

造成宅地地盤の地震災害リスク

2015/7/16 横浜国立大学先端科学高等研究院シンポジウムシリーズ第7回
社会インフラストラクチャーの安全研究ユニット
「リスク共生からみた地盤工学上の課題」 風間 基樹 (東北大学)

地盤のリスクの知識 (地盤工学会, H25.4)



リスクとは、
「不確かな事象に伴う結果の目的への影響の大きさとその結果の起こりやすさの組合せ」
■危険に会う可能性や損をする可能性

事象の重大さ × 発生確率 = リスク

予習スライド

リスクを減らすには

- **ハザードを正しく評価する**
 - 回避できるハザードは回避する
 - 情報の無さ、知識の無さによる不確実性は減らせる
- **発生頻度を減らす**
 - 技術を向上させ、不良品率を下げる。調査の精度を上げる等
- **事の重大性を小さくする**
 - ダイナマイトなど危険物を同じ場所に大量に置かない
 - 貯金は、複数の預金にわたる
- **発生した時の対策を事前に行う**
 - ハード対策：
 - ソフト対策：防災用品の備え、食料・水の備蓄等、保険加入
- **リスクトレードオフも考える**
 - そのリスクを減らすと他のリスクが新たに発生する

予習スライド

地盤のリスクのいろいろ

- **地盤沈下**
 - 地下水の汲み上げによる長期の広域地盤沈下
 - 地殻変動・液化化・周辺地盤への盛土など
- **斜面地盤災害**
 - 地震・火山・豪雨・土石流
- **土壌汚染・地下水汚染**
 - 重金属・農薬・化学物質・放射性物質
- **インフラ整備で遭遇するもの**
 - 設計・調査・施工・工程管理・維持管理 に係る地盤関連のリスク
 - 動態観測、事故・危機管理への対応
 - 排土・排水処理、廃棄物の処理
 - その他

