

# 新潟県中越地震の地盤災害に関する社会への提言

平成 17 年 4 月 27 日  
(社)地盤工学会会長

## 提言の要約

我が国は、今回の新潟県中越地震の前にも、1847 年善光寺地震、1858 年飛越地震 (M7.0~7.1)、1891 年濃尾地震 (M8.0)、1896 年陸羽地震 (M7.2)、1914 年秋田仙北地震 (M7.1)、1984 年長野県西部地震 (M6.8) など、中山間地での直下地震により、甚大な地盤災害をしばしば経験してきたにも関わらず、その経験が時代を超えて伝達されて来なかつた。この反省に立ち、また今後も数十年に一度はこのような中山間地での地震が起こることを考えて、以下の骨子の提言を行う。

- ・ 中山間地直下地震での早期被害確認・応急対策のため、斜面崩壊モニタリングシステムの開発と、専門家を含めた緊急被害調査の協力体制の確立が必要である。  
また、災害直後の緊急復旧マニュアルの策定が必要である。
- ・ 河道閉塞への対応として、ハザードマップ・危機管理マニュアルの整備、ダムアップに対して短期間で安全かつ有効な水位低下技術の確立などが重要である。また、閉塞土塊の安定性評価技術や長期的管理方法も重要課題である。
- ・ 斜面災害などの復旧に当たっては、中山間地特有の地質・地形とその長期的変動を十分調査・予測し、変動に逆らわない土地利用を基本としなければならない。  
また、土構造物の修復に当たっては、現況復旧に固執することなく、最新の知見・技術を積極的に取り入れ、耐震性向上と同時に経済性向上も追求すべきである。
- ・ 中山間地の地震防災では、道路ネットワーク機能を十分生かして、完全に孤立する集落が生じない計画が重要である。このためには、中越地震でのネットワーク機能発揮度を追跡調査し、今後の参考にすることが必要である。

- ・ 道路の耐震対策は、これまで橋梁の耐震補強が主であったが、中山間地の直下地震では道路斜面・盛土・トンネルが災害を多く受けることを考え、今後の緊急輸送路耐震対策のありかたを再検討することが必要である。従来の豪雨災害に加え地震も考慮して、道路沿い斜面崩壊などの危険度診断と対策を図り、重要路線については、「耐震レーン」として最低1車線は震度7の揺れでも通行機能を維持できる対策をとるべきである。
- ・ 修復に時間を要する橋梁などとは異なり、道路盛土や河川堤防など土構造物については短期間での修復容易性を生かし、重要度の特に高いものを除いては大地震時にはある程度の損傷を許すが、それを迅速な修復性でカバーする対応方法が経済性の観点から適切である。
- ・ 道路・鉄道の盛土併設区間や道路盛土へのライフライン併設区間においては、それぞれの重要度や修復容易性の違いを考慮し、適切な配置や設置方法を工夫しなければならない。マンホールの浮き上がりについては、ライフライン埋め戻し方法の経済性も含めた再評価が必要である。
- ・ その他の課題として、道路や住宅造成地などの土留め・よう壁構造物の耐震性チェックと補強、住宅埋立地やライフラインなどの埋め戻し土に対する経済的な液状化対策法の開発と普及、融雪管路など雪国特有施設の耐震化などが挙げられる。
- ・ 地盤工学関連の重要な研究開発課題として、斜面崩壊モニタリングシステム、地震時斜面崩壊量・流動距離の評価法、斜面の亀裂進行性の評価技術、既設よう壁の経済的な補強技術などの開発に取り組んでいく必要がある。

## まえがき：

昨年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震は、近年まれにみる地盤災害をもたらしました。斜面崩壊に起因する道路・鉄道・家屋・棚田・養鯉池の崩落、土留め・建築構造物基礎の破壊、トンネルの損傷など地盤や土構造物への被害は近年の地震の中で飛び抜けた特徴となっています。

