

都市部に隠れた地震時盛土地すべりとその課題

太田英将 (有限会社太田ジオリサーチ)

キーワード：地震時地すべり，盛土，過剰間隙水圧，過剰間隙水圧消散工，滑動崩落

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震で阪神間にあった谷埋め盛土406箇所のうち、229箇所が地すべり的な変動をした¹⁾。406箇所のうち107箇所は溜池を埋めた盛土(池埋め盛土)で、100%変動したため、変動メカニズムの解明には使えなかった。

池埋め盛土を除く299箇所の盛土のうち、122箇所が変動した。変動率に換算すると40.8%である。

その後の大地震でも、表1のように高い変動率が推計されている²⁾。

表1 大地震の盛土地すべり発生率

地震名	変動率	記事
1995年 兵庫県南部地震	40.8%	阪神間299箇所中
	(62.2%)	震度6強地域のみの集計値
	(100%)	溜池を埋めた盛土
2004年 新潟県中越地震	62.9%	長岡市内35箇所中
2007年 新潟県中越沖地震	36.2%	柏崎市内58箇所中
2011年 東北地方太平洋沖地震	61.1%	仙台市太白区緑が丘周辺18箇所中
	33.8%	仙台市全体1697箇所中
平均盛土変動率 43%		

2006年に成立した改正宅造法により大規模盛土造成地の変動予測をすることとなった。盛土の抽出は全国ですでに完了しているが、第二次スクリーニングが完了した箇所は全体の5%強程度である(令和3年度末時点)。

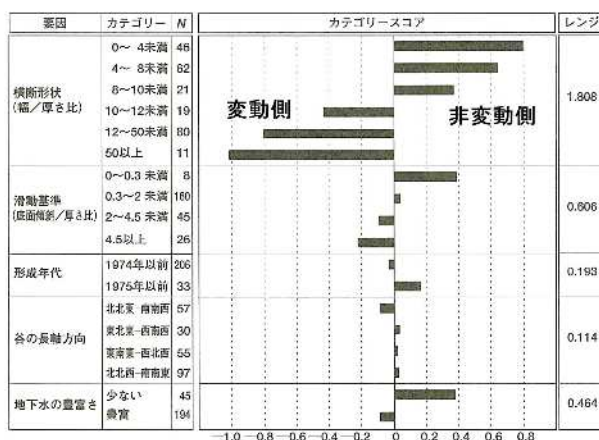
そして、第二次スクリーニングで危険判定された盛土は、0.1%のみである。実際の大地震で発生した平均変動率43%と比較して、あまりにも大きなこの違いがどのようにして生まれたのか、どう正していくべきなのかについて、以下に説明する。

2. 盛土の地震時地すべりメカニズムの解明

1995年兵庫県南部地震で発生した谷埋め盛土

の地震時地すべりでは、同じ地区内の、同様の地盤条件にも関わらず変動盛土と非変動盛土が混在していた。

変動・非変動を再現する試みが、小林慶之³⁾、釜井俊孝ほか^{4) 5)}で行われ、盛土の横断形状、すなわち幅/深さ比が他の要因と比較して圧倒的に影響力が大きいことがわかった。(図1参照)



注) カテゴリースコアが大きい(正に)ほど安全額。Nはサンプル数

図1 盛土変動要因の分析結果⁵⁾ (数量化II類)

太田英将⁶⁾は、幅/深さ比が変動・非変動を決定づける最大要因ということを力学的に解析するため、図2のような簡易安定計算モデルを提案した。幅/深さ比が大きいほど変動しやすくなるという現象は、底面の抵抗強度が小さく、側面のそれが大きい組み合わせの場合に起きるので、それを力学モデル化したのである。

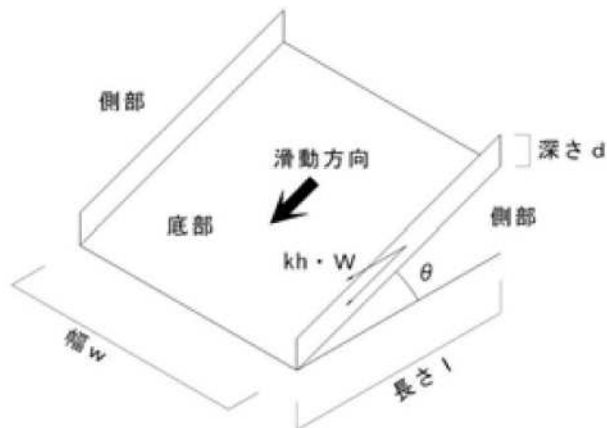


図2 簡易安定計算モデル(側方抵抗モデル)⁶⁾

日本地すべり学会宅地谷埋め盛土の地震時地す

べりに関する検討委員会⁷⁾は、実際に兵庫県南部地震で発生した変動・非変動盛土の谷形状データを組み込んで、現象の再現性を検証した。表中の3番目の側方抵抗モデルは、驚くほど見事に実現象を再現した。いずれの方法でも盛土底面に過剰間隙水圧が発生することが前提となっている。

