

時・平成17年11月24日(木)

於・日本工営(株)本社ビル3階B会議室

平成17年度
谷埋め盛土造成地の危険度評価・安定解析手法
に関する検討業務
第1回委員会速記録

社団法人 日本地すべり学会

平成17年度谷埋め盛土造成地の危険度評価・安定解析手法に関する検討業務

第1回委員会

平成17年11月24日

社団法人 日本地すべり学会

目 次

1. 開 会	1
1. 開会のあいさつ	1
1. 出席者紹介	1
1. 都市計画課開発企画調整室長あいさつ	4
1. 土屋委員長代理あいさつ	7
1. 議 事	
委員会設置趣意書	8
調査・解析の流れと概要	9
谷埋め盛土造成宅地の分布状況把握手法の要点	12
討 議	14
宅地谷埋め盛土の危険度判定手法の要点	18
討 議	23
最大加速度と水平震度の関係について	30
宅地谷埋め盛土の安定化手法の比較検討結果	30
討 議	36
安定度評価への信頼性設計手法の導入について	44
宅地谷埋め盛土の安定化対策手法について	45
安定化対策手法の効果予測結果について	48
討 議	49
1. 今後の方針と課題	53
1. 閉会のあいさつ	55
1. 閉 会	55

開　　会

○事務局（山崎） それでは、時間が来ましたので、ただいまより宅地谷埋め盛土の地震時危険度評価と解析手法検討業務の第1回委員会を開催いたします。

開会のあいさつ

○事務局（山崎） 申しおくれましたが、私は日本地すべり学会の研究調査部長をやっております山崎でございます。日本地すべり学会のいろいろな研究委員会、委託研究の窓口は研究調査部がやっておりますので、私から最初に一言ごあいさつを申し上げたいと思います。

本日は大変お忙しい中、委員の先生方には御出席を賜りまして、まことにありがとうございます。後ほど委員会の設立趣旨でも説明があるかと思いますが、地すべりの実務にかかる者としましては、急傾斜地法あるいは地すべり等防止法にもかからない宅地谷埋め盛土の地すべりというのは大変心を痛めていた問題であります。今回、国土交通省の都市計画課からの御依頼により本研究委員会を開催することができました。このような機会を与えていただきました関係諸氏に心より感謝の意を表明したいと思います。

委員会では、幹事会が作成した資料をもとにして先生方の忌憚のない意見を拝聴しまして、よりよい報告書作成に向けていろいろ修正していくみたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

出席者紹介

○事務局（山崎） 最初に、委員の先生方、幹事会の皆さん、オブザーバーの皆さんの御紹介をしたいと思います。私の御紹介で間違いがあるようでしたら本人様から御訂正願いたいと思います。

まず神戸大学の沖村先生ですが、本日は海外出張で欠席でございます。沖村先生には本

委員会の委員長をお願いしておりますので、後ほど委員の皆様に御承認願いたいと思います。

次に御出席の委員の先生方を御紹介いたします。

静岡大学の土屋先生です。

○土屋委員長代理 よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 本日は沖村先生が欠席のため、座長をお願いしたいと思いますので、よろしくお願ひいたします。

土屋先生は共著で「地震砂防」という本を出版されておりますが、皆様もよく御存じの大谷崩れなど、地震時に発生した大規模な崩壊、それから土石流化するという、そういう現象とメカニズムを研究されておられます。そのほかにもいろいろやつていらっしゃるんですが。

次に二木先生でございます。

○二木委員 二木でございます。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 二木先生は財団法人ベターリビング筑波建築試験センターの所長をされておられます。二木先生は地盤工学と建築工学、両方の分野に精通しておられ、兵庫県南部地震における宅地災害の研究もされておられます。日本地すべり学会のメンバーには建築の専門家がいないこともあります。二木先生にはぜひ委員になっていただきたいということで御承認いただいております。どうもありがとうございます。

次に京都大学防災研究所の釜井先生でございます。

○釜井委員 釜井です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 釜井先生は土質と地質の専門家とお呼びしてよろしいんでしょうか、兵庫県南部地震、中越地震などで発生した谷埋め盛土の地震時の災害の研究を行っておられます。最近、斜面防災都市に関する専門書も出版されまして、谷埋め盛土の地震時災害について、ライフワークといいますか、そういう形で御研究を進めておられます。

次に東北学院大学の宮城先生です。

○宮城委員 宮城です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 宮城先生は地理学が専門でございます。東北、それから甲信越地方の地すべり危険箇所の抽出業務、防災科研が行っております5万分の1の地すべり分布図作成に携わっております。最近では岩手県、宮城県の全県の地すべり危険箇所の抽出業務と、地すべり地形の危険度判定手法というものをやっておられまして、特に宮城県から依

頼された仕事の中では仙台周辺の宅地の谷埋め盛土の抽出業務と危険度評価にも取り組んでおられます。

以上5名の方が本委員会の委員をお願いしている先生方であります。

次に、実際の実務といいますか、いろいろな資料をつくりたりする委員会の幹事を紹介させていただきます。

まず、本日欠席でございますが、日本大学建築学科の山田先生が幹事として加わっておられます。幹事会の方も、建築の専門家がないということで山田先生に加わっていただきました。

次に太田ジオリサーチの太田幹事です。

○太田幹事 太田です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 太田さんはコンサルですから、いろいろなことをやっていらっしゃいますが、釜井先生と一緒に谷埋め盛土の地すべりの研究をされているということです。

次に日本工営中央研究所の大角幹事です。

○大角幹事 大角でございます。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 大角さんは、地震工学と言ってよろしいんでしょうが、それが専門でございます。

次にアドバンテクノロジーの濱崎幹事です。

○濱崎幹事 濱崎です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 濱崎さんは地すべりの三次元安定解析のソフトをつくりたり、いろいろ解析ソフトをつくるおられます。宮城先生と一緒に仙台の地すべり危険箇所あるいは谷埋め盛土の抽出業務、危険度評価に取り組んでおられます。

次に日本工営の笠原幹事です。

○笠原幹事 日本工営の笠原です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 笠原さんは修士論文が「谷埋め盛土の地すべり」という内容だったと思いますので、幹事に加わっていただいております。

次に国土防災の榎田幹事です。

○榎田幹事 榎田です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 榎田さんは二次元、三次元を含めた安定解析、それから地すべり対策工、鋼管杭とかいろいろありますが、それから地下水解析を専門とされております。研究

調査部の副部長もされておりますので幹事会のまとめ役として参加してもらいました。

あと、オブザーバーとして参加していただいている方々を御紹介いたします。

神戸大学の鳥居先生でございます。

○鳥居オブザーバー 神戸大学の鳥居です。本日は沖村先生の代理ということで出席させていただいています。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 本人が御説明していただきましたように、沖村先生の代理といいますか、同じ研究室でございます。今回の委員会内容を沖村先生に直接伝えていただきたいということでオブザーバーとして参加していただきました。

それから、国土交通省都市計画課の渋谷室長さんであります。

○渋谷室長 渋谷です。よろしくお願ひします。

○事務局（山崎） 後ほど渋谷室長さんには本日御参加の国土交通省都市計画課の皆さんのお紹介をお願いしたいと思います。

以上で委員及び幹事、オブザーバーの皆さんのお紹介を終わらせていただきます。

都市計画課開発企画調整室長あいさつ

○事務局（山崎） それでは、本題に入る前に渋谷室長様から一言ごあいさつを賜りたいと思います。よろしくお願ひいたします。

○渋谷室長 御紹介いただきました都市計画課開発企画調整室長の渋谷でございます。地すべり学会の先生方には、大変短期間で、無理なお願いをいたしまして、御検討をお願いしているわけでございますが、簡単に私たちがどういうことをしようとしているか、趣旨説明という形でさせていただきたいと思います。

私ども都市計画課で、都市計画法も所管しておりますが、宅地造成等規制法という法律、いわゆる宅地防災の所管をしておりますが、先ほどお話がございましたが、急傾斜地法、地すべり法、いずれも自然の斜面が対象でございまして、人工的に造成された宅地については民間の話なので、基本的には民・民の話である。ただ、シラス台地のようにマクロに危ない地域については宅地工事の規制区域という形で網をかける。工事の規制はする。ただ、いわゆる保全措置、そういうことについての規定はない。

また、宅地造成等規制法、これまで運用してきたのは宅地造成により生じたがけののり面を擁壁で覆うというような対策が主でございまして、大きな地震のときに発生する、新

潟の中越地震のときがまさにそうだったわけでございますが、谷埋め盛土の地すべり的な崩壊、崩落というものについてはこれまで十分対策がとられてこなかったということでございます。昨年の10月に新潟の中越地震が起きまして、地盤災害だということが言われました。国土交通省として地盤災害にどういう対策をとっているのかと、国会等でも厳しく指摘をされました。

ただ、地盤災害というのは新潟中越地震が初めてではなくて、その前から、78年の宮城県沖地震、また阪神淡路大地震では住宅の倒壊が非常に目立ったわけですが、実は宅地もかなり大きな被害があったわけでございます。そういう目で調べてみると、過去にいろいろな災害が起きていて、特に阪神淡路の後、宅地の被害、特に谷埋め盛土の被害について御指摘があったにもかかわらず、行政として必ずしも十分な対策をとってこなかったのではないかという反省がございました。

なぜ対策が十分とられてこなかったか。二つございまして、一つは先ほど言いました、人工的に造成された宅地であるので、行政として、特に予防対策について公的な資金を投入することは、私的財産である宅地に対してはなかなか難しいのではないかという思い込みがございました。二つ目は、土の中のこととはよくわからない。よくわからないことについて何がしかの基準を設けて縛るということは難しいのではないか。何らかの対策を講じたことに対して公的な支援をする制度をつくろうにも、本当にこの工法が大丈夫かどうかということについて十分な知見がないのではないかという思いがあって、阪神淡路の後10年間、十分対策がとられてこなかったきらいがございます。

そういう目でもう一回私どもの施策を検証してまいりまして、ことしの5月でございますが、沖村先生や釜井先生にも入っていただいておりますが、宅地防災の総合的な対策に対する検討会というものを設け、法制度、予算制度、税制、さらには技術的な基準等について幅広い観点から御検討をいただいております。

その中で明らかになったのは、谷埋め盛土の地すべり的な変状、崩落というものは、がけののり面の崩壊に比べても非常に大きな被害をもたらすのではないか。これはやはり、事後の復旧もさることながら、事前の対策をとる必要性が非常に高いのではないか。特に、中央防災会議でも指摘されております首都直下地震、東海、東南海・南海地震、また宮城県沖地震等々、大きな地震が必ず来ると言われております。そういうものに対して、ニュータウンでありますとか、市街地も含めて宅地が大きな被害を受けることが想定される。これを座視していいのだろうかという問題意識を持つに至ったわけでございます。

個人の宅地について何がしかの政策関与をするということについては、実は一昨年に改正いたしました被災者生活再建支援法の中で既に、宅地の復旧については、地震の後でございますが、公的な資金を入れることが実現しております。また、もともと地震の後に宅地を復旧することは所得控除の対象になりますので、そういう意味では事前の対策に公的な支援を入れてもいいのではないかという発想で、現在、予算要求、税制改正要望をしております。

来年度予算において、自治体が宅地についてのハザードマップを作成すること、それから盛土宅地の地権者が安定化対策工事をすることについて、一定限度、国及び公共団体が公的な支援をするという制度が、まだ確定的なお返事はいただいておりませんが、いい線いっておりまして、予算的な措置が何らかの形で認められる可能性がついたわけでございます。

また、本日、課長補佐が財務省主税局に行っておりますが、税制についても、制度改正という形ではないけれども、運用の中で事前の対策について何らかの税の措置が認められるような感触もいただいております。これも今まさに折衝中でございますが、そういうことになりそうでございます。

それから法制度につきましても、宅地造成等規制法を改正いたしまして、現在、工事規制区域は相当広い範囲で網をかけるので、自治体は区域指定をちゅうちょするわけですが、危ない盛土宅地をスポット的に指定をして、工事の規制はしないけれども、例えば勧告とか改善命令をかけることができる。その前提として、自治体は区域指定のための調査の過程で得られた情報を開示する。こういうような仕組みを法改正で実現しようかな。来年の通常国会に宅地造成等規制法の一部改正を提案しようかということで、法制局と現在、詰めをしております。

したがって国の制度として政策的に大きく、谷埋め盛土について事前の対策、防災というものは、事後の対策もさることながら事前の対策、減災対策が非常に重要であると思っておりまして、事前の対策、危ない宅地盛土を特定して、情報開示をして、それについて国の支援、自治体の支援も得ながら安定化対策をしていただく。それをどんどん推進していく。そういう中で宅地の安全性を図っていく。こういう制度をつくっていきたいなと思っています。

制度改正の方は行政内部の調整で制度改善に向けて動きつつありますが、その前提になりますのは技術的な知見でございます。土の中のこととはよくわからない。これは今でもそ

うだと思いますが、防災というのはその時々の科学的な知見、最大限の知見を活用して、今わかっている範囲で対策を講じることが私どもに課された使命だと思っておりますので、現時点でもわかっている知見を活用して危険な盛土宅地をきちんと評価をする基準、また安定性をきちんと評価する基準、さらには、工事をして予防的な対策を講じるわけですが、どういう工法が適当かということについて、技術的な基準を明確にすることが求められます。

皆様方のような専門家にぜひその辺を明らかにしていただいて、これまでと違った盛土宅地の地すべり的な変状というところに焦点を絞った形で御検討をお願いしているわけでございますが、しかしながら、冒頭申しましたように盛土全体がすべるという変状は非常に大きな被害をもたらすおそれがございますし、日本じゅうの多くのところで大きな被害をもたらす懸念がございます。こちらについて、短い時間ではございますが、現時点で一定の結論といいますか、指針を出していただいて、私どもはそれをもとに制度改正をして、例えば予算措置、税制、あるいは区域指定なり、行政的にそれを活用させていただいて、宅地防災を少しでも前進させたいと思っておりますので、よろしく御検討、御指導のほどをお願いしたいと思います。

本日は私どもから、廣野課長補佐は現在主税局に行っております。

佐藤企画専門官でございます。

それから、担当の泉でございます。

以上の者が参っておりますので、よろしく御指導をお願いしたいと思います。よろしくお願いします。

○事務局（山崎） どうもありがとうございました。

土屋委員長代理あいさつ

○事務局（山崎） それでは議題に入りますが、その前に、沖村先生を委員長にということで事務局では推薦しているんですが、御承認をいただきたいと思います。よろしいでしょうか。

[「はい」の声あり]

○事務局（山崎） ありがとうございます。

それでは、先ほども申しましたように沖村先生はきょうは海外出張なものですから、本

日の座長を土屋先生にお願いしておりますので、よろしくお願ひいたします。

○土屋委員長代理 先ほど来、今回の委員会の重要性が室長から詳しく紹介されましたので、それに沿って、なるべくいい答えを求めてということで頑張っていきたいと思います。恐らく、委員長であられます沖村先生もそのようなことをおっしゃるのではないかと判断しております。