今回の内陸直下の大地震により、同時多発的かつ大規模な斜面崩壊・盛土崩壊が発生することを多くの人が実感しました。しかし過去を振り返れば、1847 年の善光寺地震(M7.4)、1858 年の飛越地震(M7.0～7.1)、1891 年の濃尾地震(M8.0)、1896 年の陸羽地震(M7.2)、1914 年の秋田仙北地震(M7.1)、1984 年の長野県西部地震(M6.8)など同様な例があるにも関わらず、災害経験が時代を超えて伝達されていなかったことも分かってきました。また、阪神・淡路大震災の記憶が、構造物の甚大な被害に集中していたため、地震時の地盤災害が一般社会の関心からは置き去りにされてきた感じも否めません。

今回の地震のマグニチュードは 6.8、震度は 6 強から 7 に及び、いわゆるレベル-2 地震動に当たると考えられますが、この規模の直下地震は過去の内陸地震と比べて決して大きくはなく、これからもたびたび起こることを想定しなければなりません。斜面災害などを中心としてその影響は、今後、被災地の復興にはもちろん、我が国の地震防災の取り組みの方向性にも大きな影響を及ぼすものと思われます。

地盤工学会（旧名：土質工学会）は昭和 28 年に創立以来、土木・建築・農業土木・地形地質・地球物理などの専門家の学際的学会として、地盤災害軽減をその目的の一つとして活動してきました。これまでも阪神淡路大震災はじめ戦後の多くの地震災害において、調査団の派遣、報告会の開催、報告書の出版などを行ってきました。今回の新潟県中越地震では、上述のように各種構造物の基礎、土構造物、地下構造物やライフラインなどの地盤に関わる被害が多発しています。

この機に地盤工学会としては、専門的な立場から社会に向かって情報発信し、より安全な社会構築のために、適切な提言をしていくべき大事な時を迎えているとを考えます。それにより、社会全体（行政・インフラ管理者・関係機関を含めた）と地域の住民の方々へ、専門的立場から貢献したいと考えます。

## **提言本文：**

今回の地震が社会に投げかけた問題点は、ハード的なものからソフト的なものまで多岐にわたっていますが、ここではそれらのうち、地盤工学が主に関わる点について、以下の8項目に分けて提言を行います。

1. 中山間地直下地震での早期被害確認
2. 河道閉塞への対応
3. 中山間地直下地震での復旧
4. 中山間地での緊急用道路
5. 土構造物の復旧計画
6. 道路と併設ライフルラインの耐震レベルの考え方
7. 土構造物の設計法、耐震診断・補強法の見直し
8. 研究開発の必要性

### **1. 中山間地直下地震での早期被害確認**

#### **(1) 斜面崩壊モニタリングシステムの開発**

中山間地で発生したレベル2地震で土砂災害が多発し、交通網が遮断されて多くの集落が孤立した。このため地震直後の被害状況の把握が非常に困難であり、全体を把握できるまでに時間を要した。情報のないところが最も被害が大きいとの阪神淡路大震災での教訓が再び生きてしまった。

今回の経験では、土砂災害箇所の把握については地震翌日の上空からの調査が有効に働いた。特に、大規模な地すべりによる河道閉塞は社会的にも大きく取り上げられ、下流住民の避難体制にも大きな影響を与えたが、河道閉塞箇所の把握、閉塞土塊の規模、湛水規模などの把握は、上空からの調査とレーザー測量によりかなり正確に捉えることができた。

これらを考えると、今後はこのような集落の点在する中山間地で発生した地震災害に対し、関係機関が協力して上空からの調査を迅速に行えるような体制作りをしておく必要がある。とくに、緊急救援を目指した情報把握をさらに迅速化するため、衛星写真・航空レーダーなどをを利用して被災地全体をカバーし、時間帯・天候を選ばず検知可能な斜面崩壊モニタリングシステムの開発を技術開発目標として設定すべきである。