表2 各安定解析モデルの検証結果⁷⁾

安定解析手法	評価	
①通常の2次元安定解析	現象の再現性無し	×
②側方抵抗を考慮した2次元安定解析	比較的良好に再現した	○
③側方抵抗モデル	最も良好に再現できた	◎
④3次元安定解析	検証不十分	?

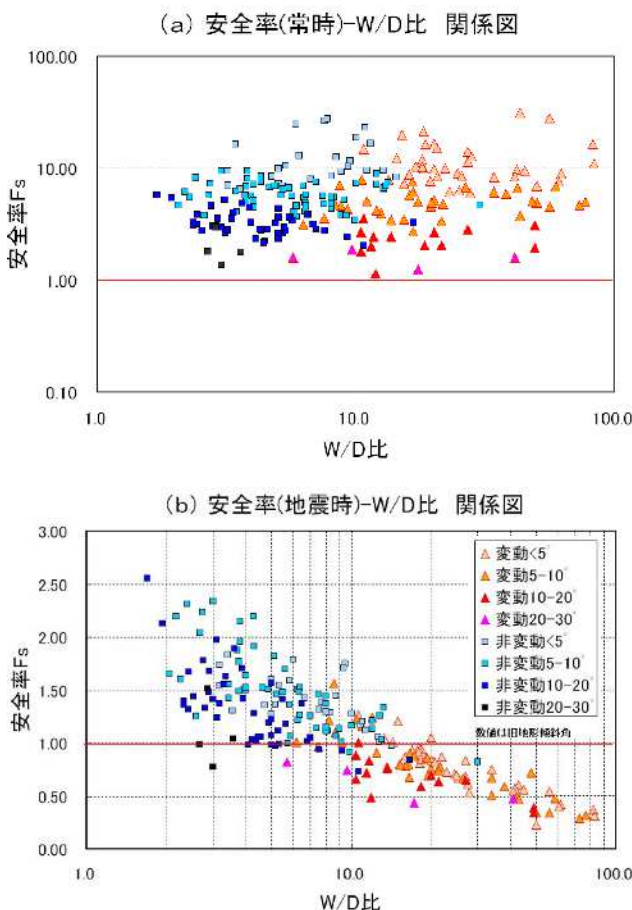


図3 側方抵抗モデルの検証結果⁷⁾
 (a) 2次元解析では安全率の差は出ないが、(b) 地震時には変動・非変動が明瞭に分離できる

表2及び図3は、2006年の改正宅造法成立直前に検討された方法論であり、阪神地区の実現象データのみが解析に供されていた。

その後、中埜貴元ほか⁸⁾で、中越地震・中越沖

地震の実現象データも組み込んで検証を行った結果、側方抵抗モデルは、地域や地質の違いに関係なく同一の土質パラメータで実現象を、高い精度で再現できることが実証された。そして、国土地理院は、そのシステム(図4)を無償公開した。

この方法により、盛土の「器」の形状のみの情報で、80%以上の精度で危険性のある盛土を抽出できるようになった。

実際、東日本太平洋沖地震の1年前に仙台市太白区緑が丘周辺の谷埋め盛土の危険度評価を行っていたところ、側方抵抗モデルで2011年の地震で盛土の変動・非変動をほぼ100%正しく予測していた⁹⁾。

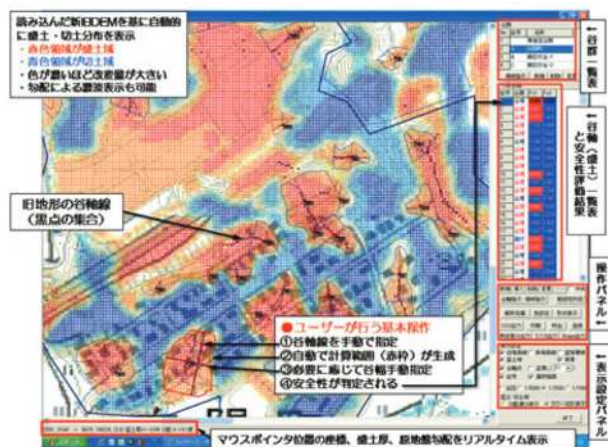


図4 安全性支援システムの画面⁸⁾
 造成前後のDEMがあれば半自動で盛土の抽出と安定度評価ができる

3. 福島第一原発の盛土地震時地すべり

2011年東日本大震災(災害名称)では、福島第一原発の施設内で盛土の地震時地すべりが発生し、これが唯一生き残っていた地上給電系統を破壊して、全電源喪失に至らした¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。