設立趣意書というのを見ると、一番最初に出てくるのが仁川の地すべりのショッキングな事例なわけですが、都市で起きて、しかも盛土がすべて、高速地すべりということで、佐々先生の機構解析のところが出てきまして、なるほど、確かにこれが動いて、それなりの高速で、すごく危険であると我々認識したわけですが、その後、地震時に見ていくと、宮城県で崩壊が起きたところへ行ってみたら、それは農地の盛土の跡であったということもあって、ことしでは福岡県西方沖地震ですが、玄界島で人工地盤ということも言われているわけですが、こういった委員会が社会的な使命があるんじやないかと痛感しております。

そういったところで、委員の皆様、幹事の皆様を含めて忌憚のない意見を出していただきまして、よりよい委員会報告ができるように努力していきたいと思いますので、よろしくお願いします。

委員会設置趣意書

○土屋委員長代理 それでは、早速ですが資料の説明をお願いします。

○事務局（山崎） それでは、検討委員会の設立趣意書というところをごらんください。これはちょっと前につくったもので、幹事会で作業しているのと多少違っているところがあるかもしれません、こういう趣意で委員会をつくったということあります。読み上げます。

谷埋め盛土の地震時地すべりに関する検討委員会設立趣意書（案）

平成7年の兵庫県南部地震時に仁川地すべりを初め、谷埋め盛土が液状化を起こし、土砂流動（地すべり）が発生しています。移動速度が速いため人命をも奪う災害となり、社会的にも注目された土砂災害でした。この地盤災害に対し、（社）日本地すべり

学会や（社）日本地盤工学会の会員が中心となり研究を進めた結果、以下のような事実が判明しつつあります。

谷埋め盛土が地震時に土砂流動（地すべり）を起こす主な要因

①震度6以上の地震

②盛土厚Hと谷埋め幅Wの関係が、 $W/H > 10$ の場合

平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震により、長岡市の高町団地・鶴ヶ丘団地など5カ所の団地においても、谷埋め盛土の地すべりが発生し、兵庫県南部地震災害との共通性もあることが判明しています。

今後発生が予測されている東海、東南海及び南海地震や発生が切迫していると予想されている宮城県沖地震に際しても、谷埋め盛土の液状化による地すべりが発生する可能性は極めて高く、このままでは再び尊い人命が失われることも予測されます。したがいまして、社会に貢献する役割も担っている学会としても、地震時の谷埋め盛土の地すべり発生メカニズム解明とハザードマップの作成は急務と思われます。

このため、地震時の谷埋め盛土の地すべりメカニズム解明と防止工法の検討及びハザードマップ作成手法の検討を行い、これらの成果をもって国土交通省の都市計画課を初め、宅地防災にかかわるすべての省庁・地方公共団体の危機管理に資することを目的として、学識経験者からなる「宅地谷埋め盛土の地震時地すべりに関する検討委員会」を（社）日本地すべり学会内に設置することになりました。

こういう内容です。違っているところがありましたら御指摘いただきたいと思うんですが。

○釜井委員 地盤工学会は「日本」はつかないんですね。

○事務局（山崎） 失礼しました。

○土屋委員長代理 では、よろしいでしょうか。

調査・解析の流れと概要

○榎田幹事 では、議事次第に沿って説明をさせていただきます。

3ページの主な検討項目と議事次第を見てください。資料の内容が多岐にわたっておりますので、短い間にすべて議論を尽くすのは難しいということで、問題になると思われる

点を3ページにまとめました。大きく、危険度判定の実用的な手法としてはどういうものがあるかという問題と、安定度評価手法、地震時の安定度を安全率等で評価する方法としてどういうものがあるだろうかという問題と、安定化対策と、三つの項目に分けております。

議事次第もそれに沿って、5.1から5.3までは危険度判定手法について概要を説明していただきまして、危険度判定手法について実用的なものがあるかどうか、問題点があるかどうかの討議を次にやっていただく。その後に安定化手法に関する説明が5.6、5.7にあります、5.8として安定度評価手法の問題点等について討議していただく。次に安定化対策ということになっております。細かいことは割愛させていただきますが、大項目の次に検討項目ということで挙げさせてもらっておりますので、これ以外にも問題点があればどんどん御指摘いただいて結構ですが、こういうところを中心に討論をよろしくお願ひいたします。

○太田幹事 では、4ページの4.1から、この業務の流れを示しております。限られた時間ですので、要点を絞ってお話しさせていただきます。

まず調査・解析の流れと概要ということで、地震による地盤災害は、1964年の新潟地震による沖積平野での液状化被害などで研究が行われてきております。人工地盤（主に盛土地盤）に関しては、1968年に発生した十勝沖地震で、東北本線盛岡～青森間を中心として盛土構造物に被害が出たということで、当時の国鉄鉄道技術研究所が主体となって盛土の震害対策について研究を行っております。

先ほど渋谷室長からもお話がありましたように、丘陵地の造成地での宅地盛土の被害が注目されるようになったのは1978年の宮城県沖地震からです。1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、阪神間の谷埋め盛土が多く被災し、委員の釜井先生が「平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動」というもので200カ所の調査をされております。小林(2000)というのは釜井先生のところの卒業生ですが、「都市域における宅地盛土斜面における地震災害予測図の作成」という研究成果を2000年に発表されております。

それから、釜井先生が応用地質学会で「都市域における地震時斜面災害のハザードマップ－宅地盛土斜面の変動予測－」というものを発表されて、阪神間の谷埋め盛土でどういう要因が一番支配的だったかということを数量化II類によって解析をされております。その結果、幅／深さ比が一番影響が強いという結論を出されております。

それをさらに深化させて、2004年に「地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予

測」というものでニューラルネットワークを使った予測モデルを提案されております。この予測モデルの入力層としては、断層面からの最短距離、マグニチュード、断層面に対する方向という誘因を入れられたということが以前の数量化II類のものと異なっているところです。

次のページに行きまして、太田(2005)では、概念だけですが、安定度をどう評価するかということ、すなわち幅／深さ比をどう取り入れるかということを検討して、このような非常に簡単なモデルを作成しました。この方法は、下に書いてある従来の二次元の断面の安定解析手法が解析の条件として断面の奥行き方向が無限であるという仮定に基づいております。すなわち側部抵抗は無視できるという話で始まっております。今回検討の対象としています谷埋め盛土というのは幅／深さ比が関係しているということで、幅を有限幅にすることを考えております。

今回の業務では、実際に地震が起きたときのデータというのはなかなか収集できませんので、釜井先生が2004年に検討に用いられた谷埋め盛土238カ所のデータを用いて、どの解析モデルが変動・非変動を明確に区分でき、かつ対策工の設計に用いることができるか検討するという手法を行っております。その検討を行うモデルとしては、従来から用いられている「二次元安定解析モデル」と「側方摩擦を考慮した安定解析モデル」の2種類を検討しております。

次のページの表に、沖村先生、二木先生が1999年に発表された論文の中にある地震時の盛土の被害のパターンが示しております。パターンIIIが兵庫県南部地震で多く見られた変動パターンであるということになっております。このタイプIIIのすべりは、盛土下部付近の液状化による側方流動が原因とされております。液状化した箇所ではせん断抵抗はほとんど失われます。すべり面全体にわたって液状化して側方流動するかどうかについては不明ですが、そうなった場合には抵抗力がゼロとなり、斜面上の土塊は流失してしまうことになります。しかし現実には変動した箇所でも何らかの抵抗力を有していたため、最大でも2mから3mの変動にとどまっております。これは液状化等の著しい強度低下がすべり面の一部にしか発生しなかったか、すべり面の抵抗力は限りなくゼロに近づいたが、側面抵抗力が作用したため土塊の全体的な側方流動に至らなかつたかのいずれかと考えられます。安定解析式の検討は、それらの可能性を考慮して行っております。

7ページに行きまして、谷埋め盛土の地震時変動評価に関してはいまだ未解明の点も数多く残されており、理論的に明快なモデルを示すことは現時点では困難です。このため、

今後もデータ等の蓄積により詳細に解明していく必要があります。しかし、地震の活動期に入ったと言われている現在の日本において、ある程度の確からしさが評価できる手法があれば、事前に対策を行うことによって減災を実現できると考えております。

幸いにも、1995年の兵庫県南部地震の詳細な金井先生の調査データがありますので、それを用いて最善と考えられる安定解析手法、対策手法を提案していきたいということが全体の趣旨でございます。

8ページのフローチャートは、谷埋め盛土の対策をどういう流れで行うかということを書いてあります。まず、どこに谷埋め盛土があって、どこが危険なのかを1次スクリーニングという形で出します。これは、現在発表されている方法としては金井先生のニューラルネットワーク予測手法というものが当委員会では実用的なものとして唯一と考えておりますが、今後それにかわるものが出てくることも十分考えられますので、「ニューラルネットワーク予測手法等」ということで「等」を入れております。1次判定により変動すると出ましたら、マップを情報公開し、地元説明し、現地調査に入る。

2次スクリーニングといいますのは、安定度を評価して対策工を見積もっていくという形になります。この時点で変動可能性が低いと出てくるケースもありますが、例えば対策工が既にある場合、地下水がない場合、それから1次スクリーニングしたときの盛土の形状が実際と異なっているような場合に変動可能性が低いということが発生するのではないかと思います。それ以外に関しては、緊急度に応じて二つつくってますが、いずれにしても対策工の設計・施工をして安定化をしていくという流れにしております。4.1につきましては以上です。

谷埋め盛土造成宅地の分布状況把握手法の要点

○笠原幹事 次に4.2 谷埋め盛土造成宅地の分布状況把握手法について説明させていただきたいと思います。

まずどういうものを対象とするのかという検討を行いました。盛土といっても、表0.1にあるように、宅地に使用するもののほかに、農地、道路・鉄道、河川堤防・ため池堤防などいろいろな種類の堤防があります。今回の評価の対象とするのは、使用目的としては宅地や公共施設、商業地などが上にある盛土とさせていただいております。

次に盛土の形状ですが、一言で「盛土」といっても、盛土のタイプは谷埋め盛土、腹付

けタイプの盛土、あと、仙台の方にある盛土ですが、本当に谷を大々的に埋めている盛土、擁壁の裏込めなどの盛土、いろいろな種類があるかと思います。今回はこのうちでも谷埋め盛土について評価の対象としたいと考えております。

次に盛土の大きさですが、抽出すべき盛土の大きさについて、兵庫県南部地震の変動事例、釜井(1996)に基づきヒストグラムで考えてみました。次のページに兵庫県南部地震の変動事例と非変動事例のヒストグラムがあります。図 0.1 盛土の幅と変動の関係ですが、X 軸は幅、Y 軸は棒グラフが頻度になります。もう一つがそれぞれの階級における変動の割合になっています。このグラフから見ますと、30m以上から盛土の変動が発生していることがわかります。0.2 は盛土の水平長さと変動の関係ですが、こちらについても、これは 20mごとですが、長さが 40m以上のものから変動の頻度があるとわかつております。それと、盛土の面積と変動の関係についても検討を行ってみたんですが、X 軸は幅でなくて面積ですが、余り面積に関係なく安全にあるような感じがいたします。

このような盛土をどのように抽出していくのか、4.2.2 で説明したいと思います。今は G I S (地理情報システム) を用いて開発前の標高と開発後の標高を重ね合わせて、その差分から盛土の位置を把握するというのが一般的な手法です。今回もその手法に基づいてやることを御提案しております。

ここで重要なのは、開発前と開発後の地形データはどういうデータを使うのかというところかと思います。それについて検討した結果が 15 ページの(4) 谷埋め盛土の抽出基礎資料についてであります。表 0.3 ですが、地形改変後のデータとしてどういうものが考えられるか挙げまして、それぞれ、DEM というのは数値標高データで、その精度と、コストの面からメリットとデメリットを検討しております。一般的に国土地理院が発行している地形図や、レーザー測量、空中写真から DEM を育成する方法が考えられます。

上方から御説明しますと、まず 2 万 5000 分の 1 というものがありますが、こちらはこの中では一番小縮尺のものになりますので、単位面積当たりのコストが割安であるということが最大のメリットです。あと、全国でデータが入手可能。これもすばらしいメリットだと思います。しかし今回調査の対象としている地すべりを起こすような谷埋め盛土の抽出は、2 万 5000 分の 1 の地形図の精度ですと不可能な状態です。

次に 1 万分の 1 地形図ですが、こちらは兵庫県南部地震の事例を抽出したときに使用したのと同じ精度の地形図となります。コストと精度のバランスが一番よいものとして考えております。ただ、2 万 5000 分の 1 の地形図でもそうなんですが、地形図を一度作成して

おりますので、地形図の誤差を含んでDEMが作成されてしまうということと、都市域周辺のみ入手可能であるということがデメリットとして挙げられます。

次にレーザー測量ですが、今回挙げているもので最も精度のよい地形データになると考えられます。現況を把握することが可能ですが、単位面積当たりのコストが一番高くなるというところがデメリットとして挙げられます。

最後に空中写真になりますが、こちらはほぼ全国で入手可能ということと、比較的精度もよいというところがありますが、単位面積当たりのコストがやや高いというデメリットもあります。

次に表0.4になりますが、地形改変前のデータについて検討を行っています。こちらも地形改変後のものと同じようなものがそろうんですが、2万5000分の1の地形図、1万分の1の地形図、あと、都市計画図の旧版のものを挙げておきました。それと空中写真が考えられます。

2万5000分の1と1万分の1は現況のものとほとんど同じメリットとデメリットを含んでいると思います。都市計画図で年代が古いものについては1万分の1以上のものが期待できるというところが最大のメリットです。最後に空中写真ですが、こちらはほぼ全国のデータが入手可能で、比較的精度がいいというメリットもあるんですが、精度がコストをかけければかけるほど上がっていくというのが現状です。

次に精度について、特に地形図を使用した場合の精度を検討しました。1万分の1地形図は等高線間隔が2mです。基本図測量策定規定により、地形図をつくるときは水平誤差がセンターの半分でなくてはなりません。1万分の1地形図の場合、等高線間隔が2mということで、鉛直方向に±1mの誤差があることが考えられます。それを2時期重ねるということで、その倍が誤差として考えられます。表0.5にその一覧を記載しております。今1万分の1地形図について御説明しましたが、2万5000分の1ですと等高線の間隔が5mなので、最大誤差が10mになることが考えられます。

討 議

○土屋委員長代理 今までのところで御質問等がございましたら。御質問、御意見、修正ほか。

○宮城委員 11、12ページのところに盛土幅、面積、平面的な形状の話があつて、15、16

ページのところで盛土の厚さにかかわる部分があって、厚さにかかわる情報の誤差、これは理論誤差ですが、実際にはもう少しでかくなる感じがしているんですが、これは平面的なデータしかないわけだけど、厚さを考慮した場合に影響は余りないんでしょうか。

例えば1万でやると、理論値としては2mの誤差である。マックスでそう考えているわけだけど、実際にはもう少し余裕を見ておいた方がいいと思うわけです。その場合に、ここでは盛土の厚さのことが議論されていない。厚さのことは議論しなくてもいいんだったらこのままでも構わないけど、厚さのことを考慮すべきであるとすれば、このバランスをどうとるのかというのは一言触れておくべきじゃないか。

もっと端的に言った方がいいかな。垂直の厚さの議論は考慮しなくていいのかということですね。11ページ、12ページにかかわって。考慮するとしたら、ここのところの誤差は、例えば1万分の1の地図を使うことを想定しているわけだけど、2mで大丈夫なのかということですね。実際に僕たちもいろいろやっていると、結構大変なことが多い。