#### **(2) 専門家を含めた緊急被害調査の協力体制確立**

土砂災害の応急対策を早急にかつ合理的に実施するためには、災害の状況把握と技術的判断を緊急かつ適切に行わなければならない。しかし、今回のような甚大な災害に直面すると、県及び市町村の行政職員だけでは対応しきれないのが事実である。このため次の災害を想定して、コンサルタント等の専門家が早急に現地調査に参加・協力できる連絡体制を日頃から作っておくことが重要と考える。

## 2. 河道閉塞への対応

### (1) ハザードマップの整備

今回、山古志村の東竹沢・寺野をはじめ多数の箇所において、崩落土による河道閉塞が起きた。類似の被害は、古くは善光寺地震の梓川や飛越地震の常願寺川の例などがある。最近では今回ほどの多地点かつ大規模な崩壊土砂量による経験は少なかったため、発災時の緊急対応も検討されてこなかった。今後早い時期に、河川管理者と関係自治体の協力により、地滑り・斜面災害に加えて、河道閉塞と上流浸水および下流の土石流災害についてのハザードマップを整備することが必要である。

### (2) 危機管理マニュアルの整備

中山間地の直下地震では崩壊土による谷川のダムアップとその緊急対応が今後の大きな危機管理項目であり、マニュアル整備などを急ぐ必要がある。ダムアップに対して短期間で安全かつ有効な水位低下技術（サイフォン敷設、放流部の洗掘防止など）を確立することも重要である。また、閉塞土塊の長期安定性の評価や長期管理も重要課題である。

また、閉塞土塊の除去を行うか否か、行うとすればどのようにという問題がある。除去する場合、天然ダム土塊を部分的に元の河床レベルまで取り除くと、残された地滑り土塊が再滑動する可能性もあるため、周辺斜面の安定性を確保しながらどこまで除去するか、旧河道レベルに設置する新しい河道の構造をどのように選ぶかなど詳細な検討が必要である。また、除去した膨大な量の土の処理場の確保が問題となる。一方、閉塞土塊を除去せず湛水池の恒久化を考える場合は、地元住民はじめ各方面との合意形成が大前提となろう。

## 3. 中山間地直下地震での復旧

### (1) 復旧の基本方針

今回の同時多発的大規模斜面崩壊は、地形・地質学的時間スケールでは自然の営力による地形変化の一環として捉えることができる。長期的な自然の営力のなかで、人間の短期的な自然改変が加わって今回の災害が起きているとの視点が必要である。その意味で、人間がこの大地と共に生きるためにには、地質・地形的特性を十分把握し、なるべく自然の摂理にしたがって、極力その長期的流れに逆らわない土地利用法を心がけることを基本方針としなければならない。

### (2) 緊急復旧マニュアルの策定

中山間地の直下地震により土砂災害が発生した場合、直後の応急復旧をどのようにすべきか、明確な方針や指針が欠けていたように感じる。色々な天候・季節を想定した災害直後の緊急復旧対応について、具体的なマニュアルの策定が必要である。特に、今回のように

に、集落とそれを支える道路など生活基盤が同時に被災した場合には、被災した集落の復興方針が決まらないと、道路・ライフラインなどの災害復旧と復興の方針が決められない。集落の復興方針を決定するに当たり、宅地や集落周辺の地盤の危険度判定を実施し、危険か安全かの判断が不可欠であるため、その判定方法についてマニュアル等の整備が必要とされている。

### (3) 復旧における新技術導入と経済性確保

被害復旧は現況復旧が主流だが、それでは次の地震でまた同じような被害が出る可能性が高い。実際、その様な事例も北海道東部のような地震常襲地域では起きている。被害地震は、通常、同一被災地にとってそう度々は発生しない。今回も被災したインフラ施設の多くは数十年以上の年齢を経ており、その間に地盤工学・地震工学の知見や施設の設計・建設に関わる技術も飛躍的に進歩している。被災構造物の復旧においては、現況の構造形式などに捕らわれることなく、新たな知見・技術を積極的に取り入れ、耐震性向上が必要な場合にはそれと同時に経済性向上もねらう高い目標をかかげるべきである。

