

調査地・調査時期

- 第一次調査 (3/27~30)
 仙台市太白区緑ヶ丘地区周辺
 仙台市青葉区折立地区周辺
- 第二次調査 (4/11~14)
 福島市福島市伏拝沼の上(あさひ台地)
 仙台市太白区緑ヶ丘地区周辺
- 第三次調査 (5/9~12)
 仙台市(西花苑、高野原、旭ヶ丘)
 白石市緑ヶ丘(旧寿山)周辺

土は「自然」と「人工」の 区別はつかない

- 重力移動体としては同じ構造
 自然地すべりも、谷埋め盛土滑動崩落も同じ現象

1. 地形・すべり面・地下水面は3次元構造
2. 底部すべり面強度は著しく弱い(ゼロ)
3. 側部・頭部は普通の強度(相対的に強い)

底部すべり面強度は著しく弱い(ゼロ)

- 自然地盤の地すべりでは、スメクタイトの残留強度+間隙水圧
もどから弱い!
- 人工盛土地盤の地すべりでは、盛土と地山の境界部の飽和地下水による過剰間隙水圧
揺れると弱い!

シリーズ

日本地すべり学会誌 Vol. 41 No. 1 (2004)
 堀井俊介・五十嵐敏幸・藤岡高明 (株式会社興和)

■切土斜面に現れたすべり面

新潟県東頸城郡

不動層を以て滑り、その下に5cm程度厚い粘土質のすべり面を形成している

のり面下方に認められる重力移動体のすべり面 (株式会社興和)

「目で見えるすべり面シリーズ」-9-

日本地すべり学会誌 Vol. 40 No. 3 (2003)
 須田大地 (国土防災技術)
 富野利夫 (ダイヤコンサルタント)
 雲尾均 (秋田県)

■新第三系硬質泥岩を基岩とする地すべりのすべり面

猿沢地すべり地 (秋田県)

No. 10号集水圏内のすべり面 (0L-26.0m) (2001年10月12日撮影)

No. 10号集水圏内のすべり面 (近隣) (2001年10月12日撮影) (本文参照)

安定解析に 土質試験結果が使えない理由

- 解析モデルがあまりにも正しくないから

すべり面 (Ff上面)
滑動部
抵抗部?

①: 固結土・風化岩など地すべり移動し難くなる地層

②: 海成層など、粘性土質土質特性が少なく、土質強度が小さく、不安定なすべり面を形成する地層

③: 砂層など粘性土質土質特性が少なく、すべり面をつくりにくい地層

全体として安全率(Fs) (滑動力<抵抗力)			
引張部 (滑動力<抵抗力)	引張部	2次元断面法 (逆算法) によるバランス	
引張部 (滑動力>抵抗力)	圧縮部?	地質的断面から推定されるバランス	

2次元断面法 (逆算法) による1円弧1直線型地すべり滑動力・抵抗力バランス

土工における地すべり側部の切土解析

◆◆断面の傾土は命取り◆◆

地すべりは、「ローラー滑り台」と同じように側部 (側壁) の摩擦で動きがコントロールされています。これを正しく解析するには、二次元法はもとより、傾度を平均化した三次元法でも不可能です。

Roller Slider Theory

すべり面強度
Cr=14.6kPa
φr=14.45°

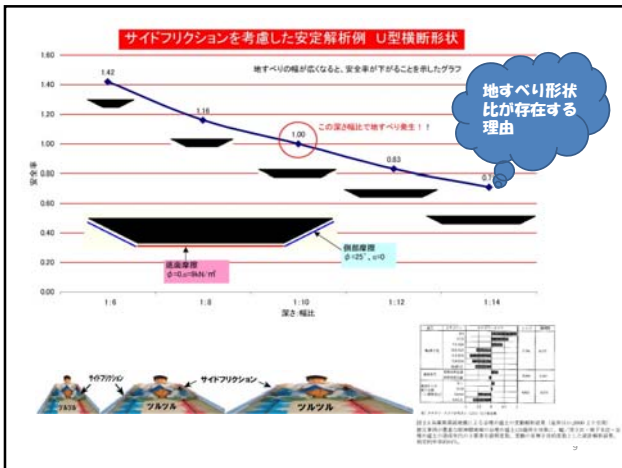
側部せん断強度
Cr=144.5kPa
φr=40°

切土法面

側部摩擦なし

側部摩擦あり

地すべりは、側部の摩擦で踏ん張っている!