○笠原幹事 厚さの議論は非常に重要なので、ここに厚さのグラフも加えて資料を作成したいと思います。今出ているものは、もともと使っているデータでどこまで抽出可能なのかという議論もあると思いますので、それを意識して入れてみましたが、厚さも重要なパラメーターになりますので、資料に加えていきたいと思います。

○宮城委員 この図の目的は場所、規模を確定するためのものだから、いいんですけどね。

○釜井委員 そのことについては私も同じような疑問を持っていて、最初は地図の上だけでやってたんだけど、最近は実際に掘ったり、物探をつけたりして、深さを具体的に調べているんです。そうすると、まだ数十件ぐらいの蓄積しかないんですが、誤差は大体2mぐらいにおさまっているかなという気がします。

○土屋委員長代理 そのほか、どうですか。

8ページのフローチャートで、大筋こんな格好になるんじゃないかと思います。判断して選ぶわけですから、抽出は多分そうだろう。だけど、決めつけているというわけではないんですが、例えば上からきて、YesかNoかで、Noで終了でいいのかと考えちゃうわけですね。それで終わっちゃっていいのか。外れたらどうするのということになるわけだから、そういうところの表現と取り扱いを気をつけていただきたいと思うんです。行政として使う場合、終了というわけにはいかないんじゃないかな。

○太田幹事 私からお答えします。

実はその議論は幹事会でもあって、検討事項だなどということなんですが、例えば小さい

ものであるとか、片盛土であるとか、今の手法でやって漏れるものは幾つか出てくると思います。それらを全部やっていくのか、いろいろ議論した結果、その先もあるので、ここはそういう限定の条件の中でやる。この手法でやったときにこうなんですよ。それ以外のことに関しては、わからないことがたくさんあるわけですから、これで安全ということではないんですね。判定としてYesが出たことについて対応していきましょうという流れでやっておりますので、例えばハザードマップをつくるときにも、どういう条件でつくったハザードマップなのかということをきちっと明記して、その条件の中で出てきたものですよという限定つきでやろうという話をしております。

○土屋委員長代理 それは行政側としっかり打ち合わせをしていかないと、多分これが出ると、一般市民はそういうことは考えませんので、それは我々の考えているものであって、向こうに伝わるかどうかはまた別の世界だと思いますので。

○太田幹事 わかりました。検討したいと思います。

○事務局（山崎） 確率評価しているんじやなかつたっけ。

○太田幹事 ここではしません。ハザードマップの時点では今のところは2値判定ですね。ニューラルネットワークのことをイメージして書いてあるんですが、それは変動するかしないかという答えとして返ってきますので、変動しないものをもう一度検討し直すということは、その手法に限っていえばなかなか難しいということなんです。

○土屋委員長代理 すぐわかるような格好で加筆いただきたいところかな。

○笠原幹事 可能性は低いという言い方をすれば。

○土屋委員長代理 そうですね。そこはYes、Noというわけではなくて、私は可能性の高低でどうだと書いてあるんですけど。ポテンシャルとしてどうだという。

その下は発生確率の大小なので、これはそのとおりだと思うんですね。それで判断していくわけだから。

○二木委員 これは釜井先生に聞いた方がいいのかもしれません、谷埋め盛土の定義。これはそんなに昔からある言葉ではありませんので、何をもって「谷埋め盛土」とされているのか、それをどこかに書いていただけたらと思います。もともと急斜面が谷にあって、そこにわずかなアンジュレーションというか、整地をしただけのものも含めて谷埋めと言うのか、通常の、開析谷というとおかしいですが、ああいうところですと基盤そのものが傾斜しているのか、そういうところもちゃんと区別して。神戸は扇状地状の谷ですから、もともと地盤が傾斜したところへ盛ったものですから、田舎にあるああいうものと、多少

違うだらうと私は思っています。盛土部分だけが谷の形をしているというか、おわんの形をしているものを言われているのか、基盤のものを含めて言われているのか、それでも違うだらうと思っていますけど、ちゃんと定義されて、何を対象にすると言わられた方がいいかなという気がしています。

○土屋委員長代理 そうですね。

15ページ、16ページ、これは年代の概念、つまり1万分の1というのが30年前にあつたのか。例えば古い盛土はどうするのというときに、全部1万分の1でやりましょうといったとき、あるところしかできませんよという話になって、その辺はどうすると考えているのか。

○笠原幹事 1万分の1の旧版地形図ですが、日本全国の都市圏、東京、名古屋、大阪などのほか、地方の県庁所在地の付近になると、古いところですと大正時代からあるものもありますが、大体、昭和30年前後になるとほぼ整理されてきている状況であるというのは調べてみてわかりました。その時代ぐらいの1万分の1地形図がない場合だと、空中写真の併用にするか、もっと年代の遅いものを使用して、非常に古いものは、盛土があることは地形から見てわかつたりすることが多いと思いますので、盛土はあるけれども厚さがわからないので評価の対象とならないとか、そういうような表記の仕方があるのかなと考えております。

○宮城委員 今の話に関連して、1万分の1地形図という呼び方でいいかどうかわからぬんですが、市街図、仙台なんかだと3図幅出ていますよね。それが基本的には市街地を中心とした、当時、都市計画関連の法整備がまだの状態で、市街地をでかい地図でつくらなければいけないとやったものなので、余り広い範囲があるとは僕は認識していなかったんです。

もう一つ、仙台の場合だと、どんどん丘陵地を壊して団地が拡大するのが1970年代に一気に進む。そうすると、追いかけて1万分の1を整備したところなんていうのはたくさん漏れができるちゃう。

もう一つ言うと、70年代の造成が非常に問題ですよね。78年の宮城県沖地震の後と前では随分違うわけで。都市計画図も3000分の1とか、大体そろっているわけだから、適宜使われていけばと思います。

○土屋委員長代理 そのほか、どうでしょうか。

次に行ってよろしいでしょうか。

では 17 ページ以降、4.3 の御説明をお願いします。

宅地谷埋め盛土の危険度判定手法の要点

○笠原幹事 宅地谷埋め盛土の危険度評価手法について御説明します。

まず想定する災害についてですが、盛土における地震時の災害も、図 0.1 のように幾つか災害の形態があるのはいろいろな報告とかで明らかになっています。今回評価の対象とするのはこのうちの c タイプ、谷部の盛土地盤が下方に移動するというところに絞って評価をいたします。

危険性の定義ですが、今回の検討における危険性とは、地震によって谷埋め盛土が地すべり的な変動を引き起こし、盛土上または周辺の道路や河川、公共施設や住宅が地盤の変動によって被害を受ける危険性として考えております。

次に既往の評価手法の概要について御説明いたします。今回、地震時の盛土危険度評価手法について調べた結果、以下のものが挙げられるかと考えております。まず一つ目が損害保険料率算定協会、現在は算定機構になっていますが、こちらが作成した手法です。もう一つが釜井先生の 2002 年の斜面防災都市の中にあります数量化 II 類を使用した方法。3 番目は、こちらも釜井先生が使用したものですが、ニューラルネットワークを使用した手法。四つ目として単純な地形量、例えば開発前の傾斜角だけとか、そういうもので簡易的に評価する方法。最後に、まだこれは確立されていませんが、道路防災カルテのようなカルテ方式について検討を行いました。

まず損害保険料率算定協会の手法について、概要を表 0.1 に示しました。この方法の評価の対象ですが、谷埋め盛土が危険か危険でないかというものではなくて、宅地造成地の家屋の被害率がどういうふうになるのかというのが調査の目的です。こちらは特に誘因については考慮されていません。素因について、盛土造成のタイプや地盤・立地条件、切土であるか盛土であるか、地盤境界であるか、あと、造成年代について検討を行っています。これらの危険度要因を数量化して、実際の被害率（全半壊率）との対応関係から、造成タイプによる被害率の補正係数を導く手法になっております。したがって、出てくる値は対象地域内の被害率（全半壊率）がどうなるのかというふうになっております。その詳細については 19 ページに示してありますが、このような表がありまして、ランクによって被害率の推定を行っております。

次に数量化II類を使用した評価手法です。こちらは、評価の対象は谷埋め盛土の変動の有無。この手法の誘因は兵庫県南部地震と全く同じ規模のものとして考えた場合で、震度6弱以上の想定を行っています。間接的ではありますが、震源断層に対する盛土の長軸方向というものが考慮されています。素因については、盛土中央部の厚さ、盛土中央部の幅、造成年代、地下水の有無などが考慮されています。手法としては、数量化II類で各カテゴリーを点数化し、その合計値、サンプルスコアと呼ばれていますが、これを計算し、階級別の変動実績の割合から変動確率を計算しております。谷埋め盛土の危険性というものはサンプルスコアをもとにした階級別変動実績割合という形で出力されてきます。

次にニューラルネットワークを使用した手法について説明いたします。こちらも丘陵地造成地の谷埋め盛土を評価の対象としております。こちらは誘因として断層面からの最短距離とモーメントマグニチュード及び断層面に対する方向について考慮しております。素因については、盛土中央部の厚さ、盛土中央部の幅、幅／厚さ、盛土の底面の傾斜角などを考慮しております。手法としては、兵庫県南部地震及び宮城県沖地震の変動事例と非変動事例を学習材料としてニューラルネットワークでモデルを作成し変動の有無を予測する手法です。こちらの出力としては、盛土が変動するかしないかという形で出てくるようになります。

次に地形量を使用した簡易的な評価手法で、こちらも谷埋め盛土のもとの地形量、開発前の地形とか開発後の厚さとか幅というもので単純にやって危険度が判定できないか考えてみました。ただ、この手法ですと誘因というものは特に考えることはできません。例えば盛土の底の傾斜角が急であるほど危ないとか、そういう表現の仕方もできるかもしれないですが、例えば兵庫県南部地震では意外と緩斜面のところで被害が大きく起きているなど、単純にはいかない動きがあります。

次にカルテ方式です。こちらはまだ確立された手法ではありません。これも評価対象を谷埋め盛土として、道路防災カルテのように変動に関連が深いと考えられる要因を点数化して、その合計値で危険性を評価する手法として考えております。現在、谷埋め盛土に対するカルテの作成方法については検討はされていませんが、高度な専門性が必要ないとかいうメリットがありますが、想定する誘因が考慮されないなどのデメリットがあります。危険度の評価に対して評価を実施する技術者の主観が入る可能性もあることは留意しなければならないと思います。以上が現在考えられる危険度の判定を可能とするであろうという手法です。

次に 4.3.4 として危険度判定事例について説明させていただきます。こちらは、実際にハザードマップに至るところまで行っている事例として数量化II類を使った危険度判定の事例と、ニューラルネットワークを使用した危険度の判定事例について説明させていただきます。

数量化II類を使用した手法は、兵庫県南部地震による谷埋め盛土の変動事例と非変動事例を分類する目的で実施されておりまして、その結果を応用して変動予測式を作成しています。数量化II類による予測手法は、説明変数として誘因となる地震の要素が考慮されていないのが課題の一つとして挙げられています。また、多重共線性を引き起こさないようにするために説明変数同士の因果関係が強いものは選択することができません。

これらの問題を解決しているのがニューラルネットワークを使用した予測手法です。数量化II類の手法と比較して最も改善されている点は、説明変数として誘因である地震に関する情報を入れた点です。ニューラルネットワークは、説明変数と出力、今回は変動か非変動かですが、を判断するためのプロセスが不明瞭であるというデメリットがありますが、現在、誘因を考慮している谷埋め盛土のすべりに関する予測手法としては唯一の方法です。

両者を比較したものが次のページの表 0.6 になります。数量化II類とニューラルネットワークの違いの大きなところは、ニューラルネットワークは変動予測に誘因を考慮しているというところです。

次に数量化II類を使った判定事例についてもう少し詳細に説明させていただきます。数量化II類は、多変量解析の一種で、説明変数として数値データとカテゴリーデータを利用することができます。この手法は、目的変数、変動するかしないかということと、説明変数として変動する要素となる各要因をカテゴリーに区分して、カテゴリーごとに点数をつけて説明変数への寄与の大きさを評価しています。

解析に使用したサンプルデータは、兵庫県南部地震における変動事例 111 と、非変動事例 128、合計 239 事例を使っております。これらの事例のデータは、簡便にスクリーニングを行うために、地形量など現地で計測が不要な項目を中心に構成しています。数量化II類で使用した説明変数は、横断形状、幅／深さですね。それから滑動基準、傾斜角と厚さの比率。あと、形成年代と谷の長軸方向、地下水の豊富さというものを挙げております。地下水の豊富さというのは、谷を形成している基盤の地質によって判断しています。

解析の結果ですが、数量化II類において説明変数の寄与率を判断する指標として、レンジと呼ばれるものがあります。レンジは、カテゴリースコアの最大値と最少値の差分で、

これが大きいほど寄与率が高いことになります。この検討の結果、幅／厚さ比、滑動基準、地下水の豊富さの順で高いことがわかつております。

この結果を用いて予測モデルを作成しているわけですが、予測モデルは、数量化II類の分析結果を用いて危険度を評価しています。この手法では、サンプルスコア、つまりカテゴリースコアの合計値を階級区分し、各階級の谷埋め盛土のうち、兵庫県南部地震で変動した盛土の割合を求め、相対的な変動のしやすさを評価しております。それをあらわしているのが下のグラフです。このグラフで近似値曲線を引きまして変動確率を求める方法になっております。なお、兵庫県南部地震で変動した代表的な事例を当てはめると、仁川・西岡本、豊楽町、森北町、三条町などは変動する確率が高いんですが、変動しなかった甲南台は低い確率で出てきて、正当性が見られます。

この方法の課題ですが、兵庫県南部地震の変動事例を用いているため、誘因は震度6から震度7、兵庫県南部地震と同じスケールに限定されています。また、仁川のような特異事例は判定できません。あと、地盤強度を考慮する努力が必要であるとしています。そのほかにも人工物の影響を考慮する必要があるとされています。また、すべり以外の現象に対しても予測することができません。

ハザードマップですが、この結果を用いて東京西南部から横浜北部にかけて変動の予測を行い、確率によってA、B、C、D、あと、盛土があることは確かだが今回予測を行っていないものと分けて変動予測をしております。

次にニューラルネットワークを使用した判定事例です。まず概要について説明させていただきますと、ニューラルネットワークとは脳の神経細胞（ニューロン）とその接続（ネットワーク）をモデル化した人工知能の一つです。ニューラルネットワークの特徴の一つは、学習と自己組織化能力を持っている点にあります。ニューラルネットワークは、学習によって重みづけを変化させていきます。ニューラルネットワークは階級型ネットワークと相互結合型ネットワークにニューロンの連結方法によって区分することができます。この研究では、前者の階級型ネットワークを使用しております。なお、教師材料として使用している谷埋め盛土の変動事例は、数量化II類で使用したデータベースと同一のものです。あと、宮城県沖地震と釧路沖地震の事例も入っております。

入力項目ですが、解析に使用したサンプルデータは、兵庫県南部地震の変動事例と、宮城県沖地震の変動事例を使用しております。これらの事例のデータは、簡易スクリーニングを行うために、地形量など現地で計測が不要な項目が中心です。数量化II類と異なり、