## 4. 中山間地直下地震での緊急用道路

### (1) 道路ネットワーク機能

道路というものが救援、復旧、復興に果たす役割には、極めて重要なものがある。とくに、中山間地は道路網が乏しいため、複数の幹線が一度に被害を受けるような地震災害では、集落が孤立する危険性がある。これは神戸の震災などでは経験しなかった日本の中山間地に特有のリスクである。

そのリスクを避けるために、不通箇所が減るようにあらかじめ補強しておけば良さそうなものだが、その総延長は極めて長くすべての補強は財政的に困難である。また、道路交通には融通性があり、片側交互通行や迂回路設置で対処することも可能である。つまり、すべての道路が健全である必要はなく、一つが曲がりなりにも通行を確保できれば孤立という最悪の事態は避けられる。これらは鉄道とは本質的に異なる側面であり、したがって、中山間地の地域防災計画では、道路網の寸断が起きた場合にそのネットワーク性を十分生かして、完全に孤立する集落が生じない計画が重要である。

### (2) ネットワーク性の確保と「耐震レーン」の提案

以前より、高速道路、直轄国道、一般国道、主要地方道、都道府県道、市町村道などについて緊急輸送道路指定が行われており、それぞれ、第1次緊急輸送道路、第2次、第3次と指定されている。国、JH、および自治体でも、第1次緊急輸送道路を最優先に耐震補強がなされてきた。今回の中越地震では、災害時の輸送道路として指定されている第2次、第3次のどのネットワークに対してどこまで耐震補強がなされ、また災害時にどのネットワーク

が被災によって通行不能となったのかを確認しておくことが必要である。緊急輸送路として指定されていたネットワークが、中越地震でどのように機能し、またどのように機能しなかったのかをまとめておけば、各都道府県の今後の耐震対策のプライオリティを考えるにあたって有意義なデータとなる。また、緊急輸送路におけるこれまでの耐震対策は、橋梁の耐震補強が主であり、土構造物は主たる対象になっていたなかった。今回は道路斜面・盛土・トンネルが災害を多く受けたことを受けて、今後の緊急輸送路の耐震対策のありかたを再検討することが必要である。その一つの考え方として、高速道路を含む重要路線については、「耐震レーン」として最低1車線はレベル-2地震の震度7クラスに耐える工夫をし、発災直後にも交通の途絶を防げるような経済的な対策が挙げられる。

### (3) 地震も考慮した道路沿い斜面崩壊の危険度診断と補強

斜面崩壊により車が巻き込まれ、幾人かが犠牲となった。大規模な岩盤崩壊は、道路計画時点の路線選定の重要性を浮かび上がらせた。道路斜面の崩壊については細かい災害カルテが整備されているが、そのほとんどは、異常気象時（雨等）に対応する想定災害に対するものであり、地震に対するカルテはほとんど整備されていない。今後、地震発生確率の高い地域では、山間部道路について、従来から重点を置いてきた降雨以外に、地震も視野に入れて、橋梁など個々の道路構造物だけでなく路線を通しての安全点検が必要である。そして、重要度の高い路線については、危険度の高いものから順次、斜面の補強対策あるいは長期的にはトンネルなどによる路線付け替えを図るべきである。

## 5. 土構造物の復旧計画

### (1) 道路土構造物の復旧迅速性と経済性

道路盛土の被害が非常に大きかったにも関わらず、応急復旧は遅くとも1週間程度ときわめて迅速であった。このような土構造物の修復容易性については、もっと社会にアピールすべきである。一方、今回の地震では、道路ネットワークの切断は、ほとんどが斜面崩壊か盛土崩壊で起こったと言って過言ではない。これは、阪神淡路大震災を教訓に耐震補強に努めた橋梁・コンクリート構造物が今回それほどの被害を蒙らなかつたことと好対照である。これをもって、今後、すべての道路盛土や斜面をレベル-2地震動に耐えうるように補強するような議論になるなら、それは経済性から考えて適切な議論とは思えない。前述のように、ネットワーク性を確保する上で重要な路線については「耐震レーン」のような考え方を持ち込んで最優先に耐震補強し、他についてはコンクリート・鋼構造とは異なる土構造物の長所である修復容易性を積極的に評価すべきである。つまり、土構造物の修復容易性を生かし、通常の道路土構造物はレベル-1地震動で設計し、大地震時にはある程度の崩壊を許すが、それを迅速な修復性でカバーする危機管理体制を敷くことが経済性の観点から適切である。