2011年東日本大震災 あさひ台団地 (福島市)

1969年開発開始---1974年には完了

あさひ台団地

典型的な谷埋め盛土地すべり

A地区 12,000㎡
B地区 3,000㎡
C地区 240,000㎡

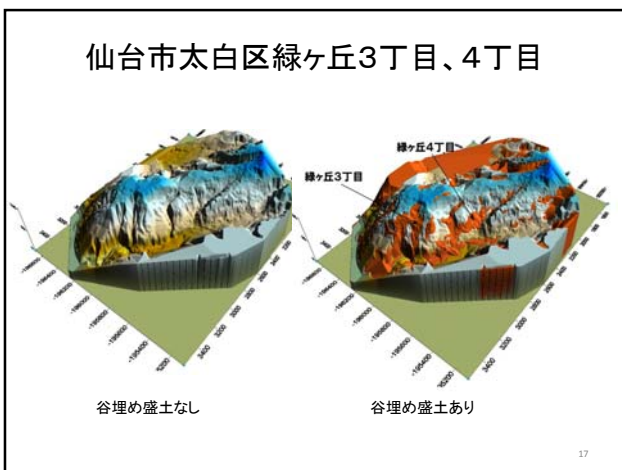
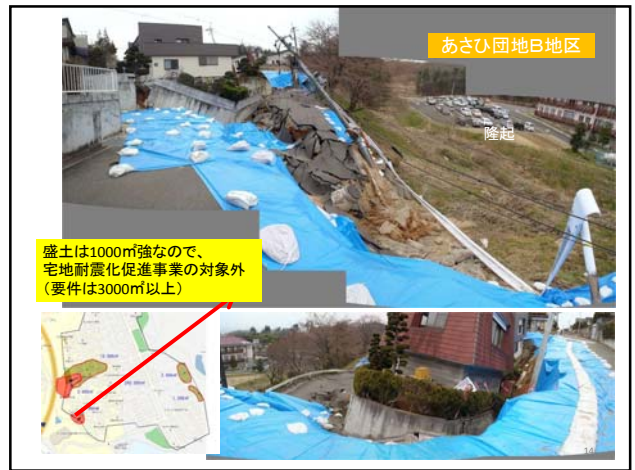
埋め立て(谷埋め)部の地質的断面

変動地面積率 (12000+1000+3000+1300) ÷ 240000 = 7.2%

阪神の事例: 造成地内の3.2(谷埋) + 1.8(池埋) = 5%の盛土が変動した
盛土の賦存率は、谷埋8.5%、池埋1.8%、合計10.3%

(資料作成)

あさひ台団地A地区



緑ヶ丘3丁目北側ブロック



図3.3 北ブロック地すべり調査結果
(1978年宮城総沖地震でも、ほぼ同様の位置に亀裂の発生・露り取り調査による)



図3.9 北ブロック内の地すべりブロック調査結果

村尾英彦氏(村尾地研)撮影

緑ヶ丘3丁目南側ブロック



図3.4 1978年宮城総沖地震後
図3.5 2011年東北地方太平洋沖地震後



図3.6 1978年宮城総沖地震後
図3.6 1ブロック中観測線の地質調査状況

村尾英彦氏(村尾地研)資料

緑ヶ丘3丁目の既存地すべり対策工

人工地盤は、土塊自体も脆弱なので変形する
(自然地すべりとの違い)