入力項目に誘因となる項目が加わったことで、ニューラルネットワークを利用した危険度予測手法は、適用地域を選ぶことなく実施できるようになっております。

解析結果についてです。ニューラルネットワークにおいて各入力項目の寄与率の高さは、各要因の結合係数の二乗和を結合係数の二乗和の合計値で割ることで求めることができます。学習の結果、寄与率が高い要因は「厚さ」、「断層に対する方向」、「盛土の幅」、「盛土の幅／厚さ比」の順で高く、誘因と盛土の規模の形状に関する要因が支配的であるとなっています。解析による正解率は全体で97%となり、数量化II類と比べると10%程度上昇しております。

予測モデルについてですが、ニューラルネットワークを用いた予測は、変動及び非変動の事例を学習群として入力し予測を行っています。そして、100事例を認識群（予測の検証対象）として引き抜きを行い、学習成果の精度の評価を試みています。その結果、全体で95%の適合率があったとされています。

次に課題についてですが、一般的にニューラルネットワークを使用した解析手法は、解析部分がブラックボックス状態になっていることが一番の問題点とされています。今回引用した釜井(2004)においてもブラックボックス状態の入力と出力の関係について感度分析を行うことで、入力値の変化が出力値に与える影響についての考察を行っています。そのほかにも本文中で以下の課題を挙げております。一つ目が学習に使用できる地震のデータが少ない。二つ目が震動特性を予測モデルの学習要因に取り込むことが必要である。三つ目が地盤強度を考慮する努力が必要だ。四つ目が人工物の影響を考慮する必要があるというところです。

こちらの予測結果も同じようにハザードマップとして作成されております。数量化II類と違いまして、こちらは変動するかしないかの2段階の評価になっています。教師データを4段階に分けて判定するという方法も考えられますが、判定精度が低下する可能性が高いと考えられます。

最後に「谷埋め盛土すべりに関する地震時危険度予測図」、ハザードマップの表現について御説明いたします。まず形状の表現方法ですが、ハザードマップの谷埋め盛土部分の表記については、形状をそのまま表現する方法とメッシュを用いて境界線をあいまいにする方法を考えました。谷埋め盛土の境界は、抽出段階で生じる誤差などを含むため、谷埋め盛土上あるいは周辺の住民に危険に対する対策の必要性を知らせるためには、メッシュを用いた方法がよいのではないかと考えられます。下の4.3.8と4.3.9は、同じ地域でメッ

シュー型と、そのまま盛土の分布するところを表現した場合のマップです。

次に、その他記載すべき情報として以下のものがあると考えられます。谷埋め盛土の抽出限界。今回は使用しているデータによって抽出できる盛土の規模がある程度規制されます。次に、抽出に使用した改変前の地形資料の年代です。使用する年代よりも前に開発されたものについては抽出することが不可能です。また、このハザードマップはあくまでも地すべり的に変動する現象に対しての危険度評価であるということは記載しておいた方がいいのではないかと考えております。以上です。

討 議

○土屋委員長代理 今のところで御質問等ございましたら。どうでしょう。

○釜井委員 21ページ、ニューラルネットで素因の中に造成年代と地下水がない。

もう一つ、確かにニューラルネットで誘因が入ったというのは大きい。ただ、数量化II類でも誘因をインプリシットな形では評価しているんですね。それは確かに大きなことなんですが、逆に言うと、ニューラルネットでも使っているデータが兵庫県南部ばかりですから、全部ではないけれども、かなり多いので、どうしてもそのデータに引きずられているところがあると思います。だから必ずしも万能な方法ではない。

ただし、つけ加えると、その後2002年に宮城県の北部で起きた地震のときに、谷埋め盛土の地すべりが何ヵ所かあるんですが、築館とかそういうやつですね。あれに当てはめて割といい成績で、7勝1敗だったかな。大体同じぐらいの精度だった。

何を言いたかったかというと、ニューラルネットのもう一つの特徴としては、カテゴリーに分けなくて済むということが大きいんですね。数量化II類というのは、もともと現象が非線形んですよ。ぎざぎざなわけです。それを、我々が使えるのは線形的な方法だから、それに無理やり当てはめて解くわけですが、そうすると区分して分ける。いわゆるカテゴリー区分というやつで、それが数量化II類の基本的なコンセプトなんですね。ニューラルネットというのは、しもーだる関数というんですけど、関数そのものが曲がっている。もともと非線形を前提とした方法なんで、ニューラルネットではカテゴリー区分をしなくて済む。生の値をそのまま使える。カテゴリー区分のところで恣意的に入っちゃうんですね。よりよくしようと人間はどうしても努力しますから、やるんですが、それはしなくて済むというところにメリットがあると思います。

○土屋委員長代理 そのほかどうですか。

34ページの図のイメージは1万分の1のイメージなんですか。

○笠原幹事 はい。最終的には1万分の1のイメージですが、これは少し拡大しております。

○宮城委員 メッシュが下にありますね。メッシュの大きさが、25mメッシュと書いてあるけど、こんなに小さい。

○釜井委員 これは50mメッシュでしょう。

○宮城委員 物差しが合っているとすると50ぐらい。でも25mメッシュでやるんですね。

○笠原幹事 メッシュの大きさについても、どのぐらいのものがいいのかという検討は必要だと思うんですが、これは50mにしてしまっていますが、50mは余り実用的ではないかなと考えています。

○釜井委員 ただ、地震動のは、最近50mメッシュのやつをつくるんじゃなかったかな。強震動データ。

○大角幹事 ハザードステーションですとまだ。公開されているのは1kmメッシュで、その後250mメッシュがEDMとかで計算されております。50mメッシュは。

○釜井委員 今度50mでつくるとニュースで聞いたけど。

○大角幹事 そうですか。今のところ、防災科研で行われているのは250mメッシュです。

○渋谷室長 危険度評価なんですが、我々も数ヶ月ぐらい前までは、まずハザードマップをつくってもらって、それは自治体の区域内を全部ボーリングをしたり何だりというのにはあり得ないので、とりあえず簡易な方法でリスクアセスメントをしていただいて、それを情報開示する中で、盛土の所有者が自分たちは工事をしたいんだけど何か助成してくれないかという申し出があったときにきちんと精査するというような方式を考えていたんですが、いろいろ議論する中で、簡易な方法というのもあるんですが、本当に危ないところはちゃんと知らせるべきじゃないかという議論があって、法改正をして本当に危ないところは区域指定をしてという方向に持っていくべきではないかという議論を内閣法制局としているんです。

そうすると、危険度評価については多分2種類あって、全般的な傾向といいますか、変動・非変動の蓋然性、これは確率だと思うんですが、非常に変動の確率が高いものを広いエリアで調べて、そこで得られるリスク情報というのがあるって、さらに、先ほど釜井先生

から実際に掘ったりというお話がありましたが、本当に危なさそうなところについてはかなり詳細な調査なるものをして、本当の意味の危険度評価というものがなされるんじゃないかな。その上で法的な手続に入っていく。ですから、一般的な情報開示をするものと、きちんとした法的な対応が必要なもの、この危険度評価というのは前段階のものであるような気がするんですが、これだけで危険度評価がなされるというふうにとらえちゃうと多分違うので、僕らの方も制度設計について日々変わっているんですが、こういうやり方に加えて、実際に。

危険度の定義というのがあって、18ページの危険性の定義で、変動を引き起こすというのはいいんですが、その後の周辺の道路とか公共施設、これは社会的要因であって、技術的な話とまた違うことだと思いますので、公共施設があろうがなかろうが、1人しか住んでいなくても変動するかしないかというのはわかる話であって、要は政策資源を投入するかどうかというところで、1人しか住んでいないところは自分でやってねということだけれども、公共施設に影響があるところは税金を投入してでも。これは政策資源の投入の際の判断基準であって、変動するかどうかとは関係ない話だと思いますので、まず変動するかどうかという確率的な、全体的なリスクイメージというのがあって、さらに政策として対応すべきところを絞り込む際に必要な危険度評価と、2段階あるような気がするので、そこはわかるように書いていただくとよろしいかなと思います。

最近、住宅局関係で姉歯何がしの問題があつて、リスク情報をただぱっと出して、危ないかもしらんよと行政が言って、みんな非常に不安になって、その後は知りませんということでは多分もたない。ですからハザードマップの出し方も、これは政策として検討しなければいけないんですが、リスクアセスメントに2種類あって、リスクコミュニケーションの仕方というのは政策的なツールとセットでお出ししないと、いたずらに混乱を招くだけだと思いますので、そういう意味では地すべり学会の技術的な検討においてさらに踏み込んで、それはお金がかかっても構わない、僕らの方で財源を用意しますので、危険度評価するにはこういうものがという部分も加えていただけるとありがたいなと思います。

○釜井委員 それは8ページの。今のは1次スクリーニングの話だけであつて、2次スクリーニングで先ほどおっしゃった。そういうイメージでいいんですか。

○太田幹事 さらに詳細な調査をするというものが加わってもいいということですね。

○宮城委員 今説明があったところまでが1次スクリーニングに直結している部分であるということを、章立てやなにかで明記しておくとわかりやすいんじゃないですかね。

○釜井委員 1次スクリーニングが終わった後に、8ページの図でいくと現地調査、サウンディング、物理探査とかなり詳しい調査をして、それが2次スクリーニングになるということでおいいんですか。

○事務局（山崎） 情報公開が早過ぎるということですね。8ページのフローチャートでいきますと1次スクリーニングでいきなり情報公開になっていますので。

○渋谷室長 行政として、2次スクリーニングまでして、本当に危ないところは法律で規制をかけてでも対策をとれというところを選び出して、それ以外のところは、例えば住んでいる人もちょっとしかいないとか、変動の可能性はあるけどそれほどでもなさそうだ。まあ気をつけてねという程度の話か。防災行政としていろいろな判断があると思うので、2次スクリーニングを経た後でないと情報を出せないのではないかと思うんですね。

○宮城委員 そしたら、情報公開から地元説明というのを横に書くのが。リスク評価が最終的な。

○渋谷室長 実は、半年ぐらい前は1次スクリーニングでさっさと情報を出すのが世の流れかと思っていたんですが、それは自治体としてはちゅうちょするんじゃないかな。自治体の話を聞いてみると、自分たちが責任を持って対応できるというところまできちんと押された上で、あなたは1人しか住んでいないから自分でやってねと、全体を把握した上で、こことこことここは本当に危ないから行政として対応するけれども、あとは自助でという話がちゃんと言えないと、1次スクリーニングだけで開示してしまうとちょっと難しいんじゃないかなという話が聞こえてきたものですから。

○釜井委員 1次スクリーニングをして、ここは変動の可能性があると出たとしますね。そこについて、例えば物探とか簡単なサウンディングとかをかけていくと思うんですけども、それは膨大な予算が要るんじゃないかな。

○渋谷室長 2次スクリーニング用にですか。

○釜井委員 そうそう。それは構わない。

○渋谷室長 それは構わない。

○宮城委員 現実に、1次スクリーニングで危険だと評価されたところに突然行ってサウンディングを始めたりというのは、びっくりするんじゃないかなと思うんですね。我々、仙台で40ぐらいの団地の切り盛りデータをつくって、土質定数を入れて動かしてみて評価したんですが、1次スクリーニング、僕は手法としては釜井先生のニューラルネットワークがすごくおもしろいと思うんですけども、それと、場合によってはもう一つクロスさせ

るようなことが何かあれば、その手法は簡単なものでなければいけないと思うんですが、できるだけ絞り込まないと、突然行ってやられたら随分びっくりする。

○渋谷室長 実際は、例えば横浜市なら横浜市すべてについて2次スクリーニングをかけるということは難しいと思いますので、内閣府で地震防災マップとかいろいろ出していますし、「防災まちづくり」とかいってコミュニティーごとに組織をつくっているところをモデル的に支援しようという話が、いろいろなセクションでいろいろな動きがありますが、ある自治体で、全体を1次スクリーニングにかけた上で、ここを重点的に2次調査をしてという、それは多分、ほかの施策について先進的に防災意識の高いところ、ほかの調査でもここはどう見ても危ないなと思われるようなところ、あとはまさしく公共施設があつたり、地域防災の観点から対策が急務であると思われるところが、例えば横浜市の中でも特定の地域が選ばれると思うんです。そこを重点的にやっていただいて。

恐らく、来年から新しい制度をやるにしても、全国すべての市町村でということはあり得ないので、先進的なところでやっていただきベストプラクティスをつくってもらうということだと思います。僕らも、そんなに数が多くないことを前提に予算要求しているので、国としても財源的な支援をある程度するという前提で幾つかやってもらおうかなと思っているんですが。

○宮城委員 我々自身も学習していくわけですね。

○渋谷室長 そこで得られたいろいろなデータは、今後の研究に大いに役に立つのではないかな。

○土屋委員長代理 こんなところでよろしいですか。ほかに何か御質問。

○二木委員 これは地震の話ですから、ニューラルネットワークはいいんですが、僕は釜井先生の論文の中身、詳しいところは知りません。それは申しわけないんですが、入力地震動の大きさ、その寄与率は余り大きくないんですか。実際に神戸なんかでも、山手というのはそんなに震度は大きくないんだよね。釧路の地震もそう。新潟はどうかわかりませんが、建物の壊れ方から見るとそんなに大きいところですべつているわけではないんで、原因のところがニューラルネットワークではよくわからない。

世の中は、何でそうなのという話が出てくるじゃないですか。そうしたときにちゃんと説明できないといけない。そのところをいつも頭に置いて進めていかないと、確かに現象論的には先生がやられた結果が、先生のデータしか見てませんけど、言えるのかもしれないけど、そんな単純なものじゃないだろうと思っているのね。

もしかしてものすごく悪い盛土が多くあって、僕が、芦屋の三条ですか、けんだいとい
うところで解析したときは、震度0.2で地下水位があるとすべつてあるんですね。それぐ
らいでも出てくるんですよ。そんなに大きい入力じゃないですよ。もともとそういうとこ
ろがあって、せいぜい震度で0.2とか0.25で動くやつがやばいのかもしれない。震度6
弱とか6強ぐらいのものを対象にして出ますなんていうことは、僕は言えないんだろうと
思っていて、そこは我々も研究が進んでないし、僕自身もそんなに知見を持ってないんだ
けど、そのところの的が外れると世の中に問うのが難しいんじやないか。仙台の地震で
もそうですよ。そんなに大きいやつが動いているわけじやない。もともとそういう状況だ
ろう。

ニューラルネットワークはあちこちで使っていますけど、理屈抜きで結果を説明できま
すよというのでは世の中には納得しないだろうから、先生にはあれなんだけど、個人的には
そういうふうに思っているし、私らと同じ分野の方々で詰めていこうとすれば、それでち
ゃんと説明できるのか。資料もない状態で何が言えるんだ、もう少し建設的なことを言つ
てみろと言われるとなかなか難しいかもしれませんけど、そういう意味では、先ほど室長
が言われたように、少なくとも2次スクリーニングに何か理屈をつけて出していく方向が
いいのかなという気はしています。

○釜井委員 それは、例えば2次スクリーニングの方法として、これから議論されると思
うんですが、この資料を見ると簡単な安定解析をしていますね。それが現象論的な方法を
ある意味で補強するような結果になっていると思うので。

○二木委員 ただ、そうでないやつで崩れているのがいるから。それが盛土が高いやつじ
やないですか。どちらかというと盛土が高くて、谷幅が低くて、それで赤印があるやつが
あるじゃないですか。そこは壊れるとぎゅっといくやつでしょう。