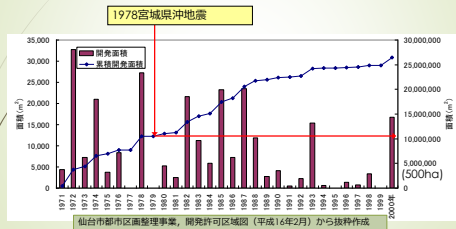
予習スライド

造成宅地地盤の地震災害リスク

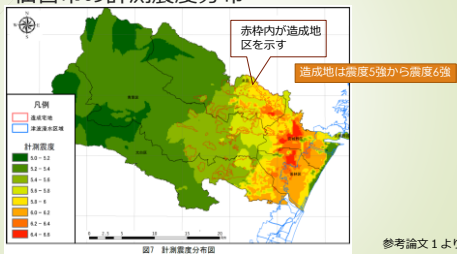
東日本大震災の仙台市の造成宅地被害から



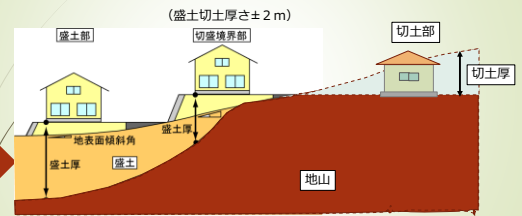
30年間に仙台市内で開発許可された土地面積は約2.5倍に



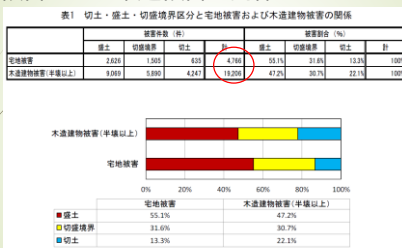
2011東北地方太平洋沖地震における仙台市の計測震度分布



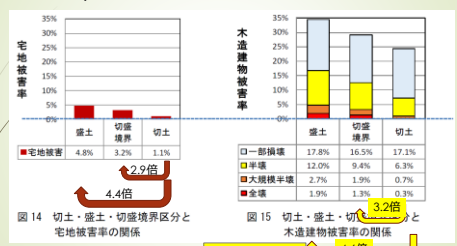
造成宅地地盤の切土・盛土・切盛り境界の定義



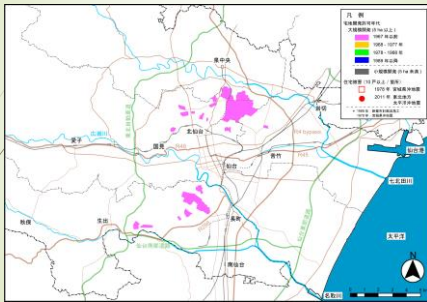
仙台市の切土・盛土・切盛り境界区分の宅地被害および木造被害の関係



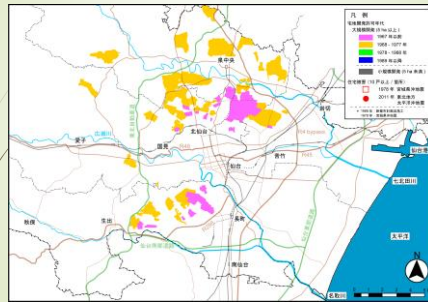
仙台市の切土・盛土・切盛り境界区分と宅地被害率、木造被害率



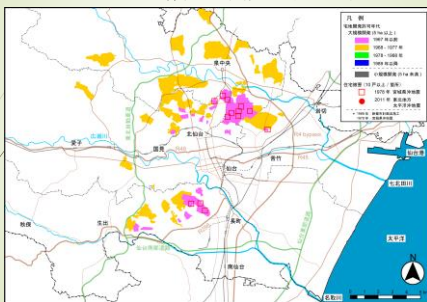
17 仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害



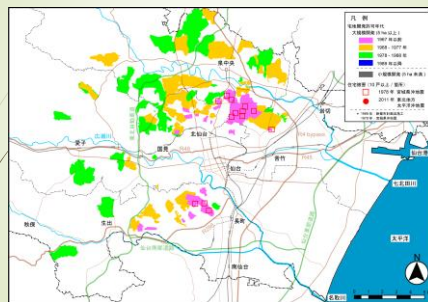
18 仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害



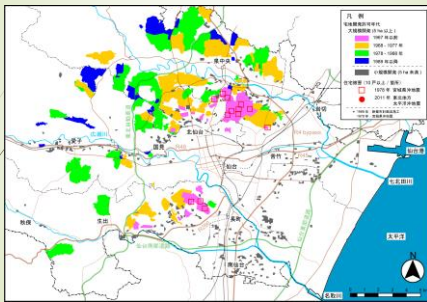
19 仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害



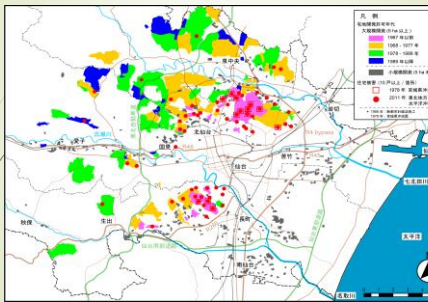
20 仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害