## (2) 河川土構造物の復旧迅速性と経済性

今回の地震では、信濃川やその支流の河川堤防にも数多くの被害が生じた。河川堤防の被災は2003年十勝沖地震など多くの地震で発生しており、地震で被災しやすい土構造である。しかし、道路盛土と同じく比較的修復は容易であり、今回の地震で被災を受けた箇所についても早急に本格的な復旧を完了すべきである。一方、堤防の耐震補強については、洪水と地震が同時に起きる確率はきわめて低いことを考えれば、堤防の全延長にわたり堤防を耐震補強することは経済面から見て適切ではない。堤防の破損が直ちに洪水の危険につながる区間を除いて、地震後の健全性診断と迅速な修復を基本とすべきである。

## 6. 道路と併設ライフラインの耐震レベルの考え方

### (1) 道路と鉄道の併設区間の考え方

山間地では道路と鉄道のルートは平行している箇所が多く、例えば川口町天納付近のように同じ盛土崩壊の影響を受けたり同じ斜面崩壊の影響を受けたりすることが多い。なかには上にある道路または鉄道の盛土の影響が下の路線に影響を及ぼす場合もある。道路は鉄道に比べて修復がはるかに容易であり、両者の併設区間ではこの点を考慮した路線計画や復旧、耐震診断・補強が重要である。

### (2) 道路盛土へのライフライン埋設のあり方

道路盛土の崩壊にともない、道路路肩に敷設したライフラインの被害も各所で目立った。ライフラインの修復性は道路盛土ほど容易ではなく、また重要度も異なる場合が多い。盛土自身の修復に比べて時間のかかるライフラインの耐震性を上げるために、地形等を十分考慮し、盛土が崩壊しても損傷が少ないとと思われる側方に埋設し、しかも直接埋設を避けてダクトなどにより間接埋設をすることが望まれる。

### (3) マンホールの浮き上がりによる道路交通障害

今回の地震では、震度6程度の揺れで道路に敷設された下水マンホールの浮き上がりが1300箇所以上におよんだ。これは下水管を埋設した土の液状化によるもので、1993年釧路沖地震以来、下水の普及率上昇を反映してたびたび起こるようになってきた。従来、歩道で発生することが多かったが、今回は車道に敷設されたマンホールが浮き上がり、交通障害となっていた。多くの場合、埋め戻しは近隣で採れる液状化しやすい山砂を使っているうえ締め固めが十分でなく、周辺地盤は異常がなくとも、埋め戻し土のところだけが選択的に液状化する現象をもたらしている。震度6の震動は、日本の多くの地域で数十年に一度は発生の可能性があり、今後とも同じ現象が日本各地で繰り返し起こる可能性が高い。今後、下水管やマンホールの埋め戻し方法についても、防災と経済性のバランスの観点から再検討が必要である。

## 7. 土構造物の設計法、耐震診断・補強法の見直し

### (1) 土留め・よう壁構造物の耐震診断・補強法の見直し

今回の地震により、道路・鉄道盛土や宅地盛土などで、よう壁構造物の倒壊が目立った。古いタイプのもたれ式よう壁や重力式よう壁、石積みよう壁などが多い。一方で、アンカーヨウ壁などでは、地震に耐えたものもいくつかあった。今後、地震発生確率の高い地域で、よう壁の耐震性チェックと補強を考えていく必要がある。そのために、既設よう壁の経済的な補強技術の開発と普及が重要である。

