

2-1 青森県における地震時の地盤リスク事例

1 斜面災害

1968年に起きた十勝沖地震の際の日本全国の死者数は52名とされていますが、そのうちの48名は青森県の方です。このうち26名の方は土砂崩れ、6名の方は盛土崩壊により亡くなられており、死者数の半分以上の方は斜面が原因となって亡くなられています。

この地震前には雨が多く降っており、県南地域の地震前3日間の総降雨量は100mmを超えており、特に住家被害が甚大だった五戸町周辺では200mmとなっていました。このことから、盛土を含む斜面が崩壊した原因として降雨の影響が指摘されていました。

では、雨が降らなかったら斜面の崩壊はなかったのでしょうか。十勝沖地震以降の地震時の斜面崩壊を研究した結果から、地盤にも問題があった可能性が指摘されています。この地域は火山灰に覆われた台地ですが、例えば1978年伊豆大島近海地震や1983年長野県西部地震でも火山灰に覆われた台地(火山灰被覆丘陵地)において地震被害が多発しています。2017年に発生した北海道胆振東部地震でも多くの斜面が崩壊していますが、これも台地を覆う火山灰の影響も大きいと言われています。

破壊の詳細なメカニズムについては、現在さかんに研究されていますが、火山灰層のなかで広義の液状化が発生し、それによって斜面崩壊が起きたとの考え方が主流です。このように考えると、地震後に崩壊した土砂が長い距離流動することも説明できます。

これまでの被害例から震度5程度でも斜面崩壊は生じています。また、地震時に崩壊する火山灰被覆丘陵地の斜面は比較的なだらかです。このように考えると、多くの被害が発生するような地震の際には斜面崩壊が発生する可能性は高いと考えられます。よって、斜面周辺にあっては十分な注意が必要ということになるでしょう。

2 液状化

地震時には、しばしば液状化が発生します。青森県にあっても、1968年十勝沖地震や1994年三陸はるか沖地震の際には太平洋沿岸の各地

で液状化が発生しました。2011年東北地方太平洋沖地震の際は、海岸線に近い地域では液状化は見られなかったという報告が地盤工学会の調査団からなされていますが、十和田市、六戸町、おいらせ町の奥入瀬川沿岸の農地で局所的に液状化に伴う噴砂が発生しています。

青森県内で起きた液状化でもっとも有名なものは1983年日本海中部地震のものでしょう。この地震の際には、鱒ヶ沢町の鳴沢川河口付近や津軽平野の広い範囲で液状化が発生しました。津軽平野を流れる岩木川にそって鶴田町から十三湖まで液状化が見られました。本震で液状化した後に、最大余震でも液状化するという再液状化現象もこの地域で始めて観察されました。津軽平野の西部には砂丘地帯がありますが、この砂丘と平野の境界部および砂丘間低地でも液状化が起きています。さらに、青森市でも青森駅の西側の地域で液状化が発生しました。

液状化が引き起こす被害は様々なものがありますが、農業県である青森県で特筆すべきは、浮苗（うきなえ）という現象です。これは、田の作土層が地震によって液状化し、植えたばかりの稲苗が浮上し流出する現象です。液状化ですので、田に水が入っている場合にしか起こりませんが、稲がなくなるのですから経済的損失は莫大になります。1968年十勝沖地震、1983年日本海中部地震はともに5月に起きたことから浮苗が発生し大きな被害となりました。

液状化するか否かの簡単な判定方法は、地形を見ることです。対象地点の液状化リスクを考える際には、まず地形を観察しましょう。ただし、上述した東北地方太平洋沖地震の際に液状化した地点の幾つかは人工改変があった場所です。地形に加え、土地利用の推移を調べることも重要でしょう。

2-2

2016 年台風 10 号による岩手県の被害

2016年8月に発生した台風7、9、10、11号は東北地方またはその周辺を通過し、多くの被害が発生しました。特に10号については、図1に示すように一度南下した後、向きを反転して上陸しており、太平洋側から東北地方にダイレクトに上陸した台風としては観測史上初のものでした。通常、台風は上陸すると徐々にエネルギーを失うため、多くの場合は東北地方に到達するまでにある程度勢力が弱まりますが、この台風10号は東北地方から直接上陸したため、強い勢力を保ったまま、特に岩手県で多くの被害をもたらしました。また、その他の台風が先に通過しており、台風10号の襲来の前に既に多くの先行降雨がある状態でした。

