

第42回 夏期講習会「あなたのまちはだいじょうぶ? (防災・減災を目指して)」

わが国において、地震や水害などさまざまな災害が起こっている現在、防災対策が検討され、新たな取り組みがなされています。6月21日には「平成29年度防災対策の重点」が決定され、それに基づき、関係省庁、地域、団体、さらには家庭や個人など多様な主体により、具体的な取り組みが促進されることが期待されているところです。

土木学会(教育企画・人材育成委員会/高校教育小委員会)では、本年夏期講習会の内容として、前述をふまえ、標記の講習会を企画いたしました。私たちは、阪神・淡路大震災での教訓を生かし、多くの課題が解決され、さらに改善されている現実を知ること、**「安全・安心なまちづくり」**への実践的な活動を推進していくものだと考えています。技術者の育成にあたっておられる教育関係者をはじめ、まちづくり・防災に関心のある多くの方々にご参加くださることを願っています。

主催：土木学会(教育企画・人材育成委員会/高校教育小委員会)

共催：全国高等学校土木教育研究会、東日本高等学校土木教育研究会、西日本高校土木教育研究会、近畿高校土木会

後援：土木学会関西支部

開催日：2008(平成20)年8月1日(金)

会場：神戸市総合教育センター 706号室 〒650-0044 神戸市中央区東川崎1-3-2

TEL 078(360)2001 FAX 078(360)1313

定員：60名

参加費：3,000円(テキスト代含む)

講習会：

—プログラム—

9:50~10:00	開会挨拶 土木学会教育企画・人材育成委員会高校教育小委員会委員長	得地 俊雄
10:00~11:00	基調講演 「地域防災」(仮題) 京都大学防災研究所 巨大災害研究センター長・教授	河田 惠昭
11:10~12:10	講演 「災害に強い都市づくり」(仮題) 太田ジオリサーチ 代表取締役	太田 英将
12:10~13:00	昼食休憩	
13:00~14:00	講演 「防災・社会貢献」(仮題) 神戸学院大学防災・社会貢献ユニット教授	金芳 外城雄
14:10~15:10	講演 「安全・安心なまちづくり」(仮題) 神戸市危機管理室主幹	岩浪 和昌
15:20~16:20	講演 「防災教育」(仮題) 兵庫県立舞子高等学校教諭	諏訪 清二
16:30~16:40	閉会挨拶 土木学会教育企画・人材育成委員会高校教育小委員会副委員長	平田 健一

都市災害と自然現象

太田英将 (太田ジオリサーチ)

1. 地震や豪雨・火山は「厄災」でしょうか？

1.1 地震

20世紀末から21世紀の初めにかけて、日本は主に内陸直下型地震に数多く見舞われています。1995年兵庫県南部地震や、2004年新潟県中越地震、新しいところでは2008年岩手・宮城内陸地震など多くの被害を発生させた地震が起きています。そしてそこで披露される自然現象は、非常に多くのことを人間に教えてくれます。たとえば下記のようなことがあります。

1968年十勝沖地震では、盛土構造物が地震に弱いことが明確になりました。鉄道盛土などがひどく被害を受けたからです。その時たまたま計測されていた水圧計で、地震の時には盛土内の水圧がその瞬間にピュッと上昇することが計測されています。

1978年宮城県沖地震では、高度成長期に造成された団地の盛土が大規模に崩れました。当時は表土や伐採木を谷の底に落とし込んでその上に盛土するなど、施工方法に問題があると崩れやすいと考えられました。このため逆に宅造法施行後の盛土は安全だというふうと考えられるようになりました（それが誤解だったことは兵庫県南部地震が証明しました）。

1983年日本海中部地震と1993年北海道南西沖地震は、地震による津波の怖さを教えてくれました。

1995年兵庫県南部地震では、現代都市が地震にこれほどまでに弱いものかということ、6137人の大きな犠牲を代償として教えてくれました。ビルや高速道路といった、日本の土木建築技術の自信を大きく揺るがした地震でした。ボランティア元年と言われるように若者を突き動かしましたが、研究者や技術者にとっては自らの無力さを感じざるを得ない経験となりました。