21 仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害



22 仙台市周辺の造成宅地開発状況と地震被害



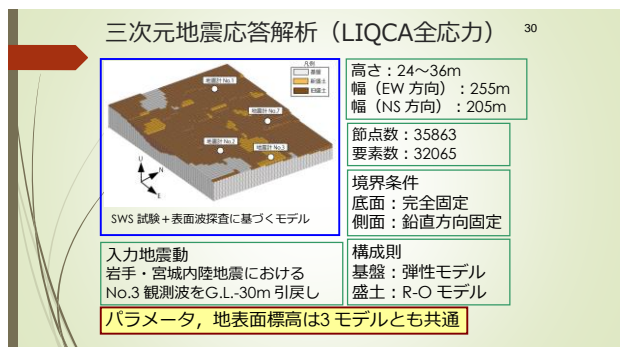
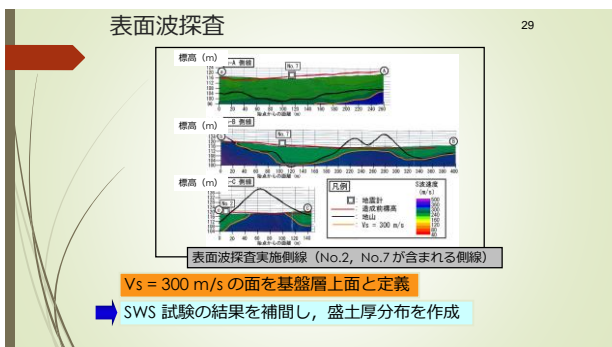
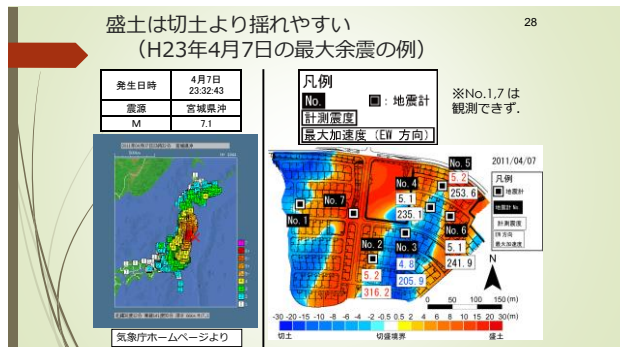
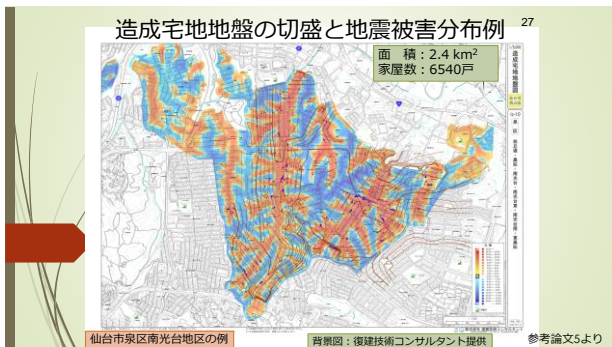
古い年代の開発ほど被害が大きかった
- 考えられる理由 -

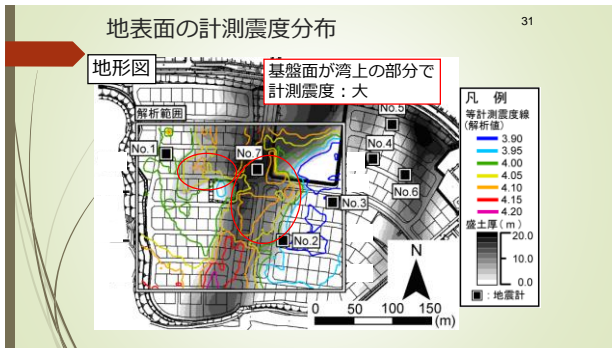
- 1961年宅地造成等規制法制定, 1968年新都市計画法制定以前は宅地造成に関する法体系が整備されておらず、技術的にも盛土の適切な締固めや排水工の設置、盛土材料の吟味が不十分だった可能性
- 1981年の建築基準法の改正により建物の耐震化がなされたものの、それ以前では住宅そのものも地震に対する対策がなかった
- 宅地造成後長年の間に、盛土内の地下水位が上昇するなど、盛土材料の劣化が進み、脆弱になった可能性
- 造成年代が新しいほど、造成計画や施工技術が進んだ

既存不適格を判断するのは難しい

- 造成宅地地盤の被害は多様
- 被害の素因
盛土材料・盛土の軟弱さ・盛土厚さ・地下水位・集水地形・排水施設等の良否等
- 被害の誘因
地震動強さ、周期特性、継続時間

個々の被害原因は、個別の事情がある





仙台市で行った宅地復旧事業 (国の補助金による公共事業①)

32

私有財産である宅地の復旧は、個人負担が原則だが、この度の大地震における甚大かつ広範囲にわたる被害を踏まえ、早急に被災宅地の復旧を進め防災機能の向上を図るため、まとまった範囲で宅地被害が発生している地区について、再度災害防止の観点から公共事業による復旧を推進

●造成宅地滑動崩落緊急対策事業

- 今回新たに設けられた事業、以下の(1)または(2)に該当し、かつ(3)の恐れがあるところが対象
- (1) 盛土面積が3,000㎡以上、かつ盛土上に存在する家屋が10戸以上
- (2) 盛土前の地盤面が20度以上かつ盛土高さが5m以上、かつ家屋が5戸以上
- (3) 当該盛土の滑動崩落により、次のいずれかの施設に被害がおよぶおそれのあるもの
 - 道路 (高速道路、国道、県道、市道)、河川、鉄道
 - 地域防災計画に記載されている避難地または、避難経路
 - 家屋10戸以上 (当該盛土上に存するものは、除く)

http://www.city.sendai.jp/jutaku/takuchihsai_030.html

仙台市による助成金支援制度 (H27.3.31終了)