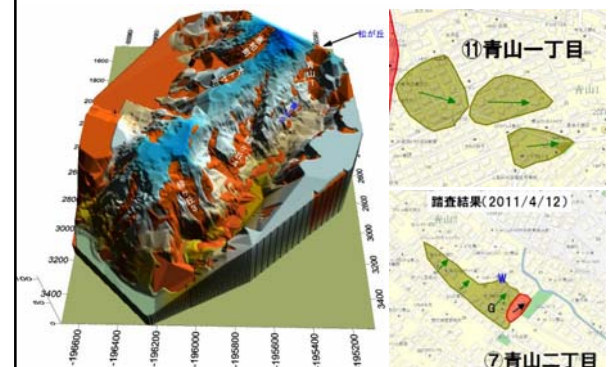


村尾英彦氏(村尾地研)作成

緑ヶ丘4丁目



青山1丁目、2丁目



青山2丁目 非常に小規模な腹付け盛土

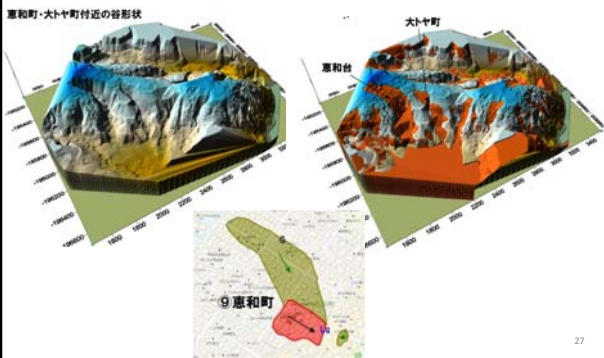


25



26

恵和町(噴砂跡)あり



27

恵和町



28

恵和町(傾いたアパートと液状化の位置関係)

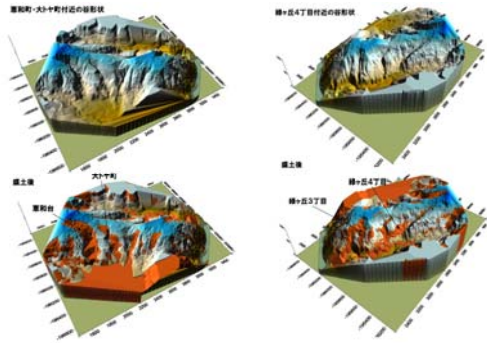


ガス緊急工事の路地は切盛境または盛土内の変動レベルの境界部が多い

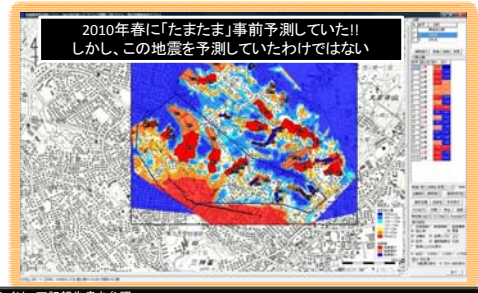


30

太白区の谷埋め盛土地形



事前予測例



詳しくは、下記報告書を参照
 (国土交通省総合プロジェクト)
高度な数値処理による減災を目指す国土の監視技術の開発総合報告書平成22年12月
 国土地理院技術資料 C-11-No.400、地盤脆弱性評価システムは、報告書p127~143

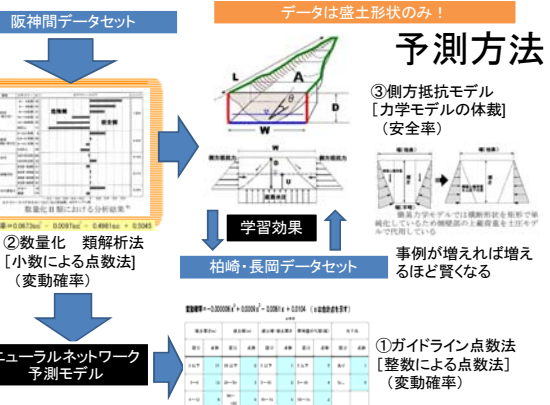
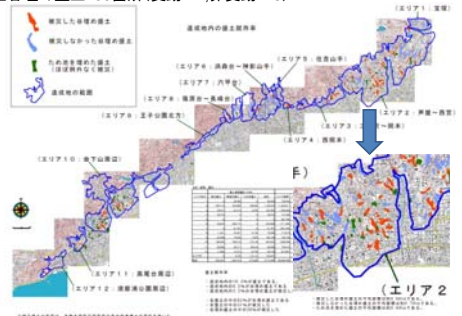
予測結果

