

3-3

地盤災害とその軽減技術

安田 進

YASUDA Susumu

正会員 工博

東京電機大学教授 理工学部建設環境工学科

多種多様な地盤災害

地球上のほとんどの構造物は地盤上や地盤内に造られているため、地震などで地盤の変状が発生すると構造物は被害を受けやすい。地盤の変状を地盤災害とよぶことにして、地盤災害でまず頭に浮かぶものは1995年兵庫県南部地震でも多く発生した液状化や斜面崩壊であろう。ところが、1999年にトルコと台湾で発生した地震では、海岸のすべりや断層といったこれまでわが国で耐震設計に考慮してこなかった地盤災害も目立った。このように地震時の地盤災害といっても多種多様なものがあり、巨大地震のたびに新たな問題が生じているのが現状である。とりあえずここでは地震時の地盤災害を、液状化、斜面崩壊、造成盛土の変状、海岸部の沈降・崩壊、地表断層の5種類に分けてみる。

さて、地盤災害に関する研究・技術開発は、一般にメカニズムの解明から始まり、個々の地点における災害発生の予測・対策方法の開発が行われる。そしてさらに、広い地域でのハザードマップ作成技術の開発まで進展していく。そこで5種類の地盤災害それぞれがどの研究・技術開発段階まで進んできているか大まかに示してみると、表1のようになる。以下には、地盤災害ごとに「これまでわかったことと、わからないこと」、「できることとできないこと」、「何を実践すべきか、何をし得るか」をみてみる。

既設構造物の対策が必要な液状化災害

緩い砂地盤が地震を受けると液状化し、地盤上の重い構造物は沈下し、地下に埋設された軽い構造物は浮き上がる。

この液状化災害が世間に広く認識されるようになったのは1964年に発生した新潟地震とアラスカ地震以降である。以後、液状化の発生のメカニズムや発生に影響を与える要因などの研究が精力的に行われ、液状化現象についてかなりわかってきた。また、個々の構造物に対する液状化発生の予測方法や対策方法に関する技術開発も多く行われ、個々の構造物に対する対策が施されるようになってきた。

とはいえ、やはり巨大地震のたびに新たな研究課題が発生する。1995年兵庫県南部地震で投げかけられた課題は、レベル2地震動に対して如何に性能保証型の設計方法を確立するかといったことである。このためには液状化の発生の予測だけでなく、液状化した場合の構造物の沈下量や浮上り量など変形量を定量的に推定できなければならない。ところが、液状化は震動中に地盤の性質が急変する現象であり、これを考慮した変形量の解析方法の確立はなかなかできない状況にある。また、許容変形量の設定も難しい。例えば、写真-1は2000年鳥取県西部地震の際に液状化によって沈下・傾斜した家屋を示す。一見少し傾斜しただけのように見えるものの、1/100程度以上傾いた家屋に住んでいるとめまいや吐き気がしてくるとのことであった。これが一つの許容値と言えようが、このような許容値を構造物の種類、重要度ごとに設定していく必要がある。なお、この団地では100戸余りが地震後に家屋を持ち上げ、基礎を水平にして据え付け直す工事をせざるを得なかった。そのために1戸当たり300～400万円の復旧費用が必要であった。

さて、上述したように新設の構造物ではほとんど液状化対



写真-1 鳥取県西部地震の際に液状化によって傾いた家屋

表-1 地盤災害に関する研究・技術開発の現状

研究・技術開発の内容	地盤災害の種類				
	液状化	斜面崩壊	造成盛土の変状	海岸部の沈降・崩壊	地表断層
地盤災害が発生するメカニズムや影響を与える原因など	◎	○	◎	△	△
個々の地点における地盤変状の予測や構造物の設計・対策方法	◎	○	○	×	×
広い地域におけるハザードマップ作成方法や対策方法	○	△	△	×	×

◎：かなりわかってきており対処できる
△：ほとんどわかっていないとかできない

○：ある程度わかってきており少しはできる
×：依然わかっていないとかできない

策が講じられるようになってきている。ところが、都市内には対策が施されていない建物や道路、ライフラインなどがまだ多く存在する。液状化は人命に優しい被害であると言われるが、構造物が被災して火災などの2次災害を起こし、さらに道路が沈下して緊急車両が通れないといった状況になれば人命も脅かすことになる。したがって、早急に既存非対策構造物に対する対策を進めていく必要がある。

膨大な費用が必要な斜面災害対策

山地が多いわが国では大地震や豪雨のたびに必ずといってよいほど斜面崩壊が発生する。斜面崩壊には表層がすべるだけの小規模なものから、1985年長野県西部地震で発生した御嶽くずれのように崩壊長さが1 kmを超す大規模なものまである。小規模な斜面崩壊に関しては、崩壊のメカニズムを土質力学で説明できるし、個々の斜面の崩壊の予測や対策工の設計も、地盤調査と解析を行えば技術的に可能である。ところが斜面崩壊は毎年多く発生してきている。図-1に示すように地震の規模が大きいと崩壊数も多くなる¹⁾ので、巨大地震が特に内陸で発生すると大変な惨事となる。事実、1847年善光寺地震では山崩れが4万か所余りで発生したと記録されている。