34

- 公共事業の対象とならない宅地で「危険又は要注意宅地(※)」であると仙台市が判定した個人所有宅地の所有者が復旧工事を行う場合に、助成金の交付により支援を行う制度です。
- ※ 被災宅地危険度判定による被災程度のカテゴリ
- 対象：よう壁等の再築工及び土地の整地
- 上限1000万円まで

個人負担額 12万円

助成金対象額 120万円

助成額 108万円

事業費 20万円

個人負担額 合計 112万円

控除額 100万円 (個人負担額)

http://www.city.sendai.jp/jutaku/takuchihsai_040.html



地盤情報の開示

2014.5.1 国土交通省都市局
 既存の大規模盛土造成地の滑動崩落対策の進捗状況について
http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_fr_000004.html

http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_fr_000004.html

1. 大規模盛土造成地とは

盛土造成地のうち以下の要件に該当するものを「大規模盛土造成地」と呼びます。

1) 谷埋め型大規模盛土造成地
盛土の面積が3,000㎡以上

2) 覆付け型大規模盛土造成地
盛土する前の地盤面の水平面に対する角度が20度以上で、かつ、盛土の高さが5m以上

http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_fr_000004.html

4. 国の支援制度

- ◆ 予算制度 (宅地耐震化推進事業 (H18.4創設))
 - ※ 1, 2: 変動予測調査 (第一次スクリーニング、第二次スクリーニング)
 - 地方公共団体が行う大規模盛土造成地の変動予測に関する調査に要する費用の1/3を支援
 - ※ 4: 滑動崩落防止工事
 - 地方公共団体、宅地所有者等が行う滑動崩落防止対策の設計、工事に要する費用の1/4を支援
 - 公益性が高い等の要件を満たすものは1/3を支援 (H26.4拡充)
 - (宅地所有者等は地方公共団体からの間接補助)
- ◆ 技術的助言
 - ※ 1, 2: 変動予測調査 (第一次スクリーニング、第二次スクリーニング)
 - 大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン (H18.9)
 - (東日本大震災での宅地被害の検証を踏まえ今後充実予定)
 - ※ 4: 滑動崩落防止工事
 - 宅地耐震対策工法選定ガイドライン (H24.4)
- ◆ 法改正 (H18.4交付)
 - ※ 3: 「造成宅地防災区域」の導入、盛土の締め目等の技術基準の追加

http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_fr_000004.html

5. 全国の変動予測調査の実施状況及び調査結果の公表状況 (H27.4.1現在)

| | 市区町村数 | ①に占める割合 |
|-------------------------------------|-------|---------|
| ① 全市区町村 | 1742 | 100.0% |
| ② 大規模盛土造成地の有無等の確認(第一次スクリーニング)着手 | 928 | 53.3% |
| ③ うち第一次スクリーニング完了 | 761 | 43.7% |
| ④ うち第一次スクリーニング結果をホームページで公表済(③+④) | 238 | 13.7% |
| ⑤ 大規模盛土造成地が存在しない旨の公表 | 108 | 6.2% |
| ⑥ 大規模盛土造成地マップの公表 | 130 | 7.5% |
| ⑦ うち箇所別の変動の危険性確認(第二次スクリーニング)完了(⑥+⑦) | 7 | 0.4% |
| ⑧ 全ての箇所での変動のおそれなし | 0 | 0.4% |
| ⑨ 一部又は全部の箇所での変動のおそれあり | 0 | 0.0% |
| ⑩ 変動予測調査対応済(⑤+⑦)(制表公表済) | 115 | 6.6% |

※ 公表を開始した平成28年1月1日時点での全市区町村数(平成28年4月9日に熊本県に合併した旧鹿井町を割別に対上)