### (2) 盛土造成地の液状化対策

今回の地震では、もと沼地や砂利採取場などであった埋土・盛土地盤で液状化が発生し、長岡市の一帯では住宅造成地で家屋に被害が発生した。また、2003年十勝沖地震でも、泥炭地盤で基礎以深まで砂で置き換え改良した家屋に、液状化で被害が発生した事例もある。このように集水地形にある宅地造成地では、地形分類では液状化しにくい地盤であっても液状化が起こりうる。このような場合、一般住民には液状化の危険性は分かりにくいため、注意を促す必要がある。また、簡便で経済的な液状化対策法の開発・普及が必要である。

### (3) 重要構造物基礎の埋め戻し土の対策

今回の地震で、地中梁施工とともに掘削・埋め戻しを行っていた新幹線高架橋基礎の埋め戻し土の一部に液状化の兆候が現れていた。このような重要構造物の基礎埋め戻しについては埋め戻し土にセメントを混合して十分転圧するなどにより、高架橋基礎と支持地盤との一体性を増す施工を検討する必要がある。

### (4) 雪国特有の施設の耐震性検討

融雪設備は冬季の生活道路を確保する雪国特有の重要な施設であるが、今回、道路の陥没や段差・亀裂の発生により、大きな被害を蒙った。これまでにあまり被災経験のなかつた新たなライフライン被害である。融雪管路は、路面の中央部に浅く埋設する特性から修復も比較的容易であるが、地盤の不同沈下や亀裂発生などに強い管種や構造を導入することなど工夫が望ましい。

## 8. 研究開発の必要性

### (1) 斜面崩壊モニタリングシステムの開発

衛星写真・航空レーダーなどを利用して被災地全体をカバーし、時間・天候を選ばず検知可能な斜面崩壊モニタリングシステムの開発はこの種の災害への備えに必要である。この目的を達するための航空レーダーによる測量技術は十分発達しており、1m以内の精度で

斜面崩壊などの地形変化が検知できる。災害発生可能性の高い地域について平常時の測定データを蓄積し、発災時には直後に情報収集を行うシステムを確立することにより、極めて短時間に悪条件下でも被災状況の正確な把握が行えるシステムを目指すべきである。

#### (2) 亀裂破壊進行性の評価技術

直下地震では、多数の強い余震による斜面崩壊、亀裂の進行が起き易い。このため、被災現場では、住民の方の避難・解除・復旧計画などのためにも、亀裂が拡大して崩落につながるかどうかの判断を求められる場合が多い。類似の災害を経験した1999年台湾集集地震や2001年芸予地震などの例をはじめ、以前の地震の調査などにより、地震による崩壊斜面の余震や雨による破壊進行予測についての簡便な評価法を開発する必要がある。

#### (3) 実用的な地震時斜面崩壊量の評価法の開発（安全率から変形量評価へ）

現状では、地震による斜面や盛土構造物の崩壊発生の可能性は、地震加速度による力の釣り合いに基づいて安全率で判断している。いっぽう、崩壊が始まつた後に斜面が大きく流動する場合、現状ではその流動量を合理的に評価する手段がない。しかし、斜面崩壊での崩壊土量や下流に流れる距離の想定により、被害は大幅に変わるために、単なる安全率ではなく破壊後の変形量の評価がきわめて重要となる。崩壊土の到達距離の評価は被害想定やハザードマップ作成にも重要な影響を及ぼすが、それは、地震動、斜面勾配・比高、崩壊土の含水比・粒度・細粒分の性質などに大きく影響される。今回の斜面崩壊や、過去の類似の崩壊例についてのデータベースの収集と、理論・実験的アプローチにより、実用的な地震時斜面崩壊での崩壊量・流動距離などの評価法を開発しなければならない。

#### (4) よう壁の経済的な補強技術

今回の地震では、古いタイプのもたれ式よう壁や重力式よう壁、石積よう壁などが大きな被害を受けた。これらを復旧するに当たっては、最近の新しい技術を適用し、耐震性の向上と経済性を満足する既設よう壁の補強技術の開発が必要である。具体的には、グラウンドアンカー工法や補強土工法などがあるが、とくに、個人住宅の敷地などにも適用できる簡便で安価な補強工法の開発が重要と思われる。

以上