2004年新潟県中越地震では、中山間地で地震が起きたときの山地崩壊と、河道閉塞・その後の決壊の恐怖を教えてくれましたが、決壊しないようにできなかった昔は、その決壊土砂が土石流となって信濃川に流れ込み新潟平野に大量の土をもたらして穀倉地帯が形成されたことを実感として理解させてくれました。また、長岡市郊外の新興住宅地では、谷埋め盛土が多数崩れたり変形し、宅地・家屋に多くの被害が出ました。こういう現象が起きることは、兵庫県南部地震の阪神間で100箇所以上の谷埋め盛土が変動したことによって研究者・技術者の間では十分予測されていたことですが、その教訓はこの地震では活かされませんでした。しかし、この地震後に宅地耐震化が必要という機運が盛り上がり、宅地造成等規制法に宅地耐震化を組み込む法律改正が行われました。

2007年に起きた能登半島地震、新潟県中越沖地震は原発が立地しているところでの地震で、想定震動等の見直しのきっかけとなりました。また中越沖地震では、中越地震で被災

した家屋が、再び被災するなど、「一度近くに大地震があったので、当分は来ないだろう」という油断に対する警告となりました（神戸の方が一番参考にすべき地震かもしれません）。また、中越地震で被災されたお宅が、自らの費用で地盤対策を行った結果、周りは大半が被災したのにほとんど被災しないという「事前対策がいかに大切か」ということ如実に示す事例がありました。

2008年岩手・宮城内陸地震では、過去に大地すべり地形を残している地形ができる様を実際に自然が見せてくれました。

地震は、山を隆起させ、山を崩し、その後洪水が土砂を運搬し平野を造り、農地で作物が収穫できるようになり、集落が発達し、経済が発達し、人間社会の進歩に対して非常に役にたっています。

四国や紀伊半島に見られるような急峻な山地の集落も、よくみれば全ての箇所が土砂崩れ・地すべり跡地です。中にはいまでも変動が続いているところもあります。過去の土砂災害（そのとき人が住んでいればですが）が地震や豪雨を引き金として起きた場所です。なぜそんなところに集落が発達するのかというと、山岳地の中でもなだらかな傾斜で、土地は耕しやすく、水も近くにあるという環境でないと人間が住めないからです。地盤の良い堅固な岩盤地帯は、急峻すぎて人間が住める環境ではありません。



山で人の住めるところは地すべり地

1.2 豪雨

豪雨には、100年確率とか200年確率とかいう豪雨時の降雨量の計算値があります。確率で表現できるということは、繰り返しおなじようなことが起きるということです。地震に比べて同じ地域での再来スパンは短く、人間の寿命とのバランス感覚では豪雨の方が身近に感じると思います。通称“土砂三法”と呼ばれる、地すべり等防止法、砂防法、急傾斜地崩壊防止法は、降雨によって起きる土砂災害に対応した法律で、地震についてはほとんど対象外でした。それくらい豪雨は身近な災害だということです。

しかし梅雨の豪雨があるからこそ、日本は水にあまり不自由しない生活が送れ、さらに水田などの農業が行われて、文化が発達してきました。

1.3 その他

その他の自然現象として、火山活動も代表的です。火山の怖さも、火山の恩恵も言うまでもなくご存じのことと思います。

自然は、静かにしているときには賞賛されることの方が多いのですが、少し動き出すと災害として怖られます。本当は、わずかな「厄災」と、多くの「恵み」があるのが自然

現象です。

2．自然現象は予測可能

大災害債権という金融商品があるのをご存じでしょうか。英語で Catastrophe bond と言います。略して CAT ボンド。高い利率が支払われる代わりに、自然災害（台風・洪水・地震など）が発生した場合には、投資家の償還元本が減少する仕組みの債券のことです。たとえば、契約で設定された地域内に、USGS 発表の震央があり、かつマグニチュード 8 以上の地震が発生した際には、極端に言えば丸損してしまうというものです。このような、普通の人には博打にしか感じない債権は、自然現象が確率的に起き、中長期的には予測可能で、かつ短期的にはなかなか予測が付かないという理由で発行されています。全世界の CAT ボンドを購入しておけば、人間世界の予測困難さから比べると、リスク管理が合理的にできると西洋人の頭脳は判断するのだそうです。自然現象は大局的には予測可能であるということがこの債権の存在理由です。