岩手県内では、死者・行方不明者23名、全壊489棟、半壊2218棟、県管理道の122箇所交通規制が発生するなど、甚大な被害が発生し、これらの被害推定額は1440億円とされています¹⁾。被害が拡大した主な要因は、河川氾濫と土砂災害です。河川氾濫については、特に小本川（県管理の2級河川）流域の被害が甚大で、岩泉町乙茂地区では多くの流木を含む濁流が流れ込み、特に高齢者施設で多くの死者が発生しました。乙茂地区上流の支流では、多いところで250mm以上の累積雨量が観測されていて、こ



図1 台風の経路



図2 被害の様子

の豪雨の前の2週間で250mm以上の先行雨量も観測されています。先行雨量は、山の土の水分量を増加させ、その後に豪雨が発生すると、山の保水能力が低くなっているため、雨がそのまま流れ出てきて河川水位の上昇などが発生しやすくなります。

土砂災害については、人的被害や民家・道路の被害が発生したものに限定すれば、岩手県内で155件（斜面崩壊146件、土石流9件）となっており、そのうちの7割は岩泉町で発生しました。ただし、山間部で発生した崩壊を含めれば、その数は数千レベルになります。図3と図4は被害の一例です。岩泉町根岸地区で発生した土石流の崩壊部分の土を調べたところ、保水性の高い土であったことがわかっています²⁾。豪雨の前から続いた先行雨量の中で徐々に土中の水分量が増加し、その後の豪雨によって一気に水分量が上昇し、崩壊しやすくなったものと推察されます。このように、先行雨量は河川氾濫や土砂災害の発生に強く関係するため、豪雨そのものだけでなく、その前の雨にも注意して考える必要があります。



図3 斜面崩壊



図4 土石流

参考文献

- 1 岩手県平成 28 年台風 災害復旧・復興推進本部会議資料
- 2 森口 周二, 大河原 正文, 呉 修一, 2016 年台風 10 号による岩手県内の被害の分析—地盤工学と河川工学の観点から—, 地盤工学ジャーナル, 13 巻, 2 号, pp.149-158, 2018

2-3 東日本大震災における宅地造成地被害

東日本大震災（2011年東北地方太平洋沖地震）では、台地や丘陵地を切盛りして平坦地に造成した場所の宅地被害が9軒6市町村で確認されました。これらの被害は、震度6弱以上が観測された地域に集中しております。このうち、東北地方では、岩手県（一関市）、宮城県（仙台市、塩釜市、白石市、亶理町、利府町）、福島県（福島市、郡山市、いわき市、須賀川市、桑折町、矢祭町、石川町、広野町、西郷村）の3県15市町村で被害が確認され、中でも仙台市の被害が最も大きく、5,728箇所（平成25年7月現在）で宅地が被害を受けました。ここに、宅地被害とは、被災宅地危険度判定（被災宅地危険度判定連絡協議会）における危険宅地（赤判定）と要注意宅地（黄色判定）のことです。

1 宅地造成地の被害形態

住宅建設のために大規模に造成した宅地（台地や丘陵地の高い所を切土して沢や谷などの低い所を盛土して平坦地に造成した宅地）では、図1に示すように、(1) 滑動崩落・変形被害（地すべりのように盛土地盤が滑動するもの）、(2) 沈下被害（盛土地盤が不均等に沈下するもの）、(3) 擁壁被害（崖を押さえる壁の損壊）の大きく3つの被害が発生しました。