○釜井委員 それは私はわからないんですが。

○二木委員 そうだと思いますけど。そっちの方が実は危険かもしれない。そのところ
は抜けがないようにという気はしますけどね。

でも、1次はこれで、ある程度エラーはあるでしょうけど、被害を受けているのが多い
ということであればそれでいいと個人的には思います。きょうは沖村先生が来られてませ
んけど、皆さんで少し議論されたらと思います。

○土屋委員長代理 もう少し中身としてということであると、ダイレクトにシミュレーシ
ョンをかけるかということだって方法としてはないわけではないけど、現状として実用的

なレベルで判断すれば、この部分はこの程度ぐらいなところは、使えるか使えないかということもありますけど、ないわけではない。

○二木委員 恐らく、震度が寄与率が悪いというのは、飽和しているんですよ。ということは入力が過大になる。それよりも下のところでレベルを超えてると考えた方がいいのかな。その中で悪いやつを選ぶというと、もうちょっと小さいレベルで壊れるやつを探す。

○釜井委員 もう一つは、ここで言っている震度というのは、個々のデータについて震度を入れているわけではなくて、距離ですね。そういう意味では震動の影響がきちんと入っていない。やっている地震の数が少ないから。三つしかない。ほかのデータを入れればもう少し。震動が距離的によくかかるようなやつを入れれば。

○二木委員 そういう話になると、こういう場で議論する話じゃないし。

もう一つ、先ほどの説明で、盛土そのものというよりも被害の大きさみたいなことを目標にやられているというお話があったでしょう。そうすると、谷埋め盛土なんかでも、おわんの中というのは入っているんですか。

○笠原幹事 おわんの中というのは、くぼ地に埋めているような。

○二木委員 メッシュを切ってみるとよくわかるから。そうすると真ん中で揺れやすい。鉛直動でいきますから。鉛直動で崩れる。地表面には数メーターおりてくる。

先ほど谷埋め盛土という話をしたのは、どういうものを抽出するかによって大分違うし、開析谷みたいに開いている、とにかく開いている方向にすべるやつを言われるのか、谷があって、調整池をつくりますから、そこへ向かってどうしても傾斜が出てきて、そこですべっているのもあるし、そういうのが入っているのか入っていないのかもよくわからないところがあります。そこをもう少し、谷埋め盛土を抽出するにしても、単にかぶっている土の形状だけでいうのか、それによって大分見方が違ってくるのかなという気がしましたけど。

○笠原幹事 現在はとりあえず開かれている谷を対象としているんですが、くぼ地とかも。

○二木委員 田舎の田んぼ、畑ってそうだよね。そこを造成するので、もともと原地形で下ですべっている。それは谷埋めと言うのか言わないのか。

○笠原幹事 多分、ため池とかを埋めたりするとそういうものができますけれども、今は絞ってやっております。

○土屋委員長代理 定義のところもあったので、どういうものを取り扱っているのかということをはっきりしておかなければいけないような気もするんですね。今回は 17 ページの

これだと言っているので、dタイプというのが先ほど指摘されたところだと思うんですけど、それは今回は想定していない。それと、7ページに8ページの説明があるんですが、ここももう少し加筆していただきて、何でこのフローチャートを考えたの。別の方もあるんだけど、現状ではそれが使いづらいか、実用にたえるかたえないか、広域を判断すればどこまでいけるのかみたいなところで少し加筆してもらって。全く無視しているというわけではないので。

では次に行ってよろしいでしょうか。

では4.4の説明をお願いします。

最大加速度と水平震度の関係について

○榎田幹事 その前に、最大加速度と水平震度の関係をどう扱っているか、大角幹事から簡単に説明していただきたいんですが。

○大角幹事 ピンクの紙の後ろに添付資料ー1、2がございまして、資料ー1は、ハザードステーションもありますし、翠川の式とかの妥当性を示してございます。それから、内陸型の地震、海洋型の地震に対してどう考えていくかということが資料ー1に示させていただいております。

資料ー2ですが、設計震度と水平慣性力に関しまして、野田・上部の式というのが港湾技研から広く出されておりますが、その3分の1の、単なる重力加速度を980で割るのではなくて、ばにやん的な震度として扱っている場合が多いです。これに関して申しますと、400ガルぐらいが0.25、520というと6弱ぐらいのものでございますが、6弱が500ガルですと単純に980で割ると0.5ですが、この式ですと0.27でございます。0.25の式か0.27か議論があるかと思うんですが、先ほど二木委員がおっしゃったように、大体0.25でべっている現状を考えますと、以後の検討では0.25で解析を行っております。

この式は1975年に港湾技研の野田さんが提案したものでございまして、港湾施設の被害、震動実験から用いたものでございます。この式は若干古いということで、1995年、兵庫県南部地震以降、同じく港湾技研の野津さんあたりが検証をやっております。兵庫県南部地震の被害事例を考えてもこの式が妥当であるという検証もされております。簡単でございますが以上でございます。

宅地谷埋め盛土の安定化手法の比較検討結果

○榎田幹事 そういう水平震度をもとに、安定度評価、先ほどの2次スクリーニングに關係してくると思いますが、38ページから説明させていただきます。

まず安定度評価の手法について比較・検討を行ったところのデータの説明。先ほども危険度評価のところで説明がありましたが、釜井ほか(2004)の論文にありますデータを使っています。重複しますが、表4.4.1にあります変動の有無とか、こういう調査結果を使っております。

調査データの関係が38ページからありますが、幅と斜面の長さの関係はこんな感じで、赤い印が変動の地点で、三角のところが非変動のところです。39ページもそういう関係で、どういうデータが使われているかというデータの説明があります。

40ページ、先ほど二木委員からも質問的なものがありました、図4.4.5は、同じデータの比較ですが、幅／深さ比と深さの関係で、幅／深さ比が小さいものは比較的深いものが多いということがあります、深いものはほとんどすべてていないんですが、中に幾つかすべっている赤いものがあるという状況のデータを使っております。

二次元安定解析で、すべっている、すべっていないというのを安定解析の安全率で表現できるかどうかを検証しました。その前提として、40ページの図にありますように、基本的に谷埋め盛土の縦断面形状というのは図4.4.6にあるcタイプのような複合すべりと想定していいのではないかという今までの研究事例から、複合すべりとして想定する。

その上で、39ページの図4.4.3にL/D比とW/D比の関係がありますが、長さと深さの比は中心値が30倍ぐらいで、ほとんどが10倍以上のところということで、複合すべりで深さの30倍ぐらいの長さがあるということありますと直線部分がほとんどを占めていると想定をして、二次元安定解析は直線部分の平板すべりとして検証しました。というのも、釜井先生らのデータの中には複合すべりの細かい形状に対するデータがありませんので、それを最大限利用するという形で、平板すべりとして二次元安定解析の試算を行っています。41ページの下にありますが、修正Fellenius式の手法で地下水位を考えておりまして、水平震度をこういうふうに考えております。

42ページからその結果がありますが、42ページはc・φを固定して、c=35、φ=25°ですが、常時の安全率がすべて1より大きくなるようにc・φを一定と仮定しまして、そこに二次元安定解析で水平震度0.25を与えた場合、安全率がどこまで下がるかというのを

しました。この想定でいきますとほとんどが1より大きくなつて、地震時に1より下がらないんですが、傾向として赤丸の方が安全率が高くなるという結果が出ております。

43ページへ行きますと、先ほどはc・φを与えたんですが、今度は常時の安全率が2だとしてc・φを逆算する手法でやってみましょうということで、常時の安全率を2と仮定して、深さ相当としてcを与えてφを逆算する方法でc・φを決めて、それに水平震度を与えた場合にどういうふうになるかというのが43ページの真ん中の図です。そうすると、変動も非変動も、どちらも1より小さくなつて、非変動だけが1より大きくなつて変動のところが1より小さくなるというふうな分離ができません。真ん中の(b)の図はW/D比で見たものですが、一番下はWsinθで見たものですが、同じものを見方を変えたものですが、分母項で見ても特徴的なものは出てこない。

44ページはφを推定してcを逆算してc・φを与えたものですが、それでも地震時の安全率は非変動と変動がどこかを中心に分離するということはありません。

45ページと46ページは、逆に水平震度0.25を与えたときに地震時の安全率が1になるためにはどれぐらいのc・φが必要かということを、45ページはcを固定してφを逆算する方法、46ページはφを固定してcを逆算する方法で、どれぐらいのものが必要か試算しました。これは水平震度を0.25、0.2、0.18と変えたものですが、いずれにしても変動があったところの方がc・φは小さいものが必要だ。この図の見方は、非変動の青いマークはこれよりc・φが大きくないと説明がつかない。赤いところはこの値よりも小さいものであれば説明がつくということですが、傾向として変動の方が小さくなつてくる。これを地震時に変動の場合は安全率が1より小さくなつて、非変動の場合は1より大きくなるようにつじつまを合わせるために、個別にかなりのばらつきのc・φを与えなければいけないことがわかります。

例えばφでいいますと、45ページの図でありますと、10°から50°近くまでの幅があつて、46ページの(c)でいいますと0から90kPaぐらいまでの幅があるということです。調査地域がほとんど神戸近郊でありますので、期待されるc・φ値としては、ある中心値があつて、中心値を境に正規分布に近いものか、分布形はわかりませんけど、分布していると思いますが、その分布の中でc・φを推定して二次元安定解析を実施した場合は、非変動と変動の現象を二次元安全率で表現するのは難しいのではないかと推測されます。

ということで、47ページに若干説明がありますが、地震時に変動しなかつたところが変動しないよという説明をするのが難しい。変動しなかつたところが二次元安全率は1より

大きくなりましたよということを説明するのが難しくて、変動したところが 1 より小さくななりましたというのを説明するのは二次元安定解析でもかなり容易にできます。既往の研究結果も、変動したところに二次元安定解析を適用してみて、やっぱりすべりましたということはあるんですが、変動していなかったところに対して二次元安定解析を実施して、変動しなかつたですよという実証事例はかなり少ないのでないかと思われます。

48 ページからは、では三次元安定解析でやつたらどうかということで、釜井らのデータの中であるデータを最大限に生かして Hovland 法で安定解析をしてみたときの安全率の変化を調べました。48 ページは、横断面形は調査データそのものを使って、平面形は長方形と仮定して Hovland 法でやりますと、常時から地震時、これは常時が常に 1 より大きくなるように $c \cdot \phi$ を固定する方法ですが、先ほどの二次元安定解析と同じように非変動の方が安全率が高くなる傾向になった。49 ページは平面形を変えて三次元安定解析の Hovland 法でやりましたが、これも同様な結果となっております。

50 ページから、元来、二次元安定解析というのは幅が無限長であると想定して、きふら一めみたいなものの 1 断面で解析をやっている。谷埋め盛土の場合は下の図のように有限長であると想定しますと、有限長の側方効果、地すべりの中でよく側面効果とかエンターエフクト、三次元効果といわれるものがきいているのではないかということで、側面の抵抗を考慮した安定解析、二次元解析に側面抵抗を考慮したようなモデルを考えました。

縦断面形は複合すべりですから、複合すべりに幅を持たせたもので本来は解析すべきなんですが、釜井先生らのデータしかありませんので、これも二次元安定解析と同様に平板なところだけを取り出した平板すべりだと仮定しますと、51 ページのような単純な箱形モデルになります。違うのは側圧が作用する。側圧としては、常時の側方抵抗の側圧はとりあえず静止土圧相当のものを想定しました。

53 ページからが試算結果ですが、上にあります解析条件のような条件の中で側圧を考慮したモデルで、地震時の側圧は常時の側圧と同じだとした場合に、過剰間隙水圧が底面に発生する。過剰間隙水圧の発生で安全率の大小によって変動・非変動が説明できるかを検証したのですが、 h というのは土塊高の何倍の水位高さを想定したかということですが、過剰間隙水圧をどんどん上げていっても、例えば一番下の (f) の図ですが、変動の方が安全率が高くなる傾向にあるということで、分離ができないということになります。

54 ページは、二次元と同じように、53 ページは底面の $c \cdot \phi$ を固定したものですが、底面の $c : \phi$ を逆算で求めた。常時の安全率を 3 として $c \cdot \phi$ を逆算で求めたものですが、

若干分離がよくなりますが、過剰間隙水圧が 1.7 倍、ほとんど有効土かぶり圧を消し去るようなものであっても分離性が悪くなるということです。55 ページは、 ϕ から c を固定しても同じようです。

56 ページは、過剰間隙水圧だけでは説明できないので、地震時に底面の強度が低下していくんだと仮定したらどうだろう。そうすると、56 ページの (b) は kh を与えただけの図です。(c) は底面のせん断強度が常時の半分になったときにどうなるか。5 分の 1 になったときはどうなる、10 分の 1 になったときはどうなる、最後はゼロにならうとする、どんどんやっていきますと、ゼロになったときが分離性がよくなってきて、10 分の 1 ぐらい残っていても分離性はかなり悪い。

57、58 は $c \cdot \phi$ を逆算する、今までと同様の手法でやってみました。そうしますと、底面のせん断抵抗がゼロになったときの方が分離がよくなりますが、それでもきれいな分離はできないことがわかつてきました。

59 ページから、ではそれに加えてどういうことをすると分離がよくなるかを検証してみました。59 ページは地震時の側圧は常時の 1.5 倍だと仮定して、同じように底面のせん断力が 2 分の 1、5 分の 1、10 分の 1 とどんどん小さくなっている。そうすると、地震時に底面のせん断力をゼロとした方が分離が若干よくなりますが、それでも完全な分離ではありません。59 ページは $c \cdot \phi$ を 1 として与えた場合、60 ページは ϕ を逆算した場合、61 ページも同様に ϕ を与えて c を逆算した場合であります。分離は若干よくなりますが、いま一よくありません。

62 ページは、ではどこまで側圧を増加したら分離がよくなるか試算しました。地震時の側圧が常時の 10 倍程度であると仮定して、底面のせん断力がどこまで落ちてきたときに分離がよくなるかしますと、5 分の 1 程度からかなり分離がよくなって、10 分の 1 とかゼロにするとかなり分離がよくなるという結果が出ております。63、64 は $c \cdot \phi$ を逆算のパターンですので割愛させていただきます。

では、常時は静止土圧として考えておりまますので、静止土圧の 10 倍というのはどういう土圧なんだということを検証してみました。65 ページですが、側圧が 10 倍ということはどういうことか試算しますと、地震時の側圧が受動土圧相当で、側面のせん断抵抗、 $\tan \phi$ なり c なりが 1.3 倍程度になったのがちょうど側圧が 10 倍で $c \cdot \phi$ が変わらないのと同じになります。これぐらいにすると 2 ページ前の 10 倍にしたものと分離性がほとんど同じになってきます。ということで、こういうモデルで、底面のせん断力が 10 分の 1 ないしそ

口に近いものになると分離性がよくなってくるという結果が得られております。

それをまとめたのが 66 ページであります。側方摩擦を考慮した安定解析モデルですが、四角の中になりますが、地震時の底面のせん断力の低下を過剰間隙水圧のみで説明することは難しい。底面のせん断力の中の粘着成分も低下すると仮定しましたが、それでも安全率の大小と非変動・変動の分離の整合性をよくすることはできませんでした。結果として、常時の側圧の 10 倍程度にしたもののが分離がよくなつた。で、4 番ですが、常時の側圧の 10 倍程度というのはどういうことかというと、地震時の側圧が受動土圧相当で、側面のせん断抵抗の増加が常時の 1.3 倍程度としたものと同等になるということです。これは検証結果だけであります。