地質学の大原則は「斉一観」という概念です。「現在は過去への鍵」であり、過去を調べれば現在、そして未来に起きることも予測できるという考え方です。地震の再来周期という考え方自体も、この斉一観という概念が土台にある表現と考えられます。

最近、地震の分野では、緊急地震速報というものが始めて、大きな揺れが来るのにあと何秒というような「予報」が出せるようになりました。しかしこれは地震の予報ではなく、あくまでも揺れの予報です。原理的に地震が発生したあとでしかこの速報は出せません。

今後 30 年間に震度 6 以上の地震が起きる確率を書かれた地図があります。予測という点では、完璧な中長期予測図だと思います。似たような応力場にある時代の中での再来周期から予測されている地震現象なので、外れる確率は極めて小さいと言えます。しばしば一番大事な短期予測ができていないと言われますが、1 日前や 1 週間前に予報が出たところでそこから耐震補強している間はありませんので、体の防御態勢をとれる時間がある（震源が近いと時間が短すぎるかもしれませんが）緊急地震速報と、事前の備え（耐震化など）で十分だと思います。もちろん短期予報ができるようになればさらに嬉しいことです。

3．専門家の役割

専門家の役割が何かという前に、なぜ世の中に専門家といわれる人が存在できているのかということを考えた方がわかり易いと思います。

公的機関で防災を研究している専門家をイメージしてみましょう。彼らは国民から広く薄く徴収された税金によって生活の糧を得つつ、何も生産しない「防災」というものを研究しています。それは、繰り返し発生する自然現象で起きることを知ることにより、どうすれば人間の被害を少なくすることができるのかということ、納税者から「委託」されているのです。したがって、その「これだけわかったぞ！これでかなりの人が被害に遭わ

なくてすむようになるぞ~！」という答えを出す責務を負っているわけです。

具体的には、災害の研究や教訓を一般の人に向けて啓発するアウトリーチ活動と、形ある制度（たとえば法律）にしていく役割を負っていると言えます。

兵庫県南部地震の教訓が形になった例として、造成宅地谷埋め盛土の滑動崩落防止を予防するための宅地耐震化が法制化された経緯をご紹介します。

3.1 谷埋め盛土の地震時変動防止が法制化された経緯

谷埋め盛土の「滑動崩落」というのは造語です。宅地造成等規制法改正の際に国土交通省で作られた言葉ですが、地震時に盛土が底から滑って移動するというイメージが的確に表現されていると思います。

・技術的な経緯

宅地造成地の谷を埋めた盛土地が、地震時に数多く変動したのは兵庫県南部地震時にはっきりと認識されました。工業技術院地質調査所の釜井俊孝先生（現京都大学防災研究所教授）は、地震によって発生した山崩れや地滑りを調査しようと現地に入ったのですが、山に近づく手前の丘陵地で、盛土部と考えられる宅地がひどく変動し被害を発生させているのに出くわし、結局山まで達することなく丘陵地の宅地造成地で研究を始められました。

土木の世界では、壊れたものは熱心に観察・調査されますが、「壊れなかったもの」の調査はあまり行われません。しかし釜井先生の研究では、変動した盛土だけでなく「変動しなかった盛土」についても同じ精度で調査が行われました。調査といっても、詳しい地質調査が行われた箇所は僅かで、200箇所以上の谷埋め盛土について、旧地形と現地形の差をとって盛土の形（長さ・幅・深さ・旧地形の谷の傾斜角）と変動・非変動の区分が行われただけです。しかし、そうした「現場の事実」から、土質工学研究者が考えもしていなかった画期的なことがあぶり出されました。

普通、斜面の安定問題は最大縦断面において、滑動力 $D = W \cdot \sin \theta$ と抵抗力 $R = (W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi + c l$ の比 R / D を安全率として説明します。内部摩擦角 ϕ も粘着力 c も土塊の単位重量も盛土の性質ですから、同じ地域では似たような値です。間隙水圧 U は、地震時に大きな過剰間隙水圧となる可能性があり不確定要素ですが、同じ地域・似たような形状の盛土であれば、似たり寄ったりと考えても良いと思います。そうすると、盛土斜面の滑動崩落（盛土底面から変動する）の安定問題は、盛土底面の傾斜角 θ が急角度であればあるほど不安定となるという「きわめて常識的な話」になるはずですが、実際のデータはむしろその逆でした。緩い傾斜角の盛土がより高い頻度で変動していたのです。