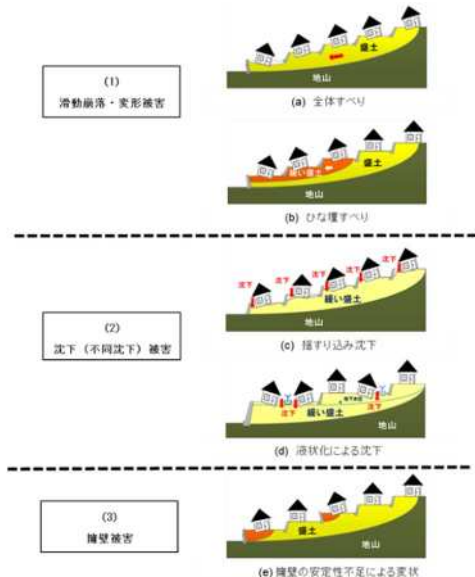


図1 被害形態

2 宅地造成地の被害要因

台地・丘陵地における宅地造成地の被害要因は、図2に示すように、大きく7つに分類されます。すなわち、(1) 谷埋め盛土の滑動に起因するもの、(2) 腹付け盛土の滑動に起因するもの、(3) 切盛境界に起因するもの（切土と盛土では地震動の増幅特性や地盤の変形特性が異なる）、(4) のり面の安定性不足に起因するもの、(5) 擁壁の安定性不足に起因するもの、(6) 緩い盛土地盤に起因するもの（即時圧縮沈下とも呼ばれ、盛土厚さの1.5%（盛土厚さ約20mのところでは約30cm）の圧縮沈下）が確認された）、(7) 地盤の液状化に起因するもの、の7つに分類されます。



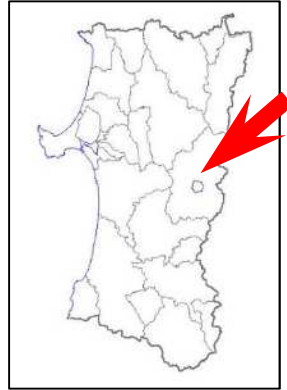
図2 被害要因

参考資料

・佐藤真吾：博士論文 2011年東北地方太平洋沖地震における仙台市の宅地造成地の被害分析と耐震性評価に関する研究、2016年3月。

2-4 平成 25 年 秋田県田沢湖土砂災害

平成 25 年 8 月 9 日、秋田県仙北市田沢湖田沢供養佛地区で大雨により土砂崩れが発生しました。6 名死亡するという東北地方では稀な土砂災害となりました。過去に大きな土砂災害の記録がなくとも、このように発生することがあることを改めて考えさせられる災害でした。



1 被害の概要

平成 25 年 8 月 9 日午前 11 時 34 分頃に日雨量 278mm という、いままでに経験したことが無いような猛烈な雨が降り、斜面が長さ 400m、幅 40m で崩れ、崩壊土砂量は 17,000m³ におよび集落を襲いました。土砂の流下方向に小高い盛土がありましたが、それを土砂は乗り越えました。

図 1 被災位置

被害は、死者 6 名、全壊住家 5 棟と、秋田県内の土砂災害としてはまれにみる被害でした。

2 変化する雨の降り方

昔に比べてゲリラ豪雨のような雨が増えてきているように感じます。気象庁によれば、50mm/時間の発生回数は徐々に増えています。この災害の際に、秋田県から岩手県に向かって带状に細かい局所的な範囲で



図 2 50mm/時間以上の雨の発生回数の変化

豪雨となりました。ニュースで「線状降水帯」という言葉を聞いたの

は、この災害の頃からでしょう。雨の降り方が変わってきており、「今までの雨では大丈夫だった」という考えは危険なのです。

3 こんなところが崩れるとは

「自分は大丈夫」、「これまで大きな被害は出ていない」、という考えは、自分の経験に基づいた、楽観的な判断と考えられます。土砂災害後に地元の人にインタビューでは、「このような災害が発生するとは考えもしなかった」などといった声が聞かれます。田沢湖の災害においても、集落の近くは山の傾斜が緩かったため、住民は土砂災害が発生するとは想定できなかったと思われま



図3 被災地全景(秋田県防災へりより)

4 流木の脅威

被災地を見ると土砂だけでなく、流木も目立ちました。車の上に堆積し、家の窓に突き刺さっているものもありました。豊かな自然を形作る森林も時には注意が必要です。



図4 流木の堆積

参考資料

- ・秋田県防災ポータルサイト,秋田県総合防災課,平成25年8月9日からの大雨による被害状況等について
- ・気象庁ホームページ,大雨や猛暑日などのこれまでの変化