①	②	③	備考
太白区	予測	予測	
1. 太白区上段	4% X	26% X	1.19 O
2. 太白区中段	2% X	26% X	0.88 O
3. 太白区下段	66% O	92% O	0.81 O
4. 太白区	大案	大案	大案
5. 太白区	大案	大案	大案
6. 太白区	大案	大案	大案
7. 太白区	大案	大案	大案
8. 太白区	大案	大案	大案
9. 太白区	大案	大案	大案
10. 太白区	大案	大案	大案
11. 太白区	7% X	13% X	1.15 O
12. 太白区	41% O	92% O	0.84 O
13. 太白区	7% O	21% O	1.13 O
14. 太白区	2% O	21% O	2.07 O
15. 太白区	4% O	25% O	1.08 O
16. 太白区	7% O	21% O	1.30 O
17. 太白区	7% O	26% O	1.10 O
18. 太白区	10% O	26% O	1.50 O

- ①ガイドライン点数法 (変動確率) 非変動評価に偏る
- ②数量化解析法 (変動確率) やや非変動評価側
- ③側方抵抗モデル (安全率) 変動盛土の中率良好

予測方法

全ての始まりは、釜井先生の阪神間データセット
 全谷埋め盛土239箇所(変動111,非変動128)



長所・短所

- ①ガイドライン点数法 (変動確率)
- ②数量化解析法 (変動確率)
- ③側方抵抗モデル (安全率)

- ①および②の方法は、阪神間データセットに縛られる。
- ③の方法は、汎用化モデルのため、新たなデータセットでキャリブレーションし、学習させられる。
- ③の方法は、谷埋め盛土だけでなく腹付け盛土にも応用可能。

①②は阪神間データセットでの的中率は高いが、他の地域での的中率は低い。
 ③は、他地域のデータセットでも学習するための的中率が高いパラメータをキャリブレーションで求めることができる。

簡易力学モデル・側方抵抗モデル (太田-榎田モデル・統計的側部抵抗モデル)

簡易力学モデル (土質力学モデルと認めたい人の影響を受けた名称)
統計的側部抵抗モデル (土質力学モデルと認めたい人の影響を受けた名称)

安全率の算定

$$F_s = \frac{R}{T}$$

安全率

$$T = W_1 \cdot \sin \theta + W_2 \cdot R_0 \cdot \cos \theta$$

滑動力 (kN)

$$R = R_0 + R_1 - W_1 \cdot R_0 \cdot \sin \theta + W_2 \cdot \tan \phi_2$$

抵抗力 (kN)

$$R_0 = c_1 \cdot A_1 + P \cdot \tan \phi_1$$

側方抵抗力 (kN)

$$R_1 = c_2 \cdot A_0 + (W_1 - U_1 - U_2) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi_2$$

底面抵抗力 (kN)

$F_s = \frac{\text{底面抵抗力} + \text{側面抵抗力}}{\text{滑動力}}$

$W = \sin \theta$
 θ が小さいので滑動力は一般に小さい

過剰間隙水圧が作用すると
 抵抗力が小さくなる
 (土質力学モデルと認めたい人の影響を受けた名称)

なにかあって
 ほとんど変化なし
 (土質力学モデルと認めたい人の影響を受けた名称)

土質力学モデルと認めたい人の影響を受けた名称

側方抵抗モデル

表 3-2-8 3地区のキャリブレーション結果 (最適フィッティング値)

