたため池
215-367

図4. 比較的隣接したため池で生じた被災程度の違い
(栃尾市西野俣、2005年10月16日調査)

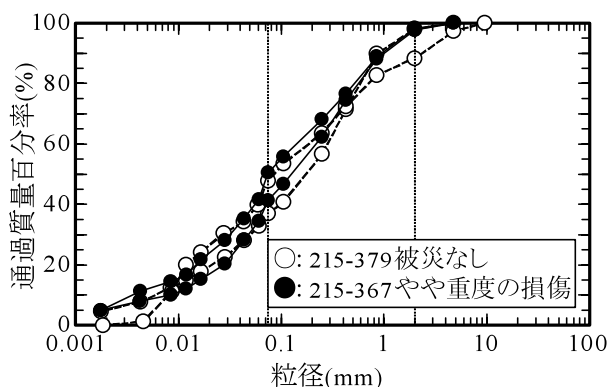


図5. ため池215-379および215-367の堤体材料土の粒径加積曲線

表5. ため池208-21 (a) および (b) の被災状況と地盤・土質特性 (3測定の平均)

| ため池番号 | 208-21 (a) | 208-21 (b) |
|--------------------------------|------------|--------------|
| 被災の程度 | なし | すべり亀裂など甚大な被害 |
| 乾燥密度 (g/cm ³) * | 1.355 | 1.117 |
| 土粒子の密度 (g/cm ³) ** | 2.671 | 2.640 |

*表面型 RI 計を用いた原位置密度・含水比測定による。

**土粒子の密度試験による。

表6. ため池215-379と215-367の被災状況と地盤・土質特性 (3測定の平均)

| ため池番号 | 215-379 | 215-367 |
|--------------------------------|---------|----------------|
| 被災の程度 | なし | すべり亀裂などやや重度の被害 |
| 乾燥密度 (g/cm ³) * | 1.147 | 0.994 |
| 土粒子の密度 (g/cm ³) ** | 2.520 | 2.644 |

*表面型 RI 計を用いた原位置密度・含水比測定による。

**土粒子の密度試験による。

率が抜きん出ている新潟県長岡地域振興局管内とした。管内には多くのため池が分布し、いずれ、その被災状況と復旧事業に関わる統計的なあるいは地域マクロ的なデータは、整備されていくと考える。このため、本調査では、耐震を含めたため池の設計施工法の今後の進展に具体的に寄与できるように、個別事例の被災状況とそのメカニズム的な誘引に着目するようにした。調査は、2005年の9月から11月にかけて実施し、採取した土試料の土質試験は11月から翌1月にかけて行った。地図をたよりの調査のため、目的のため池にたどり着けないことがたびたびあり、調査期間でまがりなりにもデータ表にまとめられたのは、28箇所だけであった。被災の状況や程度には、いまのところ、たとえば震央からの距離や堤体の規模などを指標としたパターン的な傾向が見られない。あるいは、今後とも、見出すことは難しいかもしれない。今回の調査を通して、土の締め固めに対する理解とそれをいかに設計施工へ反映させていくかという点が、堤体の被災程度に重要に関与していると考えた。

本報文は、平成17年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「ため池等の低コスト改修・高度防災情報による防災対策技術の開発」(研究総括者：独立行政法人農業工学研究所(現：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所)谷茂)の一環として実施した調査の一部をまとめたものである。

参考文献

- 小林健太・豊島剛志. 2005. 中越地震の特徴と地質学的背景. 公開報告会「新潟県連続災害の検証と復興への視点」要旨集. pp.13-14. 新潟大学, 新潟.
- 新潟県土地改良事業団体連合会(編). 2005. 激震を乗り越えて—新潟県中越大震災 農地・農業用施設被害の記録—. 新潟県長岡地域振興局農林振興部, 新潟.
- 新潟県農地部. 2006. 新潟県中越大震災—農地・農業用施設の復旧復興へ向けて—. 新潟県農地部・新潟県農村振興技術連盟, 新潟.

Some Characteristics of Mechanical or Structural Damages of Irrigation Ponds Which Were Caused by the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

Toshihiro MORII^{1*} and Shunsuke TERADATE²

(Received June 30, 2006)

Summary

The Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004 brought serious damages to agricultural lands and facilities in mountain and hilly mountain areas in Chuetu, Niigata. This report summarizes results of field investigation conducted during September to November, 2005, to show some characteristics of the mechanical or structural damages of irrigation ponds which were caused by the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004. Nagaoka and Ojiya, Niigata, were selected for the field investigation because these areas suffered most serious losses. Section, height and direction of embankment of the irrigation pond were surveyed, dry bulk density of surface soil of the embankment was measured by using RI counter, and some diagnoses of the mechanical or structural damage of the embankment were recorded based on simple observation. The distance of the embankment from seismic center of the first eruption of earthquake was determined from isoseismic map published by the Japan Meteorological Agency. Particle density and size of soil sampled from the embankment during the field investigation were measured in the laboratory. The degree of mechanical or structural damage was classified into level 0 to 3 by 1 based on the simple diagnoses recorded in the field investigation. Level 0 means no damage and 3 the most serious state of damage at which the embankment of irrigation pond never works. The degree of mechanical or structural damage was related to the distance from seismic center taking the embankment height into account. Any acceptable relationship between the degree of mechanical or structural damage and the distance from seismic center is not found. The dry bulk density of soil measured at no-damaged embankment was compared with that of the seriously damaged embankment to obtain some possible understand that a recognition of soil compaction during construction of the embankment may be an important key which determines the degree of mechanical or structural damage, or inversely, a resistance of the embankment against big earthquake. The investigation work is followed by a continuing effort.

Bull. Facul. Agric. Niigata Univ., 59(1):45-50, 2006

Key words : The Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004, Irrigation pond, Earthquake damages of agricultural facilities, Soil compaction

¹ Faculty of Agriculture, Niigata University

² Yamagata Prefecture

* Corresponding author: morii@agr.niigata-u.ac.jp