2-5 福島県の土砂災害

福島県は、南北方向の山脈や山地によって、地形・気候・歴史などから越後山脈と奥羽山脈に挟まれた会津、奥羽山脈と阿武隈山地に挟まれた中通り、阿武隈山地と太平洋に挟まれた浜通りの3地域に分けられます。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、太平洋に面した浜通りは沿岸部において津波被害や平野部・山地部において液状化被害や斜面崩壊などが発生しました。中通りも盆地部や山地部において液状化被害(写真1)や斜面崩壊(切土：写真2、盛土：写真3)などが



図1 福島県の3地域

発生しました。会津地方は、盆地部や山地部において液状化被害や斜面崩壊などが若干発生しました。さらに、3ヶ月後に発生した平成23年7月新潟・福島豪雨では越後山脈付近の町村において洪水被害(写真4)や斜面崩壊(写真5)が多く発生しました。また、中通りと浜通りを画する阿武隈山地は、花崗岩とその風化残積土であるまさ土が分布する山地であり、局所豪雨による斜面崩壊(写真6、図2)が頻発しています。





写真3 宅地盛土の崩壊(末端部は国道まで流出した)



写真4 洪水により流出した鉄橋



写真5 豪雨による斜面崩壊(末端部は国道まで流出)



写真6 局所豪雨による斜面崩



図2 局所豪雨による斜面崩壊の模式図

2-6 液状化

1 液状化現象とは

1964年の新潟地震のときにはアパートの転倒や昭和大橋の落橋（図一1）が注目を集め、液状化現象がその原因とされました。同じ年のアラスカ地震でも液状化現象によりパイプラインなどに大きな被害が生じたために、アメリカでも注目を集めました。もちろん、それまでも液状化現象によると思われる地震の被害記録はありました。

1983年の日本海中部地震でも液状化現象が発生し、緩やかな勾配をもつ地盤が数メートルも移動する地盤流動をもたらし、さらに地盤流動に基づく埋設管や杭基礎の被害も注目されました。1995年の阪神大震災では埋め立て地盤であるポートアイランド、2011年の東日本大震災でも千葉県浦安市の住宅地で液状化による大規模な被害が発生しました。一般の人にとっても「液状化」という言葉はおなじみのものとなり、自分が混乱しているときに「頭が液状化した」というような表現もされるようになりました。

液状化現象は、地盤が次のような条件を満たすときに、強い地震が作用した際に発生するとされています。

- ・ 緩い砂地盤であること：埋立地、旧河川跡地など
- ・ 地下水位が高いこと

2 液状化の判定方法

液状化が起こるかどうかの判断は、地盤の状況を調査する標準貫入試験により作られる「柱状図」と呼ばれるデータを基本としてなされます。まず、柱状図のデータに基づいて、せん断抵抗力 R を決めます。ついで、想定する地震の大きさをマグニチュードで決定して、震源からの距離などにより、地盤に作用するせん断応力 L を決め、最後に地盤のある深さの安全率を $F_L=R/L$ と定めます。この F_L の分布より、液状化のしやすさを判定する手法が最もよく用いられます。非常に簡便な方法ですが、一般的には、液状化の発生条件をよく表していると考えられています。



図 1 (左) 川岸町アパートの転倒 (右) 昭和大橋の落橋

3 大きな災害の原因となる液状化現象

液状化現象自身も、上下水道などのライフラインに被害を与えたり道路の陥没、護岸の押し出しなどももたらし、大きな被害となります。さらに怖いのは液状化現象が起こった地盤が変状を起こし、大きな災害の原因となることです。例えば、2011年の東日本大震災のときには、液状化現象によって河川堤防の堤体沈下や崩壊などをもたらしました。もし、大雨が降っていて河川の水位が高かったとしたら、2次的な被害として洪水被害も起こったでしょう。

東京の地盤沈下による、海水面よりも低いゼロメートル地帯は堤防によって守られています。地震時にこの堤防が液状化現象により破堤した時は、満潮時に海水が入り込んでしまい、4メートルほどの浸水深さになり、大きな被害をもたらします。これは「地震洪水」と呼ばれています。水門などの大事な構造物も液状化現象により機能を果たさないことも考えられます。

現実的に、これらの可能性がある堤防や水門などのすべての箇所で液状化対策工事を実施することは不可能です。液状化現象により、堤防などが破損したときの状況を想定して、どのように避難するかという対策を真剣に考える必要があります。