そうしますと、66 ページの下の図にありますように、二次元解析は無限幅のものですから、そういうもので地震時安全率を計算しますと右のグラフのように分離性が悪いものになってしまいます。それに対して側方摩擦を考慮して、かつ 10 倍程度の側圧を考慮したもので底面のせん断力が 10 分の 1 程度以下になるというふうにしますと、こういうふうに分離のいい結果が出ております。

その上で、67 ページですが、ではどういう土質係数にした場合に釜井先生らの非変動・変動の結果と調和がいいか感度分析をやりまして、その結果として採用値を決めております。この場合だと、5 列目の場合がよかったですという結果を得ております。

そういうことで、安定度評価手法の区分と適用性について若干まとめました。従来法としては円弧すべりによる二次元安定解析と複合すべりによる二次元安定解析、Hovland 法などの三次元安定解析がありますが、円弧すべりに関しては現象論が違うので、谷埋め盛土の複合すべり的なものには適用できないだろう。次の複合すべりの二次元安定解析ですが、地震によって変動が起きないということが説明できないということで、変動の有無を安全率で表現するのはかなり難しいことが実証されました。ということで、谷埋め盛土には余り適さない。Hovland 法に関しては、今回のようにすべり面全体を同じせん断強度で表現した場合に関しては変動の有無を安全率で表現するのはかなり難しいことが実証されました。今後側面の部分だけのせん断抵抗と底面とを別途与えてみて検証すると、もしかしてよくなるかもしれません、それだけのデータがありませんでしたので、これに関しては検証が十分されておりません。

今回の簡易法として側方摩擦を考慮した安定解析ですが、側圧の 10 倍程度にした先ほどのモデルですと安定解析の安全率と変動の有無の調査結果の分離性の相関性を高めること

ができました。そういう意味で、分離という意味では実用的だ。将来的には詳細法ということで動的解析手法ということがあると思うんですが、いろいろな動的解析手法が提案されておりますが、まだFEMによる二次元解析が主流であって、三次元は、いろいろされていますが、有効応力解析が余りされていないとか、まだ発展途上であって、今後よくなつていって詳細法で検証することも出てくると考えております。以上です。

討 議

○土屋委員長代理 どうでしょうか。御意見、御質問。

○二木委員 前にお話ししたとおりなんですが、委員会の場ですからもうちょっとと言いますが、モデルを成立させるための仮定が妥当かどうか、その1点です。受動土圧が静止土圧の10倍になるなんていうことは、実現象として、谷埋め盛土で斜面がすべっていくときに、あるいは地震動時でもいいですよ、揺れていますから、両側に広がってこうなるのか、片方に揺れれば片方がすきます。普通は、構造物があつて一緒に動いていたときに、片押しになれば片側はあくわけですから、両側をがちっと突っ張るような現象を持つてこないと説明できないということを世の中にどうやって言うのか。単にそうすれば説明できるというだけであつて、それは物理的におかしくないのかということを説明する義務がある。

実現象が出ているわけだから、説明がまだできていないんだと思うんですけどね。結果が非常に説明しやすいという1点だけだろうと思うんですね。そこは利用させていただいくてもいいと思うんだけど、何ですかと言われたときに、余り言わない方がいいかな。

○榎田幹事 何となく感じているのは、これが実現象で起こるとすると、地震というのは押して戻すという緩い現象ではなくて、1秒間に何震動もするようなものですから、そういう意味では移動体が揺れることによって周りに影響を与えて、それが側方からの、土圧としては受動土圧以上の土圧はないわけですから、受動土圧、最大の土圧で受け持つというふうなイメージなのかなと。それはイメージだけですから、実証されているわけではありませんが、と考えておりますけれども。

○二木委員 特に浅いときに、なかなか。

○榎田幹事 これは深いところでも全部起こっているという想定で、どっちでも起こつているんだけれども、その効果が、深くなる方が。

○二木委員 変形問題だから、大きさは全然違ってきますよ。中でやっているのと外で受けるのと。でもどっちかといったら緩む方向で行っているわけだから、そのときに突っ張り棒が10倍になりますというのはなかなか言いにくい。データがあれば別ですけど。

もともと変形問題だし、それぞれ広い面積のところで、揺れる方向も違えば大きさも違っているわけです。そのときに動態的なこういうすべりモデルですから。それでも現象を説明できないことはないと思うんだけど、液状化も起こっているような気がするんだけど、だから地形のどこそこもあるし、確かにせん断抵抗は少しあるのかなという気がしますけど、物理的などころの説明がうまくできないような気がします。

よくわからないんで、釜井先生には本当に申しわけないんですが、そういう議論を一遍されたらいいかなという気はしないでもないんですね。ほかの現象で説明できなかつたからって、先ほどの説明を僕はまだ理解していなくて、安全率は最小にできたといって、一定ではありませんから、特に薄いやつというのはほとんどそういう設計なんかやりませんから、ちゃんと締めたものとそうでないものとは違うし。ただ、施工管理しているわけですね。施工仕様で決めていますから、同じ転圧を5回、3回やりますといつても、でき上がるものは違うわけですね。材料によっては。そうすると当然強度が違う。ということは安全率はワンオーダー違っても不思議じゃない。緩いやつはね。そこは余り気にする必要はないのかな。ばらついただけかなという気がします。

ただ、盛土が高くなるとそんなに余裕がないはずだから、ある安全率でしか設計できないんだろうと思っていますけど。

○土屋委員長代理 基本的に、たどり着いたところは、結果ありきみたいなことはよくないんですが、因子のとり方はW/Dと、だから土圧の方向を見ているということは深さ方向を見ているんですね。結局、深さが一番分離にはきくんだよというのは31ページに因子の中で言っているわけだから、二つを使えば分離はよくなるということはよくわかる。もう一つ、難しいのは、いわゆる安全率評価が工学的にこれで妥当かということの裏づけが欲しいということですね。

○二木委員 さっき言いましたが、外れているというか、安全であるグループの中で危険なのが数少ないけれどもある。こここの説明をちゃんとできないといけないでしょう。底面ゼロ、ぎりぎりのところをとっているわけですね。これ以上調整しようがないですね。このモデルでいくと。そうすると、周りのところのやつは先ほどの突っ張り棒がなくなりましたという話をされるわけですね。それがゆ材でなかった。ゆ材だったらそれなりに受動

土圧がでかくなりますから。でもそうじやない。そういう材料でした。という説明が可能かどうか知りませんが。

それにしても斜面の変形問題というのは、どっちかといつたら進行性破壊というのは常識なわけですから、どこからか崩れ始めて動いて、こう行くわけですね。だから、やっぱりちょっと無理があるのかなという気はしますけどね。

液状化ですべるといったら、ロシアの液状化の有名なやつは 10° ぐらいのところをずっと。ああいう現象とは違うだろう。

でも、本当にきれいに分かれるものですね。

○太田幹事 安全側にあるのにすべっているもの、この図で申しますと、66でもいいけど、それがどういう条件の盛土だったのかというのは、ぱっと見てもらっていますよね。

○笠原幹事 安全側ですべるものとして考えられるのは、今回、開発前の谷の底が液状化するというふうな条件でやっていますが、例えば盛土が沖積地まで至っている場合、沖積地が液状化して足元をすぐわれて崩れるパターンとか、谷の地底とかにある盛土で、本体がすべて、下がすべったことで上が引きずられてすべってくるとか、そういうパターンもあり得ると思います。こういうのが安全側ですべるというものの一例なのかな。

○榎田幹事 安全側ですべっているところが、ほとんどの部分が何らかの理屈が通っていれば、ますます分離性はよくなるということで、分離性というのは使えるとは思っているんですけども。

○二木委員 谷幅だけだから、単に形状的に見たらということを現象的に見ただけですね。その理屈づけを言わなきゃ。エラーはあるよ。エラーがあるのは何だということでしょう。

不思議だなという気はしますけどね。ただ、普通三次元でいうときは、ここは端っこでとられているじゃないですか。普通はどこですべるかわからないから、それは追いかけてこですから、どこかでバランスが崩れて中ですべるわけですね。私はそういうふうに理解しています。それを無理やり谷幅いっぱいいっぱいですべるとして計算されるわけだから。通常は違うはずなんですよ。本当はすべった幅をちゃんとはかってこういう整理をされないといけないはずですよね。確かに広い幅のところが被害が起きているんだけど、それは端っこですべっているのかという話でないと違いますわね。普通はどこか途中ですべるのが理屈からいって考えやすいというか、そういうことですよね。

○釜井委員 それは考えている対象が違うような気がします。二木先生は、ものすごく大

きな盛土があって、それが動くようなイメージだと思うんですが、ここで計算しているやつは、私のデータを使ったとすれば比較的小さな、幅が数十メーターのものが。だから谷埋め盛土が丸ごと動くというものをイメージしているんですね。実際、調査をするとそういうものがかなりあるわけです。主にそういうのをイメージしている。大きな、幅が数百メートルのやつが動いてくるというものではない。

○二木委員 鋸路は、報道なんかで、おふろ場がすとんとがけ地にぶら下がっていて落っこちたのがあった。そのちょっと離れたところは緩斜面で、こういう盛土がすべっているんですね。それはきれいにクラックが出ているんですよ。谷の中で出ているんですね。それから、三条は上の方は幅が狭くなっていますから切れていますけど、やっぱり途中で切れてきているんですね。クラックを追いかけていくと、動いたところはそれなりに僕は集中していると思っています。

それからエネルギー的に考えても、このモデルをエネルギーで考えてつり合うかどうか。どんと入った入力に対して、側面の摩擦ですべるわけですね。抵抗を掛ける。それを考えてやらなければ、エネルギーがどこかに行っちゃうわけだから。力だけでやってくるとそういうところの変形量がおかしくなる。それは普通は合わないといけないと思います。

○宮城委員 今のは、谷がすっぽり抜けるような形ですべる、僕はそういうのが多いかなと思っていたんですけれども。

○二木委員 普通はするするするなんです。中に入っている方と出ている方があるじゃない。やっぱり先に出るんです。出ないと後ろが来ませんから。太田先生がちらっと言われたのは、実はその辺のことなんですよ。円弧すべり全体で動くには、先にこうだよ。そこが理屈としてうまく説明できていないといけないんだろうと思うんですね。本当に一緒に、ふっと動くなら、それは動態的な物の考え方だから、そんなにいろいろな考えは出てこないと思うんだけど、実現象は違うから。結果的に全体がそういう幅で動いちゃっただろう。でも本当は原因が違うということは、見逃すところが、ポイントがやっぱり違ってくるということなんですね。

こういうやり方でやろうとすると、幅／厚さ比で抽出した。その中で後で地盤調査をかけて緩いやつを選んでくれば、恐らくそれが危険なやつだらうと思うんです。そういうふうな検討をしていったとすると、先ほど言いましたけど、盛土の高いやつですべったやつ、それは別個やるのかという話になりますわね。それは何で危ないかといえば地下水の話でしょう。それを抽出してこないといかん。そこが抜けちゃう。このやり方だと。薄かろう

と、高かろうと、先っぽから壊れていくんです。壊れるとすれば。

○太田幹事 もちろん現象の話ですが、都市の中だと写真を撮っても見えないものですからあれなんんですけど、これは山古志なんですが、山古志で地震ですべったときの形状ですね。あぜ道が手前と奥にあります。これは真っすぐだったわけです。真っすぐだったものが地震によってすべっているということですね。現象として典型的に考えているのはこういう形だということです。

このあぜの前にせり出しているところを見ていただくと、真ん中辺がずっとせり出しています。端っこは切れているんじゃなくてつながっています。ですから側部のサイドフリクションというのは当然きいているだろうということですね。力のバランスとして、地震による滑動力があって、サイドはそれをとめる役割をしている。そのバランスで成り立っているんだろう。これをモデル化するという話です。その一つのやり方として今回このモデルを考えているんですが、当然、物理モデルとしてよりよいものがあればそれを使えばいいわけなんですが、そういうものが思いつかなかつたということで、御教示いただければ、それを取り入れてやることができるかと思うんですけども、もしあれば教えていただきたいと思います。

○二木委員 だからさつきから言っているとおりで、この現象を見られたら、ここが下がっているわけですね。この側面でそんなに土圧が出るわけがないじゃないですか。受動土圧で逆に持ち上がってこなければいかんわけです。

○太田幹事 土圧に関しては、沖村先生にお話に行ったときにも、土圧という考え方では違うんじゃないかと言われて、当然せん断抵抗で切れているんだろう。実はまだ修正がかかるていないんですが、土圧という考え方を出さない方がいい。土圧でなくて、あくまでせん断抵抗であって、それが今回たまたま値として受動土圧に近いものになっているだけであって、土圧という考え方を出さない方がいいというアドバイスは受けています。

○二木委員 それともう一つ、薄いと、震度のこともあるんだけど、やっぱりせん断ひずみが大きくなる。厚いとそれなりの減衰も大きいですから、全体にひずみが違うというものもあるし、もう少し複雑なメカニズムだと私は思います。実際に大きい盛土と薄いところが違うというのは。

○太田幹事 おっしゃるとおりだと思います。非常に複雑なものだと思います。複雑なデータがありませんので、その中でどう実用的なものを探していくかという観点で今やっていきますので、現象論を解明することは今あるデータではなかなか難しい。

○土屋委員長代理 昔、くさびですとんと動くような簡単なやつがあったけど、ああいいうのはだめなの。

○事務局（山崎） 岩盤立脚にあるくさび破壊みたいな。

○榎田幹事 くさび破壊はくさび破壊で、そういうせんだん面があった場合はそれで説明できると思いますが、ないものに対してくさび破壊を持ち込むと、理屈で説明できるかということで、くさび破壊よりは二次元解析に側方摩擦を考慮したものの方が、実際のすべり面形とはまた別ですから。

○二木委員 普通、逃げるんだったら、見ただけでこれは主動ですよ。土圧的には。

○土屋委員長代理 こう動くわけでしょう。基本的に地形の効果を入れたければ、通常のパターンのFelleniusみたいなことをやっていると余り効果が出ないというなら、すべりの格好が違うかもしれないですね。深さ方向の影響も見たいわけでしょう。深さ方向の因子がきくんだから。

○榎田幹事 傾向として、先ほどHovland法を見ていただきましたが、普通にやるだけではHovland法と似たような結果になると思います。

○二木委員 でも、すべらなかつたやつの説明は、数少ないけどやっているよ。そのかわり、ちゃんと調査をかけます。地盤調査をちゃんとやらないと。すべつたやつは調査がかかつたりするから事例は多いけど、すべらなかつたら、それなりにちゃんとりますね。だから、抜けがないように、このやり方で抽出されてね。

○土屋委員長代理 一つは、このグラフで赤がこっちにも入ってくるでしょう。大きなところに入っちゃうんだけど、それがうまく分離できるかできないかという判断だから、ないか、あるかの問題と、つまり、何か別な方法があるか考えていただきたい。もうちょっと簡単なやつ。