前年度始め8.0%から13.7%に上昇

http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_fr_000004.html

6. 都道府県別の「大規模盛土造成地の有無等の確認」の調査結果を公表した市区町村の割合 (H27.4.1現在)

| 都道府県 | 公表率 | 都道府県 | 公表率 | 都道府県 | 公表率 | 都道府県 | 公表率 | 都道府県 | 公表率 |
|------|-------|------|--------|------|-------|------|--------|------|-------|
| 北海道 | 14.8% | 埼玉県 | 69.8% | 静岡県 | 0.0% | 高知県 | 100.0% | 佐賀県 | 0.0% |
| 青森県 | 30.0% | 千葉県 | 0.0% | 静岡県 | 77.1% | 島根県 | 0.0% | 長崎県 | 0.0% |
| 岩手県 | 0.0% | 東京都 | 100.0% | 愛知県 | 7.4% | 岡山県 | 0.0% | 熊本県 | 0.0% |
| 宮城県 | 2.9% | 神奈川県 | 72.7% | 三重県 | 3.4% | 広島県 | 0.0% | 大分県 | 0.0% |
| 秋田県 | 0.0% | 新潟県 | 6.7% | 滋賀県 | 0.0% | 山口県 | 0.0% | 宮崎県 | 19.2% |
| 山形県 | 8.6% | 富山県 | 0.0% | 京都府 | 3.8% | 徳島県 | 0.0% | 鹿児島県 | 0.0% |
| 福島県 | 0.0% | 石川県 | 0.0% | 大阪府 | 2.3% | 香川県 | 0.0% | 沖縄県 | 0.0% |
| 茨城県 | 0.0% | 福井県 | 0.0% | 兵庫県 | 0.0% | 愛媛県 | 0.0% | | |
| 栃木県 | 0.0% | 山梨県 | 0.0% | 奈良県 | 0.0% | 高知県 | 2.9% | | |
| 群馬県 | 0.0% | 長野県 | 0.0% | 和歌山県 | 3.3% | 福岡県 | 0.0% | | |


赤字は%は前年度始めから公表率が上昇したところ

<http://www3.nhk.or.jp/news/html/20140501/k10014169701000.html>

地震被害相次ぐ盛土 公表進まず

2014年5月1日 19時06分 NHK News 7

<http://www3.nhk.or.jp/news/html/20140501/k10014169701000.html>



■ 大規模な住宅地は、かつて谷や斜面だったところに土を盛って平らに造成したところが多く、こうした「盛土」の宅地では、阪神・淡路大震災や東日本大震災などで被害が相次いでいます。国は防災対策を進めるため、全国の自治体に盛土の宅地の分布状況を調査して公表するよう求めています。公表している市区町村は僅か8%にとどまっていることが分かりました。

■ 大規模な住宅地は、かつて谷や斜面だったところに土を盛って平らに造成したところが多く、こうした「盛土」の宅地では、阪神・淡路大震災や東日本大震災などで被害が相次いでいます。国土交通省は宅地の防災対策を進めるため、8年前から全国の自治体に盛土の宅地を調査して地図を公表するよう求めています。先月1日現在の進捗（しんちよく）状況を1日公表しました。それによりますと、全国の1742の市区町村のうち、調査を完了したのは全体の35%の601にとどまり、さらに調査結果を公表したのは僅か8%の139でした。一方、調査が完了したのに結果を公表していない市区町村は462に上っていて、地震で被害を受ける可能性がある盛土が、どこにあるのかわからない状況が浮き彫りになりました。公表していない自治体は、NHKの取材に対し、**すべての盛土が危険なわけではないのに住民の不安をおおるおそれがある**、**不動産価格への影響が懸念される**などとしています。国土交通省は宅地は平たんになっているので盛土の場所を見分けるのが難しく、住民に気付いてもらうためにも、まず公表すべきだとしています。