そこで釜井先生は、変動した盛土としなかった盛土のデータ（形と変動の有無）から変動の要因分析をしたところ驚くべきことがわかりました。変動・非変動の違いの鍵を握っていたのは、他の要因を圧倒して盛土の幅（ W ）と深さの比（ D ）、 W / D だったのです。 W / D が 10 を越えると変動し、10 未満だと変動しないという非常に単純な答えとなってい

ました。幅が広くて薄っぺらい盛土は動き、逆に幅が狭くて深い盛土は動かないということです。別の言い方をすれば、浅いお皿型の谷を埋めた盛土は動きやすく、V字型の谷を埋めた盛土は動きにくいということです。この解析時に、他の要因についても行われていますが、ほとんどが無相関に近いものでした。(ため池を埋めた盛土は、兵庫県南部地震ではすべて変動しています。このため地盤が変動しても良い造りにしておかないと被災することになります。)

W/Dが安定問題に深く関わっているということは、地震時の谷埋め盛土安定問題において側面部の摩擦が非常に大きく効いていることを示しており、従来の2次元断面で安定計算では解けない問題だということを強く示唆するものでした。

しかし、この事実は一般の地すべり安定問題にも大きな解決の糸口を与えました。地すべりの安定問題は従来から2次元断面で解かれていますが、実際には「逆解析」で行われる場合が大半であり、土質試験結果から順算で解かれたものはほぼ皆無といって良い状態にあります。それは、谷埋め盛土の地震時安定問題で判明した側部摩擦を無視していることが大きな原因だったのです。その後、複数のコンサルタント会社によって、実存する安全率が1.0程度とわかる地すべり地において、土質試験結果のみを用い、側部摩擦をきちんと考慮して順算したところ、ほぼ現象を説明できる安全率が算出されるということが明らかにされました。いままで、「2次元断面法で仮定する」という前提条件の検証をさぼっていただけだったのです。

現在では、谷埋め盛土の地震時変動のメカニズムはかなりはっきりとわかってきています。地震時に盛土最下部(ここは地下水の流動により細粒分などが流されて時間の経過とともにスカスカになっている部分です)の地下水が、強震動(震度6以上)をうけて過剰間隙水圧を発生し(ひと言でいえば「液状化」し)滑りに対する抵抗力を失いますが、側部の摩擦で滑るのを抑えようとします。側部摩擦がよく効く形状であれば変動せず、効かない形状($W/D > 10$)であれば変動するということです。実際、西宮市豊楽町の変動盛土では、盛土全体が2mほど移動しましたが、家屋の床下に噴砂が発生しており、液状化が起きた証拠と考えられます。

対策としては、最も重要なことは「過剰間隙水圧を発生させないこと」です。圧力弁を設けるか(過剰間隙水圧消散工)地下水そのものを無くしてしまう(地下水排除工)が有効です。ただし、それだけでは不安なので、ある程度のすべり止め(抑止工)もあった方がよいでしょう。ただ、抑止工に必要な力はそれほど大きなものではないことがわかっています。

・行政的な経緯

1995年に兵庫県南部地震が発生し、谷埋め盛土の地震時変動の問題が提起され、メカニズムがはっきりとわかったのが2000年頃です。

阪神地域の防災をあずかるのはK市とH県ですが、これらの行政がこの問題に対してど

のような対応をとってきたかということは、今後の防災を考える上でも参考になると思います。

地震直後に、谷埋め盛土の地震時変動の問題を行政にぶつけたときの反応は、「聞かなかったことにさせてくれ」というものでした。当時、防災はお上がやるものという意識が行政側も市民側も強かったので、それ以外の復旧にも費用がかかるため、問題提起されても対応不能だと感じられたのだと思います。

2002年頃、県に谷埋め盛土の地震時変動の情報をハザードマップなどの手段で公開して欲しいとお願いに行きました。県では、住宅部局、砂防部局等をたらい回しになり、結局何処の部署も「管轄外なので対応できない」という答えでした。あとになってわかったのですが、行政は法律の執行をしているので、対応する法律がないと「管轄外」になってしまうようです。