○二木委員 それと、目的は対策だから、例えば水抜きと、抵抗要素は何かわかりませんが、アンカーなのか土堰堤なのかわかりませんが、そこをにらんだときに、こういう検討方法をしていて、それでは間違っているよと言われなければどんな理屈でもいいかなという気はしているんです。水を抜いて悪いわけではないだろうと思うし、抵抗要素を入れてだめということはないだろうし、こういうモデルを使おうと、どっちも強くなるわけだからいいのかもしれないんだけどね。

それから、液状化と言われるけど、一番最初にデータを見せてもらうと、これは地下水位でやっていますよね。4ページですか。釜井先生がやられている。これは数量化のやつ

ですか。これは地下水位ですよね。

○釜井委員 これは、私は液状化という話はしていないです。安定計算のときに、ロールスライダーをつくるために液状化を考えた。

それから、この前から少し気になっていたんだけど、これは谷埋め盛土に限定した話で、そもそも高盛土の急斜面のやつは入っていないと考えていいんですか。あくまでも緩傾斜の、ずっと動くものだけを考えている。

○二木委員 そうすると寿山みたいいなのは入ってないんですね。白石の。あれは谷埋めとは言わないんですね。

○釜井委員 谷埋めは谷埋めだけど、この解析の対象にはしていないと解釈している。

○榎田幹事 高盛土で、盛土の部分ののりの勾配等もかなり影響するとか、形状そのものがかなり影響するものは、また別の可能性が出てくる。そういう意味では、最初の対象とする谷埋め盛土の定義をしっかりとしておく必要はあると思います。

○二木委員 ずっと気になっていたのは、前にお話ししましたけど、液状化というと、地下水位を下げて液状化が本当に起きないのかという話なんです。それはまだ余りやってないでしょう。30cmしか水位がなかつたら液状化が起きないのか。でも非排水せん断強度ですから、瞬間的には起きるでしょう。水位を下げてもだめじゃないかと言われたときに、この理屈だと苦しいじゃないですか。本当にそういう現象なのかどうかわからないところがある。

確かに薄いと、水位が高ければ、それだけ全体に対する水位が高いんだから、もともと有効力が小さいわけじゃないですか。それは全然違うもの。10mの1mの水位と、2mの盛土の1mの水位と。本来、そうやって考えた方が素直なんだよね。その説明が本当につかないのかどうか。

結論は一緒ですよ。対策は。同じ結論になります。確かに水位の情報がないので、たまたま10という幅がかかったというような意味合いがあるのか、本当にきれいに分かれちやっているもんだから。対数でとられているのもあるけど、普通軸だともう少しばあつと、こうなるのかな。

○榎田幹事 普通軸でもかなり分離は。

○二木委員 こっちが間延びして、こっちが縮まってくるわけじゃないですか。安全側の方はぐっと寄ってくるわけでしょう。

対数で表現するのはね。

○濱崎幹事 W/Dが10というのは、自然斜面でも案外あるんです。地すべりの実態統計とかいろいろやられているやつで、1/8とか1/10ぐらいが地すべりの一番大きい、ちょうどいいすべりになっていまして、逆に言えば、それが現象の一番クリティカルなところにあるんじゃなかろうかと思われるんですけど、先ほど来説明があったように、側方の拘束圧というのが何らかの原因でないとそういう説明がつかんだろう。

論文では幾つか出ていて、例えば、土圧ではないんですが、拘束条件として出されている論文が2000年ぐらいに、国際航業の方ですけど、出されております。それについては、実証として側方の拘束条件を幅との絡みで入れていくと、やはり狭いと安全率がすごく高いんですね。1/8ぐらいからほとんど一定ぐらいというような論文もございますので、1/10というか、10倍というのはおかしい値ではなかろうとは感じているわけです。それを資料に添付すればよかったですのかかもしれないですが。

○事務局（山崎） 幅に関しては土木研究所で実態統計をとっていまして、1980年前後じゃないですか、渡さん、くましろさんの名前で出ております。それを見ますと、7倍から13倍の間に地すべりが入る。これは全国のやつを集めていますので、相当の数を解析されていると思います。

○二木委員 それは地すべりですから、外力を一定にしておいて、クリティカルなやつがその幅になっているということですか。広くても中ですべるということですね。それよりも狭いと起きていません。

○濱崎幹事 狹いとぎゅっと押しつけられるんじゃないかな。実態統計を説明した論文としてはそういう説明になっているわけですが、今回のこれに似たような考え方かなと思ってるわけですが。

○土屋委員長代理 真正面に、動的抵抗が大きくなるぞで逃げられないかな。

○濱崎幹事 その辺もいろいろトライアルしたんですが、機能法的に今はやらせていただいている。というのは、それを証明するいい材料が。

○二木委員 拘束効果があるのかもしれませんね。狭いとずっといいし、広いと、そこから後は一定だよ。でも、それは必ずしもあのモデルではないはずなんですよ。単に変形問題を解いてやればいいんだから。別にそがどうだとか、そういう問題ではなくて。

○土屋委員長代理 難しい問題ですが、時間が過ぎてしましましたので、今までのところをもう一度整理していただいて、どうでしょう。言葉の問題もありましたし、分離の問題もあったし、頭の方をどうするかのお話もあったし、御検討願いたい。

もう一つあるんでしょう。

安定度評価への信頼性設計手法の導入について

○濱崎幹事 では、適用モデルの信頼性設計手法による評価というところを簡単に御説明させていただきます。後半に対策の話がございますので。

御存じのように、従来の斜面安定計算でいうところの確定論的な方法でございますと、許容応力度というか、安全率を算定した後、その値が許容値あるいは設計基準の計画安全率を満足しているかというチェックになっているわけですが、昨今、性能設計というところになっていく関係上、また住民の説明とともに公的な資金でやる場合には必要なわけですから、そういう方向になっていくだろう。そういうところで、榎田さんから御説明のあつた式を既値として、それを F_s 、安全率のモデルとして、今回の信頼性設計手法の評価方法で試してみるということです。

$F_s = 1$ に相当する条件と、固定条件と変数条件を 69 ページにまとめておりますが、固定条件としては幅、長さ、単体重量、斜面角度とか水平震度、先ほどの中でも最もよく合ったモデルの条件を入れております。あと、 $c \cdot \phi \cdot D$ を確率変数と見まして、これについて標準偏差の σ を与えて性能設計をトライアルした。方法としては、性能関数を Z としますと、 $F_s = 1$ のところがクリティカルなところでございますので、ゼロを境として破壊・非破壊の境界になるわけです。これについて確率密度関数の考え方でやるわけですが、それについてモンテカルロ法で繰り返し計算をやっております。

都合 3 万回ぐらいすれば十分な精度になると別なところではやっておりますが、それで計算した結果が 71 ページでございます。これは地震時の安全率を、 $F_s = 1$ として計算しておりますので、1 から 7 までのケースで、粘着力 $10 \pm \sigma$ の値、内部摩擦角 $30^\circ \pm \sigma$ の値、層厚に対しては 3.95、これはすべているやつの平均のモデルですが、それを入れて、土最大でも 1 m というところで検討しております。言い忘れましたが、確率変数の粘着力、内部摩擦、層厚の条件は、当然のことながら正規分布として仮定するわけですが、分布の端で c がゼロ以下になったり、 ϕ がゼロ以下になったり、 D がゼロ以下になったりすることはないようになっております。

その結果としてこのような破壊確率が得られるわけです。破壊確率は、先ほど言いましたように密度関数で表現されるものですから、 $F_s = 1$ のところがほぼ 50% になるわけで

す。10%ずつスライドさせていくということは何がしかの対策工を付加すると理解して見ていただくと、例えば $F_s = 1.5$ にするために、ケース 5 相当のやつで破壊確率が 3.3 % になるということです。今後性能設計を考えていく上では、このような手法で確率論的にやることで住民説明等ができるのではなかろうかというところでこういう手法を御紹介しています。

72 ページ、73 ページには、これも古いデータになるのかもしれません、信頼性設計におけるフローを 4.4.32, 4.4.33 はアメリカを中心として用いられている示方書などの許容破壊確率、4.4.7 はノルウェーの許容破壊確率。構造物は、土中のものでない限り性能設計的にはかなりシビアなところで検討できるかと思うんですが、 $c \cdot \phi \cdot \gamma_t$ とか、わからない部分が多いと当然ぶれが大きいですから、破壊確率については相当量の安全率の負荷を与えないといふ、許容破壊確率が数パーセントとはいえ、かなり厳しいところにあると言えます。私からはそういうことです。

宅地谷埋め盛土の安定化対策手法について

- 榎田幹事 時間がないので、安定化対策を引き続き。
- 太田幹事 時間が押しておりますので、先生方が十分御存じのところは割愛しながら御説明いたします。

74 ページから対策について書いております。一番最初の図がちょっと見えにくいので、別添の資料にありますが、これが今回解析に使ったものとほぼ同じものです。「ほぼ」というのは、データから再現した、図面から再現したの違いがありまして、ユニットの数が異なっております。場所とかそういうものは合っておりません。どのぐらいの量の盛土が変動したか、変動率を出すために出したもので、これは阪神の事例です。

ここに書いておりますのは震度と滑動・非滑動の分布でありまして、震度 5 強以下ではほとんど動いておりません。震度 6 弱で 39%、6 強で 68% が盛土の中で滑動した比率になっております。これは量がこれぐらいあるんだということで御理解ください。

盛土の安定化対策というのは、道路とか宅地、鉄道で既に研究されたものがありますが、いずれにしてもびしやっとした答えは出ておりませんで、ただ、とにかく水を抜きなさいということが共通しております。沖積地盤の宅地は重力排水できませんので、間隙水圧消散という工法が開発されております。

まず抑制に関して御説明いたします。先ほど安定解析のところで御指摘がありましたが、基本的な物理メカニズムというのはとても難しい話で、なかなか答えの出るものではありませんし、それを検証するためのサンプルが容易に得られません。それで現象論的なことに終始してしまうことは否めないところだと思います。ですからベストの答えは出せないけれども、ベターなものでいこうというスタンスでやっております。

抑制工による方法は、79ページの一番下に三つ書いておりますが、重力排水による地下水排除工、いわゆる横ボーリング工、これが一番効果的で、実績もあるものですので、これが最優先されるだろう。それ以外のものとしては、間隙水圧を消散する。液状化することをできるだけ抑えようという工法ですが、これは沖積地盤では実績がありますが、例えば家のある宅地のところでどれぐらいできるかということもありますので、簡単な紹介にとどめます。幅／深さ比の改善工法。これは、先ほどの現象論から見て幅／深さ比が小さいとすべらないということであれば、そういう改善ができるのであればそういう方法もあるのではなかろうか。三つ並列で並べていますが、重力排水による地下水排除工というのが一番現実的で、確実な方法だと思っております。

先ほど二木先生からも御指摘がありました、どれぐらい水があつたら液状化して、どれぐらいだとしないのか、これははつきり言いましてわかりません。どういう状態であるのかわかりませんので、先ほどの安定解析のモデルにしても水位の項は入っておりません。入れて計算もしているんですが、分離がうまくいきません。ということで、水位ではなくて圧力の問題だろうということで、それはある程度定性的には理解できるんですが、水位を何メートル下げれば液状化しないのかという答えは今のやり方では出ません。今考えていますのは、とにかく盛土の底面にある水を抜きましょう。地下水位低下高を設定して重力排水の設計手順に従ってやりましょう。

ただ、この場合にも、盛土が均質の透水係数を持っているとは思えませんので、なかなか難しいところがありますが、ここで対策まで、どういうピッチでとかいうものまで実は出ておりません。一つの例としてこういうやり方があるんじゃないでしょうかということです。とにかく重力排水を、通常の効果があると言われるピッチでやりましょうということをここでは提案しております。

懸念事項として、本委員会で太田座長が指摘されたというお話を聞いておりますので、現在の地下水排除工というのは90mmの孔で掘って48.6mmの保孔管を入れるということで、土かぶりが厚い場合には特に問題はないんですが、土かぶりが緩いところの場合には陥没

とか沈下が起こるのではないかということで、それを考えますと余掘りの少ない工法を開発していかなければいけないのではないかと思うかと思います。これも現存しておりません。こういうことも考えておかなければいけないと思います。

それから、83ページに2番目として書いておりますのは沖村先生に指摘いただいたことです、せっかく地下水排除工をするのであれば、底面の水を抜くだけでなく、盛土の向こう側の地山まで達するようにしておけば、保孔管にせん断力があればそれも抑止機能としてある程度は期待できるのではないかと思うか。水を抜いた後はそれほど大きな滑動力ではないだろうから、それでいけるのではないかと思うかということで、そういうことも考えていいなさいという御指導を受けております。設計方法はまだまだ課題はあると思います。

84ページは間隙水圧消散工法のことを書いておりますが、これは沖積地盤に関しての研究成果でありまして、打設間隔1.6mとか1.2mというような間隔で沖積の砂層に入れた場合に、このような過剰間隙水圧比を低減することができるということが書かれております。これをそのまま全体の工法として使うことは宅地の場合には難しいとは思いますが、こういうことも今後考えていく必要があるだろうかと考えております。設計方法としてはグラベルドレーンのやり方があるということになっております。

続きまして86ページですが、これは現象論的に出てきているものを対策にするとすればどうなるかということですが、幅／深さ比が大きいとすべるとのことであれば、幅／深さ比を小さくすればいいのではないかという非常に単純なことあります。これでブロックを別のユニットにしてしまえば、側面の摩擦の比率が大きくなつて抵抗が大きくなるのではないかと思うことで、現象論から出てきているものであります。ただ、傾斜地の宅地盛土に関して間隙水圧消散工法あるいは幅／深さ比改善工法が実施された例はありませんので、これはこれから研究課題だと思います。

続きまして88ページの抑止工に関してですが、抑止工というのは地すべり対策工とかそういうものではたくさん使われておりまして、設計方法とかもかなり確立しております。ただ、水を抜かずして抑止だけでやるというのは原則論としてはおかしいのではないかという話はしております。

もう一つ、滑動力は計算できたとしても、滑動力を例えれば地すべり対策工のような末端1カ所で抑えるというようなやり方をすると、上の土塊がかなり軟質ですから、そちらに変形が起こるのではないか。88ページの図は西宮市の豊楽町の現場の絵ですが、左にあるマンションは、杭基礎ですから基礎にちょっと乗っかっているだけなんですが、土塊

の滑動自体はそこでとまっております。ただ、その上の土塊は盛り上がったり、横にずれたり、ここはたしか2～3mずれていたと思いますが、そういう現象が起こりますので、あるユニットで考えていかなければいけないのではなかろうかと考えております。

89ページに簡単に書いておりますが、これはモデルです。厚さ5mの盛土で勾配が10°だったらどういう配置になるかということを絵にしてあるだけですが、宅地が2軒寄っていたとしたら大体30mの幅で一つのユニットがありますので、ユニットごとに対策を考えしていくのが現実的ではなかろうかと考えております。その下に抑止杭工と書いてあります。これは「杭工」と言いつつも鉄筋挿入程度のことを考えておりまして、鉄筋挿入のせん断抵抗で滑動を抑えようということあります。