<http://www3.nhk.or.jp/news/html/20140501/k10014169701000.html>

古い盛土ほどリスク高く

■ 国土交通省が東日本大震災で盛土の宅地の被害を調べたところ、古い年代ほど被害が多かったということです。国土交通省は3年前の巨大地震で盛土の宅地での被害が出た、東北と関東の5つの県の197地区で造成された年代を調査しました。年代が分かった179か所の内訳は、**1960年代以前に造成された宅地が90地区と全体の半分以上**、**1970年代の宅地が25%に当たる46地区**、**1980年代は17%の31地区**でした。このうち、1960年代に造成された仙台市の折立地区の高瀬聡さんの宅地も崩れ、リフォームしたばかりの自宅が全壊しました。高瀬さんは36年前の宮城県沖地震で被害がなかったため、「地盤がここまで崩れるとは思っていませんでした」と話していました。仙台市の調査を続けている東北大学の風間基樹教授によりますと、特に被害が多い1960年代以前には宅地造成の規制がなく、盛土の一部では水を抜く対策などが不十分なため、崩れやすくなっている可能性があるとの指摘しています。これまでの調査で、盛土に地下水がたまり、土がもろくなっていたところが見つかっているということで、地下水を多く含む層が地震の激しい揺れで崩れ、盛土が崩壊したとみています。風間教授は、「昔の造成の技術が不十分だったことに加え、**経年劣化で水がたまり、地盤が緩んだりしたこと**も被害の原因だと考えられる。ふだんから地下にしみこんだ水を抜く排水工（口、溝）のメンテナンスをしないとリスクはどんどん上がっていくので、対策が必要だ」と話しています。また、国が自治体に盛土の宅地の地図を公表するよう求めていることについて「**リスクがあると思えば、地震保険に入ったり地盤の対策をしたりすることにつながるが、何も知らなければ、その必要性すら分からない、まずは情報を公表することが第一歩だ**」と話しています。

<http://www3.nhk.or.jp/news/html/20140501/k10014169701000.html>

公表している仙台市では

■ 仙台市は東日本大震災をきっかけに、多くの市民から自分の家の地盤は安全なのかという問い合わせが寄せられ、宅地が被害を受ける可能性を総合的に判断してもらうために**去年、盛土の地図を全国で初めて造成年代も含めて公表**しました。それによりますと、盛土は厚さに応じて黄色から赤色の暖色系の色を付けて表示しています。また、造成した年代を斜線で示す地図もあり、1950年代は赤、1960年代は濃いオレンジ、1970年代は薄いオレンジ、1980年代は緑で表示しています。仙台市開発調整課の伊藤真課長は、「東日本大震災で宅地の造成年代が非常に大切だと認識して、今回の地図を作成した。まずは情報を知ってもらって自分の宅地の安全性を確保してもらいたい」と話しています。

<http://www3.nhk.or.jp/news/html/20140501/k10014169701000.html>

広島市は未公表


■ 「盛土」で作られた大規模な住宅地について7年前にすでに調査を終えている広島市は、「住民の不安をおおるおそれがある」として、盛土の場所を示す地図を公表していません。市の面積の7割を山地が占め、平らな土地が少ない広島市では高度経済成長期に山沿いを中心に宅地が盛んに造成されました。その後、阪神・淡路大震災などを受け、広島市は7年前、古い地図と最近の地図を比べ、その地形の変化を手がかりに宅地造成で盛土されたところを調べました。その結果、大規模に盛土をした場所は316か所ありましたが、市は結果を公表していません。広島市宅地開発指導課の木村真治課長は、「大規模な盛土造成地が**すべて危険というわけではないのに、安易にホームページで公表してしまうと、市民の過度な不安や風評被害を招く**と懸念され、個別の問い合わせに対応する方法を取っている」と話しています。広島市は調査で判明した316の宅地については、盛土を支える構壁に亀裂がないかなどを現地で調べた結果、今すぐ対策が必要などところはなかったとしています。国が公表を求めていることについて「ホームページで公表したほうが市民の防災意識が高まるという考え方もある」として、今後、方法を検討していきたいとしています。

裁判例から見たリスク

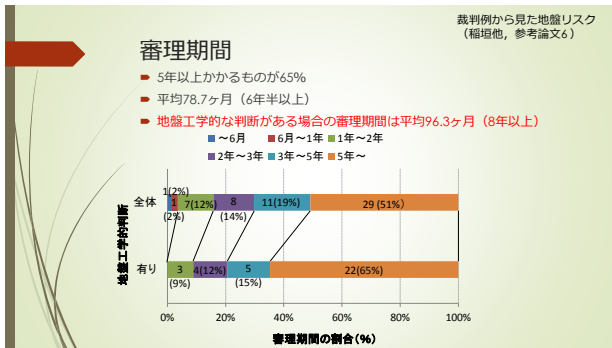
裁判例から見た地盤リスク
(福垣他, 参考論文6)