変動盛土の正答率が100%となる設定		変動・非変動盛土の正答率の合計が最大となる設定		変動盛土の正答率が90%以上で非変動盛土の正答率が最大となる設定	
過剰間隙水圧高(m)	4.5	3.0	4.4	3.0	4.4
水の単位重量(kN/m ³)	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
単位体積重量(kN/m ³)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
側面粘着力(kN/m ²)	25.0	39.0	39.0	39.0	39.0
側面内部摩擦角(°)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
底面粘着力(kN/m ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
底面内部摩擦角(°)	36.0	25.0	33.0	25.0	33.0
側方土圧係数	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
水平震度k _h	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
正答率	変動盛土 100%	変動盛土 85%	変動盛土 91%	変動盛土 91%	変動盛土 91%
	非変動盛土 38%	非変動盛土 98%	非変動盛土 79%	非変動盛土 79%	非変動盛土 79%

下記報告書より抜粋
 (国土交通省総合プロジェクト)
 高度な情報処理による減災を目指す国土の監視技術の開発総合報告書 平成22年12月
 国土地理院技術資料 C-1-No.400、地盤脆弱性評価システムは、報告書p139

予測結果

観測地点	変動確率	変動確率	変動確率	変動確率	変動確率
1. 緑ヶ丘3丁目北側	7%	26%	1.19	○	○
2. 緑ヶ丘3丁目南側	2%	26%	0.88	○	○
3. 緑ヶ丘4丁目	8%	92%	0.81	○	○
4. 緑ヶ丘5丁目	—	—	—	—	—
5. 緑ヶ丘6丁目	16%	41%	1.11	○	○
6. 緑ヶ丘7丁目	6%	26%	1.00	○	○
7. 緑ヶ丘8丁目	16%	13%	1.01	○	○
8. 緑ヶ丘9丁目	22%	84%	0.88	○	○
9. 緑ヶ丘10丁目	—	—	—	—	—
10. 緑ヶ丘11丁目	—	—	—	—	—
11. 緑ヶ丘12丁目	7%	13%	1.15	○	○
12. 緑ヶ丘13丁目	41%	92%	0.84	○	○
13. 緑ヶ丘14丁目	7%	21%	1.13	○	○
14. 緑ヶ丘15丁目	2%	21%	2.07	○	○
15. 緑ヶ丘16丁目	4%	35%	1.08	○	○
16. 緑ヶ丘17丁目	7%	21%	1.30	○	○
17. 緑ヶ丘18丁目	7%	26%	1.10	○	○
18. 緑ヶ丘19丁目	10%	26%	1.50	○	○

① ガイドライン点数法 (変動確率) ほとんど当たらない
 ② 数量化解析法 (変動確率) あまり当たらない
 ③ 側方抵抗モデル (安全率・変動指数) よく当たる

日本のモデルに脱皮

盛土の地震時変動の危険度評価システム

Ohta-GEO System

国土地理院からもうじき無償公開されるはず

サポート(?)は地理院

福島市・仙台市太白区のまとめ

福島市あさひ台は典型的な谷埋め盛土地すべりである。
(切土部では変動していない。)

仙台市太白区では、1978年に変動しなかった盛土が今回は変動している。
(震度・周期・継続時間の違いか?)

緑ヶ丘3丁目では、1978年に変動した盛土に対策工がなされた箇所が再度滑動している。対策工要再検討
(土塊自体が脆弱な盛土には待ち受け型ではダメ?)

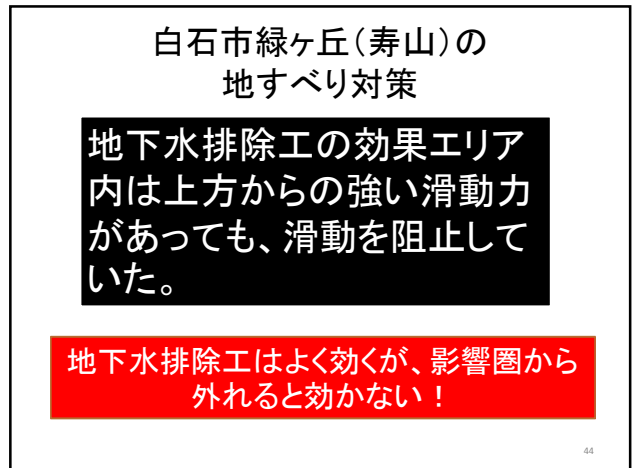
事前予測は、側方抵抗モデルが適切に危険度評価をしている。
(点数法の成績は悪い)