市の建築系の部署で同じ話をしたところ、その部署の責任者の方が「技術士(建設部門)」の資格を取得されている技術に通じた人だったため、問題の意味を十分に理解してくださいました。その上で「研究成果レベルのものを行政が公開するのはなかなか難しいが、公開すべき内容の情報だと思う。最近NPOが作りやすくなっているので、ワンクッションを置いてそういう団体から情報発信して欲しい」とアドバイスされました。

この言葉に勇気づけられて、技術者を中心としたNPO(都市災害に備える技術者の会；2006年4月に認可)をつくることになりました。NPOを作る過程で内閣府の防災担当企画官の渋谷さんという方に谷埋め盛土の危険性を説明するとともに、NPO設立のためのアドバイスを受けていましたが、そのさなかの2004年10月23日に新潟県中越地震が起きました。

山古志村が非常に大きな被害を受けたのですが、報道陣も山古志村中に入れなかったため、長岡市近郊の造成地(たとえば高町団地)の被害がマスコミで何度も取り上げられました。まさに、谷埋め盛土の滑動崩落そのものだったのです。これで一気に宅地盛土の耐震化対策も防災に必要という空気が生まれ、さらにたまたま内閣府の渋谷企画官が、国交省の宅地の部署の室長に異動されたこともあって、法制化にむかってスタートが切られました。2005年6月頃のことです。

まずは、兵庫県南部地震時のデータを法制化に向けて再整理したり、財務省へのプレゼン資料を作成する必要があったので、NPOでその資料整理等を行いました(2005年7月~9月)。その後、技術的な解析方法を(社)日本地すべり学会が行いました(2006年10月~2007年3月)。そして、大規模造成地の盛土の耐震化促進を柱とした宅地造成等規制法の改正が3月末に衆参とも満場一致で成立し、半年後(2007年9月30日)から施行されました。

対策に至るまでは長い道のりがあります。まず、地方自治体が1次スクリーニングを行います。1次スクリーニングでは、どこに谷埋め盛土が存在するのかということをもとに新旧地形図などからあぶり出します。そして法律の要件に見合う(面積等)場所を選定し、優先

順位をつけ、ハザードマップを作成します。そして2次スクリーニングへと進みます。2次スクリーニングでは、地質調査を行い、安定計算を行い、対策工の設計を行います。現在、約20の自治体が1次スクリーニングを実施中または実施済みで、川崎市などはハザードマップをすでにホームページで公開しています。2008年度では複数の自治体が2次スクリーニングを実施します。この制度は「予防」のために実施するのが原則ですが、対策工事第一号は、2007年新潟県中越沖地震の被災地（柏崎市山本団地地区）での暗きょ工事（水抜工事）による「事後対策」となるそうです。まずは制度を前に進めるという意志なのだろうと思います。

費用ですが、1次スクリーニング・2次スクリーニングは全額公費で行われます。個人財産とも言える宅地の問題に公費が入るといえるのは、実は歴史的に見ても画期的なことです。工事は、1/2が公費で、残りの1/2が自費負担です。自費負担に対しては貸付制度などが法制化の時に作られています。

この事業はこれから最大の難関にぶつかっていきます。防災を1/2と言えども自己負担でやるという住民合意が得られるかどうかということです。金額にして約100万円/戸くらいになります。「防災はお上がやるもの」「被災したらお上が何とかしてくれるもの」という根拠のない迷信のようなことを信じ込んでいる人が多い中で、「防災は自助が基本」という意識改革が必要です。こういうことこそ教育の中に組み込むべきことではないでしょうか。

現時点で、兵庫県南部地震で大きく被災したK市は、1次スクリーニングを実施していませんし、実施予定もないとのこと。「一度地震が来ているのでもう来ないだろう」というのは2004年中越地震、2007年中越沖地震の連鎖で、そんな甘い考えは大げがのモトということがわかっています。谷埋め盛土の地震時変動は時間の経過とともに地下水流が盛土を劣化させるため「免疫性」がない現象ですから、予測されている東南海・南海地震でも、山崎断層地震でも再び起きる確率が高いと言えます。防災教育による住民の意識改革が、行政の意識も変え、宅地耐震化促進事業が前に進むことを願うばかりです。