安定化対策手法の効果予測結果について

○榎田幹事 では引き続き、対策工の効果を、先ほどの側方摩擦を考慮したモデルで考えるとどれぐらいになるか試算しました。90ページからは、先ほど太田幹事が言われたように地下水排除工をやって、間隙圧を抜いてから不足分なり、余分として抑止工ということが原則なんでしょうが、これは地下水排除工をやらないで、抑止工だけでもたせた場合にどれぐらいの抑止力が必要かという試算例です。必要抑止量は普通の二次元安定解析の抑止力と同じだと考えてください。側圧が10倍で底面せん断抵抗がゼロとした場合は、単位幅当たり1,000kN程度、こんな巨大なものが必要となってきます。側圧が10倍で底面せん断が常時の7分の1ぐらいだとすると、中心値が300とか400、四、五百キロニュートンのところにおさまってきます。それにしてもかなり巨大な推力になる。92ページは受動土圧相当で強度増加を1.5倍としたときのものですが、こういうふうになります。地下水排除工をやらないで抑止工だけでやろうとするとかなり巨大なものになっていくということで、原則としては地下水排除工をやった後に抑止工を導入するか。

逆に、配置を決めて、それに対してどれぐらいの効果が期待できるかを93ページから試算しております。まず抑止工の一つの鉄筋挿入工のせん断補強だけで考えております。異形鋼棒D32の短期強度で考えた場合、10m×10mで設置していったとする。それで今回の釜井先生たちの調査結果を入れますと、ちょっとわかりにくいですが、これは変動した事例しか適用していませんので、黒三角が余り上がらない。平均して0.05安全率が上がりまます。5%安全率が上昇します。5m×5mでしますと、平均として0.25%、25%安全率が

上昇します。94 ページは、現実とはかけ離れてきますが、 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 程度でしますと 1.68、ここら辺になりますと、グラフでもわかりますように、場合によっては分母項がマイナスになるところがありますので、マイナスになる方は、上限値を決めてとりあえず安全率を 6 としていますので、その平均ですので、平均値そのもののオーダーとしては余りよくないですが、かなり上がってくるという試算結果になっております。

95 ページからは、鉄筋挿入工ではなくてアンカーアー工の抑止効果としてはどれぐらい期待できるかであります。1 本当たりの引き力を 300kN、1 本 30 トンで、水平打設角を 30° で、縦断方向に、先ほどの一つのユニットということで 30m に 1 本と想定した場合です。2 段するのであれば 15m に 1 本ということですが、縦断方向に 30m に 1 本で施工した場合に、横方向を 4 m 間隔でした場合は平均として 11% 安全率が上昇して、3 m 間隔で 16% 上昇する。96 ページに、2 m 間隔ですると 33% の安全率の上昇が期待できるとなっています。

97 ページは、地下水排除工とか間隙水圧消散工で 1.2 m とか 1.6 m の事例がありましたが、どれぐらいが適切だろうかという一つの目安として、イ・ペ・クサキンの影響半径が一つの目安になるのではないかということで、透水係数が 10^{-2} から 10^{-5} までの場合にそれぞれの影響半径がどれくらいか。これを目安に、この何分の 1 程度の施工間隔でやればいいか、これを一つの目安にできるのではないかということで、イ・ペ・クサキンの影響半径を試算しています。以上です。

討 議

○土屋委員長代理 時間もありませんが、何か御質問、御意見等があれば。

○二木委員 これ、水抜きは僕も賛成ですし、委員会もこんな感じだったと思うんですけど、メンテを含めて公的にやりますということですか。

○渋谷室長 はい。

○二木委員 それと、補強の方でぜひ地盤改良を入れてほしいんだけど、例えば住宅地であれば、長いスパンで考えると、そこへ住宅を建てるときにある程度地盤改良させねば同時にきくわけですね。少なくとも道路下、そうすると縦・横に入るわけでしょう。谷に沿って入っているのはある程度大きくないと入らないかもしれません。谷の直角方向。そういうところが一つあるし、土堰堤をちゃんとつくられるというのがなぜ漏れちゃっている

んですか。盛土の中に堰堤をつくる。すべりをとめるやり方ですよね。電力あたりはよくやっていますけどね。

○太田幹事 それは地表ですか。

○二木委員 いやいや、中です。道路の下に混ぜるだけですから。アスファルトがあるので、アスファルトをはがすときだろうと思うんですが、そうすると連續でざあっとできまから。ライフラインの保護にもなりますし、それをぜひ計画的にやられたらいいと思うんですが。行政がやるんだとすると道路下というのは非常にやりやすいという話と、民の協力を得るんだったら建てかえのときにお願いするという話と。

○渋谷室長 行政がやるというのは、みずからやるのでなくて、造成済みの宅地の所有者が対策工法をする際に金銭的な支援をしようというスキームなので。ただ、新規造成のときの基準の中にも、谷埋め盛土みたいなものを十分意識していないとしたら、新規造成の場合にはこういう対策が非常に有効であるという話と、既にでき上がりつつやっている宅地で、なるべく住んでいる人に負荷をかけない形でという、2種類の基準があってもいいのかな。

○二木委員 でも宅地がすればライフラインもやられるんじゃないですか。そこは手当てしないのかという話にならない。

○渋谷室長 それは本来の公共管理者が。

財源が違うもので。

○二木委員 でも、民間にやれといって、役所のライフラインというか。

○渋谷室長 それは当然そういう話になるので。

○二木委員 ですよね。そのときに道路下と一緒にやってもらうと。

前から言っているんだけど、縦割りの弊害ですか。

○渋谷室長 そうなんです。そこは地元で協議会が何かをつくってもらって、公共としては何をやるかという話をきちんとやってもらうということが前提です。

○太田幹事 土堰堤とか地盤改良ですね。

○二木委員 地盤改良でやってしまえば、そんなに強度は要らないんじゃないですか。コラムを連ねて。先ほどあった縦方向の方が効率的なら、数少なくやるんだったら。先生の言われる谷幅比がきくとすればですよ。両方からだから、もしかしたらきかないかもしれない。せん断部分だけかもしれないけど。でも、そういうやり方は割と効率的じゃないかなという気は。

○渋谷室長 金に糸目をつけない道路サイドでこういうことをやってもらえばいいという話はあって、そういう御提言があれば、地元で公共管理者も含めていろいろな対策をつくるときに、これから道路財源の使い道とかいろいろかかわってくるので、そこはそこで大変有効な御提言になるんじゃないかなと思います。

地すべり学会の御提案としては、でき上がった宅地の、住んでいる人が自力ができる範囲のものだけを御提言いただくんじゃなくて、本来こうであるという話をやっていた大いに、僕らがその中で既存の宅地の中で民間がやる場合にはこういうものを推奨する。そこは選択の範囲だと思うんですけども、二木さんがおっしゃるように、あるべきものはこうだという話を言っていただくのは非常に有効だと思います。

○二木委員 僕は公的にどこまでそういう話を進められているのかよく知らないからあれなんだけど、前に宅地はマンションと同じだみたいな物の言い方をしましたけど、民で対策をされるにしても、地域の方がまとまって同時に対策をされないと、ばらばらにやっていれば時間もかかるし、効果も。

○渋谷室長 だから、一つの盛土全体で対策を。そういう意味では1軒1軒では意味がないという前提なんですが、1軒1軒だったら建築基準法の世界になっちゃうんで、一蓮托生の盛土の所有者みんなが何らかの形で。多分、協議会か何かをつくって。

恐らく、それなりのロットの盛土であれば必ず道路はあるだろうし、東京電力もいるだろうし、下水道もいるでしょう。ひょっとしたら公園もいるかもしれませんということになると、全部含めて協議会をつくるという話になると思うんですが。

僕らは今、自力でやれない人たちに対してどういう公的な支援ができるかというところに問題を特化して予算要求をしているので、そこはあくまで僕らの予算要求の世界であって、盛土宅地の安定化対策というのは全然違う話だ。そこは分けて、余りこだわらずに、本来あるべきというところを御提言いただければいいんじゃないかなと思います。

ただ、鉄筋を2m間隔とか言われると、それは幾ら何でも。

○濱崎幹事 そこで、地下水排除の効果というのも含めて、その辺がドラスティックにきいてくれば抑止力の方の負荷が少なくて済むというところで、その辺の知見がまだ少ないので。

○渋谷室長 現実に、マンションですら鉄筋を削ろうという時代でして(笑声)、既存の宅地でどれだけのことをやってくれるかという話だと思うんです。

○二木委員 地すべりで鉄筋をそのまま入れられて、さびとかはどういうふうに見られて

いるんですか。

○太田幹事 さびは、いろいろあるんです。グラウトをすることで防錆という考え方もありますし、JHなんかだったらメッキをした上でグラウトをして、二重防錆という形で施工をしています。

○二木委員 それで半永久的と見られるわけ。

○太田幹事 半永久を何年と見るかによるんですが。

○二木委員 鉄筋でもいいと思いますけどね。上まで要らないんだから。下だけでいいんでしょう。せん断で受けるんだよね。短いのでいいんでしょう。

○太田幹事 実際には上までやっているのがほとんどだと思います。せん断杭でも上までやりますし。

○榎田幹事 施工管理の問題ですから、想定すべり面からの十分な根入れがあれば埋め込みでもいいんですけど、埋め込みだと施工管理が難しいということだと思うんです。何メーター埋めたかというのが見えない。

○太田幹事 材料費はそんなに高くないので。

○二木委員 公共工事ではそうだけど、民間の人たちは。自分で出す気になって、1軒当たりどれぐらいの予定になるのか、そういう見積もりも少しあるといいとは思うけど。

○太田幹事 先ほどコラム、地盤改良をおっしゃっていたのは、地盤改良が高いという頭があったもんですから、それで思いつかなかつたので。そうでもないんですか。

○二木委員 そうでもないですよ。住宅レベルだと1戸当たりで、荷重を支えるだけで50万から100万ぐらいでしょう。

○太田幹事 それは杭のようにやって。

○二木委員 はい。それは鉛直の話でしょう。せん断の話だから、300kNぐらいでしょう。60cmだと、1本10トンぐらい要りますから、結構な量ですよ。

○太田幹事 せん断抵抗として使うという。それだったら下だけで。

○二木委員 材料によってはもうちょっと出たりするから。

まあ、いろいろな方法を。こういうことは余り考えたことないので。

○佐藤専門官 イ・ペ・クサキンの式というのがあるんですが、これは、盛土とか割と透水係数がそろったようなものに対しては適合性がいいと考えてよろしいんでしょうか。それとも普通の地すべりのように一概には言えないということなんでしょうか。ほかにもつといい式があるならばぜひ教えていただければと思うんですが。

○事務局（山崎） これは多分、管暗渠の公式からきているものですから、かなり透水性のいいやつを対象にしてつくられた式だと思いますので、問題ないとは思います。その辺は、地下水に詳しい方、どなたか。

○榎田幹事 もともと利水堤からきた井戸公式なので、粘性土、透水係数が余り低いものは想定していないとは思います。透水係数から影響半径を出す式というのは意外と少なくて、経験的なものから決めることが多いものですから、透水係数からきちんと出している式というのは唯一に近いものだと思います。

○佐藤専門官 そうすると、ロームとかには使えないということですか。

○榎田幹事 そこら辺、もともとの原典のところを調べてみます。

○二木委員 あと一つは、皆さんよく御存じの、水を抜けば地盤が下がりますから、まして、ろくな盛土でなかつたとすると、ミリ単位で住宅にきいてきますから、谷方向へ下がるのかどうかわかりませんけど、そういうところもあるので、見ながらかなという気はします。盛土ができた途端に水位が上がっているんだと思うのね。何年間もかけてやりますから。その状態で住宅が張りついていて、強制的に水位を下げるわけですから、そのところがどの程度なのかは見ておかないといけないと思うんですね。繰り返しかけても大丈夫なのかもしれません。実態が余りわかつていないので、いいかげんな盛土だとそういうのがあるかもしれません。

○土屋委員長代理 圧密沈下ですか。

○二木委員 それは確実にあります。弾性沈下も含めてですよ。圧密でなくとも、ある程度厚くなれば動きますから、そのときに厚さが一緒ならいいんだけど、斜面地だからどうかなという気はありますね。やってみないとわからない。予測してみないと。そんなに難しくないでしょうから。

○土屋委員長代理 では、対策の関係も御意見をいただきましたので、そこも勘案していただいて、とりあえず全体を通して、もう時間もないんですが、何かございましたら。

○濱崎幹事 先ほどの 10 分の 1 のところのモデルで、名前が出てこなかったんですが、応用地質の上野将司さんが論文で書かれていたはずです。

○土屋委員長代理 ないようでしたら、事務局にお返ししたいと思います。

今後の方針と課題

○事務局（山崎） どうも長い間、休み時間もなくて大変申しわけなかったんですが、貴重な御意見を賜りましてありがとうございました。

谷埋め盛土の定義とか、一番重要なところをもう少しきちんと書いておかなければならないとか、私なりにまとめますと、都市図の精度の問題についても少し整理しなければならない。今後の課題のところですが。それから、ニューラルネットワークで出てくるのは Yes、No の答えなんですが、表現的には、例えば危険性が高いとか低いとかいう表現にした方がいいんじゃないかな。4.1 章、4.2 章ではその辺の話がメインだったのかなという気がします。

4.3 では、リスクアセスメントいいですか、情報公開も含めて、この資料ではちょっとまずいところがあるのではないか。2 次スクリーニングの後に情報開示という形に修正した方がいいのではないかという気もします。おわん型の盛土のお話もございましたが、この業務で規定しているのは谷埋め盛土の定義に基づいた形で危険度評価をしているということですので、そういう方向もわかるように書いた方がいいのかなと考えております。

それから、4.4 は非常に重大なところがありますが、モデルの物理的な説明が必要ということは重々わかっているんですが、土圧という表現にしますと受動土圧で果たしていいのかということもありますので、側壁効果というような形で、釜井先生のデータをまとめるとき側壁効果を入れると一応分離できそうだということで、とりあえず進んでいくって、なぜ側壁効果が出るのかがわかれれば学位論文とか学会誌に相当するのかなというぐらい、かなり難しい問題だろうと思っていますが、検討する課題ではあるんですが、とりあえずは側壁効果ということでいたらどうかなと思います。

話が横道にそれちゃいますが、私、これを見たときに、実際にすべるときに側壁の方にアーチアクションみたいなものがかかるのかなという気もしたんですが、余り難しい話をしないで、側壁効果という形で取りまとめていけばいいのかなという気がします。

それから、4.5、対策工のところですが、地盤改良工法プラス、土堰堤という工法も入れたらどうかという御意見がありましたので、ぜひ取り入れたいと思います。もう一つ重要なポイントは、水抜きは効果があるんだけれども、圧密沈下をどう評価するのか少し検討した方がいいのかな。その辺が検討課題かと考えております。

いろいろ宿題等がございますが、何とか現象を説明できる、物理モデルではないんですが、こういうぐあいにすると現象に合うよというものが出てきたのかなという気はしておりますが、今後の課題と考えております。

○宮城委員 ここで気がつかなったことが出てきたときには、追って。

○榎田幹事 きょうの結果を踏まえて各自で修正し、それをまとめて、委員の先生方には資料を送付します。それまでに気づかれた内容は私の方に送っていただければ、幹事会で相談して対応を決めたいと思いますので、よろしくお願ひいたします。

閉会のあいさつ

○事務局（山崎） ということで、本日は貴重な御意見をありがとうございました。これにて委員会を閉会いたします。

閉 会