認容率 : 原告側の勝訴率

- 一般訴訟の場合 83.7% (平成17-21年の平均)
- 地盤リスクに関連した裁判 39%
- 医療関係訴訟事件 32.5%



| 勝訴状況 | 件数 |
|---------|----|
| 原告 全面勝訴 | 12 |
| 原告 部分勝訴 | 23 |
| 原告 部分敗訴 | 3 |
| 原告 全面敗訴 | 47 |
| その他 | 5 |



- 裁判例から見た地盤リスク
(稲垣他, 参考論文6)
- ### 様々な争点
- 原告適格性：原告側に訴える権利があるのか
 - 対象物が誰の所有でその管理者は誰か
 - 原因が予測可能であったか (異常な豪雨、強い地震などの場合、責任は問われないことが多い)
 - 原因は何か：例えば、地質・地下水・崩壊のメカニズムなど
 - 地盤工学的対応の適切性：調査、設計、施工、維持管理の仕方
 - コメント：リスクを恐れて保守的になる傾向がある。

- ### 大震災後の判例
- 擁壁の崩落によって建物の不同沈下事故
- 工務店側の主張：
- ✓ 震災のため、不可抗力
 - 震度5強程度では擁壁は壊れてはならない。周辺の擁壁の多くは壊れていない。
 - ✓ 予算面の話：予算面の多寡の事情があった
 - 安かろう、悪かろうは理由にならない
 - ✓ 18年の経年劣化
 - 18年程度では経年劣化はない

- ### 造成宅地地盤の地震災害リスクのまとめ
- 古い造成地に被害が多く発生
 - 盛土宅地の被害率が切土宅地の約4倍
 - 情報の適切な解釈
 - 盛土の被害率は、切土の4倍もある
 - 全体から見れば、被害は限られている (盛土宅地の被害率は4.8%、切土宅地の被害は1.1%)
 - 地盤情報の開示の必要性
 - 地盤情報は公のもの
 - 自分の所有地で地盤調査をする権利は所有者にあるが、その情報は個人が独占的に占有する権利はない。
 - 自分の土地の敷地に井戸を掘る権利はあっても、地下水を制限なく利用するのはできないのと同じ。
 - 宅地は個人の財産
 - 復旧を行政に頼るのは限界がある
 - 地盤の良否を自ら判断しなければならない
 - 専門家 (地盤品質判定士制度が新設) の適切なアドバイスを受け、地盤リスクを減らす

ご清聴ありがとうございました。

- ### 参考論文 (東日本大震災の造成宅地被害に関するもの等)
- 佐藤真吾, 風間基樹, 大野晋, 森友宏, 南陽介, 山口秀平: 2011年東北地方太平洋沖地震における仙台市丘陵地造成宅地の被害分析—盛土・切盛境界・切土における宅地被害率と木造建物被害率—, 日本地震工学会論文集, Vol.15(2015), No.2, pp.97-126. http://doi.org/10.5610/jaee.15.2_97
 - 風間基樹: 2011年東北地方太平洋沖地震による地盤災害と復興への地盤工学的課題, 東日本大震災に関する技術講演会講演会論文集 - 巨大地震・巨大津波がもたらした被害と教訓 -, pp.41-66, (2012.2.23).
 - 森友宏, 風間基樹, 佐藤真吾: 東日本大震災における仙台市の大規模造成宅地の地震被害調査—5つの造成地における全域調査—, 地盤工学ジャーナル, Vol.9, No.2, pp.233-253 (2014.6.30). <http://dx.doi.org/10.3208/jgs.9.233>
 - 若井明彦, 佐藤真吾, 三辻和弥, 森友宏, 風間基樹, 古閑潤一: 東北地方太平洋沖地震による被害調査報告: 地域別編-宮城県内陸-仙台市内の造成宅地を中心に, 地盤工学ジャーナル, Vol.7, No.1, pp.79-90(2012.3.28). <http://dx.doi.org/10.3208/jgs.7.79>
 - 森友宏, 風間基樹: 2011年東北地方太平洋沖地震における仙台市泉区の谷埋め盛土造成宅地の被害調査, 地盤工学ジャーナル, Vol.7, No.1, pp.163-173 (2012.3.28). <http://dx.doi.org/10.3208/jgs.7.163>
 - 稲垣秀輝, 他: 6裁判例から見た地盤リスク (地盤工学におけるリスクマネジメント), 地盤工学会誌, Vol.59, No.11, pp.98-105, (2011).