白石市緑ヶ丘(寿山)(5/9-12)

78年より頭部は広い範囲

集水井対策エリアは動かず

1978年に宅地造成中だった箇所
置しく崩れたので、市が買い上げて公園化



ローラースライダーモデルからの帰結

滑りにくい

滑り易い

身近で思いつものはないですか？

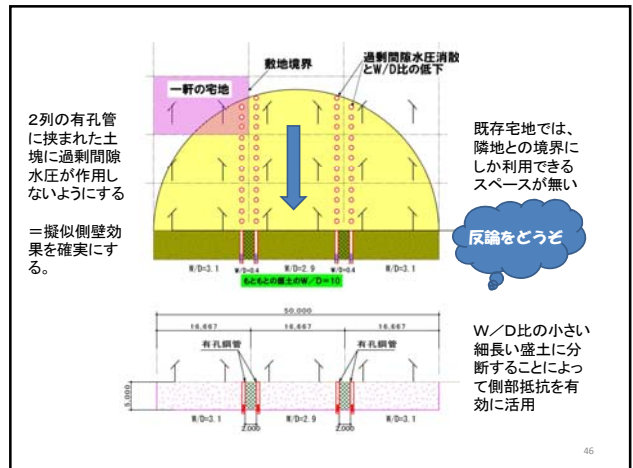
ローラースライダーモデル
(底面に著しく抵抗が小さく、側面に抵抗あり)

(1)側部(不飽和部)の摩擦抵抗を大きくする
幅/深さ比(W/D比)を小さくする工夫・・・1ユニットの幅を狭くする

幅/深さ比が同じ場合、変形は抑えきれない。
太白区緑ヶ丘3丁目で盛土変形が発生したことと整合

(2)底部(飽和部)の摩擦抵抗減少を小さくする
地震動により底面付近の飽和地下水に過剰間隙水圧が発生するのを押さえる・・・ローラー一部の滑りを抑制する

白石市緑ヶ丘で集水井影響エリアが動かなかったことと整合



変動予測・対策

- **変動予測は、果たして可能なのか？**
予測できなければ対策をするかどうかの選択すらできない。
予測は側方抵抗モデルでできそうだ！
- **事前対策は、果たして可能なのか？**
対策できなければ、怖いだけ。むしろ予測が無い方が良い(?)
W/D比改善と過剰間隙水圧消散でできそうだ！

凝り固まった常識との決別ができれば・・・
安定計算は2次元断面法で行うものだ・・・側部抵抗が余剰
滑り面は強度を持つものだ・・・過剰間隙水圧発生時はフリクションレス
滑り方向に直交して杭は打つものだ・・・待ち受け型は変形を抑えられない
地下水は必ず排除すべきものだ・・・排除すべきは過剰間隙水圧

何事においても別れは難しい！



西花苑(5/9-12);地すべり



盛土滑りに見えますが、実は地山の地すべりです

家屋の躯体が壊れないのが驚き!



西花苑

宅地が滑ったらすべて盛土地すべりというわけではありません

これは地山

第三紀層の地すべり(盛土部は少ない)




高野原(仙台市)

ガイジンから調査してほしいと釜井先生にDM




51

仙台市 旭ヶ丘(5/9-12)

圧縮変状

引張変状

家が裂ける

通路がかまぼこ





丘陵地にも液状化(旭ヶ丘)

どこの土を盛るとこんなことになるのか?





10年前の写真

- 有限会社太田ジオリサーチ
- 代表取締役
- 〒651-1432
- 兵庫県西宮市すみれ台3丁目1番地
- TEL.078-907-3120/FAX.078-907-3123
- ohta@ohta-geo.co.jp
- http://www.ohta-geo.co.jp
- 技術士(応用理学-地質)
- 技術士(建設-土質及び基礎)
- 技術士(森林-森林土木)
- 技術士(総合技術監理-森林土木)
- APECエンジニア(Civil)



54