このように小規模な斜面崩壊に対しては技術的に対処は可能であるが、地震に対する対策は実際にはほとんどとられてきていない。対策が必要な箇所数は膨大であり完全に対策を施すことは不可能であろう。といって何も手をつけずにおくのではなく、まず、広い地域での精度の良いハザードマップを作成し、重要度も含めて優先度を決めて、必要なところから対策をとっておくべきであろう。

急増する造成地盛土の被害

1978年に発生した宮城県沖地震では仙台市の台地・丘陵地の造成盛土地においてすべりや沈下などが発生し、家屋やライフラインが多く被害を受けた。以後、1987年千葉県東方沖地震、1993年釧路沖地震、1995年兵庫県南部地震等と、造成地の被害は立て続けに起きてきている。昭和40年代あたりから国内各地で、都市周辺の台地・丘陵地を開発して造成地が多く造られてきており、今後被害が急増するものと危惧される。

このような造成地の被害に関しても土質力学でそのメカニズムは説明できるし、また、予測・対策も行える。ところが、最大の問題はどこに盛土がされているのか、また、その盛土の締固め具合や地下水の処理方法はどうなっているのかが、地表面から見ただけではわからないことにある。これが

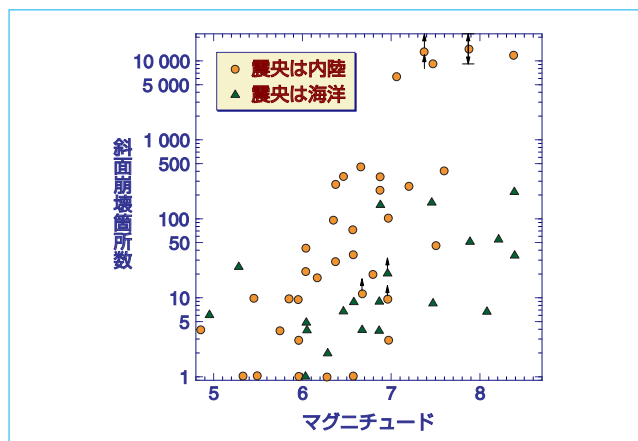


図-1 マグニチュードと斜面崩壊数の関係¹⁾

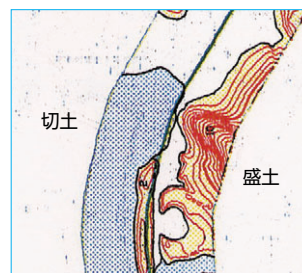


図-2 道路下で盛土がしてあった箇所

わからなければ、ある地域内で危険箇所の抽出や対策を施すことができない。

一例として、新旧航空写真を比較して盛土の状況を詳細に調べた例を図-2に示す。ここでは一見して平坦な台地上の道路下に10 mもの厚さで盛土がしてあった。新旧の航空写真や地形図をもとにハザードマップを作り、さらにボーリング資料などの地盤情報を収集整理し、誰でもこの情報を用いて対策が施せるように整備する必要がある。

土木工学の対象とすべき海岸部の変状と断層

1999年のトルコ・コジャエリ地震では、イズミット湾の南岸で海岸のすべりや広域な沈下が発生した。写真-2に示すデールメンデレでは幅300 m、奥行き100 m程度にわたって海岸がすべり、そこにあったホテルなどを海中に流し去ってしまった。また、東隣のギョルチュックなどでは広域にわたって地盤が1.5~2 m程度沈下し、道路や遊園地などが水没した。

このような地震時の海岸部の変状はわが国でも過去に多く発生してきている。例えば高知市とその周辺の平野は巨大地震のたびに何回も沈降してきている。1854年の安政南海地震の際には高知市の一部が約1 m沈降し浸水した。一方、1498年明応地震の際には駿河湾で海岸のすべりが発生したのではないかと推察されている。ただし、これらの海岸変状



写真-2 トルコ・コジャエリ地震ですべり破壊を生じたデルメンデレの海岸

のメカニズムはまだ明らかにされていない。東海、東南海、南海と今後予想される海洋型の巨大地震ではこのような海岸変状が発生する可能性があり、土木工学的見地から研究や対策方法の技術開発を進める必要があろう。

さて、トルコ・コジャエリ地震では、4 m にも及ぶ横ずれの地表断層も生じ、橋梁や埋設管などに被害を与えた。続いて起こった台湾・集集地震でも 10 m にも及ぶ縦ずれ断層が生じ、さらに甚大な被害を与えた。このような地表断層に対して土木構造物は被害を免れないものとして扱われ、対策工の検討なども行ってきた。ところが、写真3 に見られるように、断層上にある構造物でも構造的に強ければ被害を受けない事例も見られた。内陸型の巨大地震を対象にすると、やはり地表断層の問題を避けて通るわけにもいかな



写真-3 台湾・集集地震で発生した断層上にあった送電鉄塔（鉄塔下の右半分の地盤が持ち上がったが鉄塔は基礎が強く傾いただけで崩壊しなかった）

く、土木構造物の被害を軽減する何らかの対策ができないか検討が始まったところである。本気で取り組めば実施可能な対策方法が見つかるのではないかと思える。

参考文献

- 1 - 芥川真知・吉中龍之進：地震による斜面崩壊について、地学的特性を考慮した地震動災害予測の研究、文部省自然災害特別研究成果、No.A-55-1, pp.96-109, 1980