すでに教訓が制度になりましたので、次の地震で同じ災害が起きたとき「自然災害」と言い逃れることはもはやできません。

3.2 専門家とマスコミの違い

専門家は正しい情報を伝えるという責任もあります。マスコミ報道などは、見てもらって、聞いてもらってナンボですから刺激的な話を好みますが、しばしば事実と異なる話が流れてしまいます。

例えば、山林破壊が進み自然がどんどん壊されていっているという話は、非常に一般市民には受け入れやすい話ですが、事実は全く逆です。六甲山もかつては禿げ山だったのに、いまは一面緑です。その原因は、もちろん緑化の努力もありますが、エネルギー革命が一番大きいのです。山で薪を切ってそれを燃料にしていた時代から、石炭石油といった化石燃料を使うようになったために緑が戻ってきたのです。江戸時代の浮世絵を見ると、山に

は痩せた土地でも生える松くらいしか描かれていません。みんな燃料になってしまったからです。日本の山に緑を回復させたのは、いまや地球温暖化の元凶といわれる化石燃料だったのです。山に緑が回復すると土砂災害もうんと減ります。山から出る土砂が減れば下流の河川管理も楽でしょう。石炭石油にかわる代替エネルギーが見つからなければ、再び日本の山も禿げ山になるかもしれません。

感情論ではなく、事実をきちんと伝えるということも専門家には重要な仕事です。

4. 都市災害

経済活動が盛んとなった結果、人口の集中が起こり都市がどんどん発達しています。経済や政治の機能が一箇所に集まるとリスクが高いとしばしば指摘されますが、改善される気配がありません。それどころか都市への集中は高まっているようにさえ見えます。

現代都市を防災の観点から見ると、「住んではいけないところに住んでいる」と思われるケースが多くなっています。地震の被害も、そういうところに集中します。

兵庫県南部地震で被害を受けた西宮市内の宅地分譲のチラシがありました（釜井先生の資料）。それをみると、戦前（1928年頃）は住居としていなかったところに、戦後たくさんの住居が建てられ、地震の時にはその「不適地」が被災していることがわかります。都市は無理をして発達しているのです。



戦前の分譲宅地のチラシと、現在の市街地図と被災箇所（釜井先生資料）
現在の宅地の状況（復旧後；撮影太田）

無理をして都市を造ったということを題材とした映画『ボルケーノ』では、新約聖書を引用して舞台となっているロサンゼルスに「砂の上に建てた都市」と表現しています。もちろんこれはフィクションです。

しかし、過去の災害によって得られた教訓を活かさなければ、「言葉を聞くだけで行わないもの」として被災することになってしまいます。

自然現象は、地球が生きている限り繰り返し起きる現象です。地震で言えば、プレートが押し合っている限り地震は起きますし、その結果山地が形成されます。山地は、海水面まで低くなるとういう活動をしますので、浸食・運搬・堆積活動を行います。浸食の中には斜面崩壊や地すべりなども入ります。運搬の中には土石流も入ります。堆積すると平野を作ったりもします。ただそれだけのことです。そこに人間が生活し、その生活に自然現象が支障を及ぼすときにはじめて「災害」となります。すなわち「災害」は自然が単独で起こすものではなく、あくまでも人間の生活が関わっていなければ災害にはなりません。

そういう智恵を社会還元する責任が、研究者や技術者にはあり、それを広く知らしめて意識改革させる責任が教育者にはあります。そして、知識を得た人は家族の命と、充実した生活を送るための財産を守るために、主に自助によって災害を回避する責任があります。行政は、個人の自助を助け、社会全体の損失を最小限にするために公助を行う責任があります。

自然の営みを理解し、無茶な都市集中をせず、教訓を聞くだけでなく実践することによって、自然現象から恵みだけを頂戴し厄災は回避するということができるようになるはず

新約聖書 マタイによる福音書第7章26節 家と土台

“そこで、わたしのこれらの言葉を聞いて行うものは皆、岩の上に自分お家を建てた賢い人に似ている。雨が降り、川が溢れ、風が吹いてその家を襲っても倒れなかった。岩を土台としていたからである。私のこれらの言葉を聞くだけで行わないものは皆、砂の上に家を建てた愚かな人に似ている。雨が降り、川が溢れ、風が吹いてその家に襲いかかると、倒れて、その倒れ方がひどかった。”