東京電力¹²⁾はその盛土崩壊に対して、ボーリング調査、力学試験を行い、そのデータを用いて2次元安定解析を静的・動的の両方で実施したが、いずれの結果も安全率 $F_s > 1.00$ となった。これは、事前に調査していても従来の方法(2次元解析・過剰間隙水圧を考慮しない)では危険性を事前に把握できなかったことを意味する。

また、造成盛土の地震時地すべりでは、盛土の締固めが弱かったことが原因と指摘されることが多いが、当該盛土はN値=5~7と、盛土としてはN値が高い部類であり、決して締固めが弱いものではなかった。

鈴木雅一¹³⁾の論文に掲載されている造成前後の地形情報を用いて側方抵抗モデルで検討したところ、崩壊した盛土のみが安全率1.00を下回

っていた（図5, $F_s=0.8$ ）。

また、楕円弧で試行計算する3次元安定解析（2次元法の試行円弧スベリ解析に相当）を実施したところ、図6に示すように最小安全率が $F_s=0.7$ となり、崩壊形状も実際の崩壊に近いものが再現された¹¹⁾¹²⁾。

なお、このときに盛土底面には、過剰間隙水圧比 $=0.33$ を作用させている。この値は、次の方法で、側方抵抗モデルの最適パラメータから導いたものである。

すなわち、側方抵抗モデルのデータセットの平均盛土層厚 $D=5\text{m}$ 、単位体積重量 $\gamma=18\text{kN/m}^3$ 、変動・非変動盛土の正答率の合計が最大となる最適パラメータの過剰間隙水圧高 $\Delta U=3.0\text{m}$ 、水の単位体積重量 $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$ なので、過剰間隙水圧比 $=\Delta U \times \gamma_w \div (\gamma \times D) = 0.33$ となる。

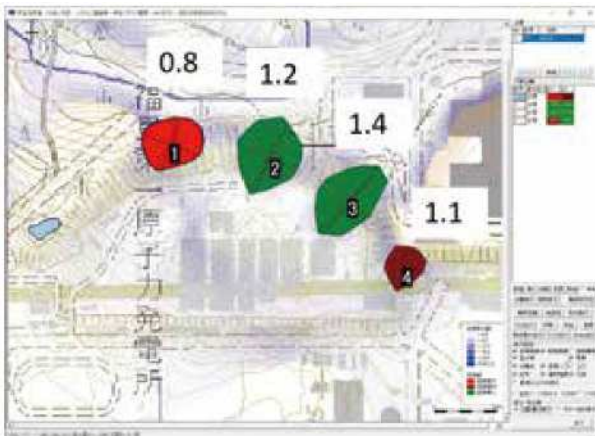


図5 側方抵抗モデルを用いた評価結果
土砂が送電線鉄塔を倒壊させた崩壊は $F_s=0.8$ のものである

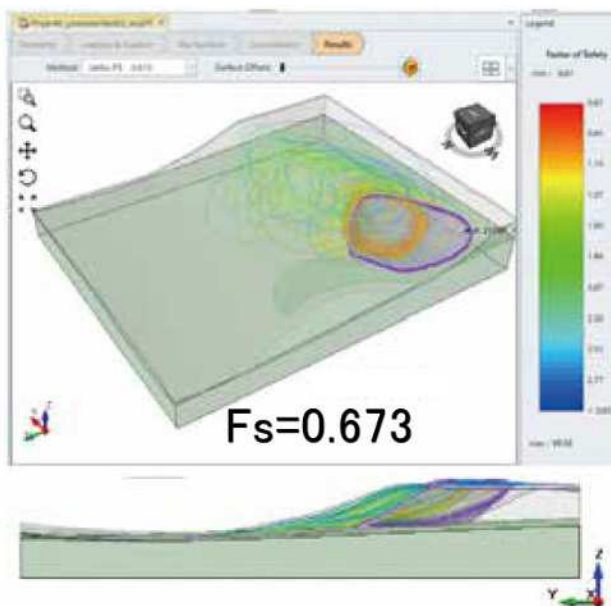


図6 3次元安定解析結果
Rocscience社のSLIDE3で計算した

4. 事業で考慮されなかった過剰間隙水圧

幅/深さ比が大きい盛土ほど変動する現象は、底面強度と比べて側面強度が大きい場合に起こる。

底面強度が著しく低下する理由として、地震時に盛土底面に過剰間隙水圧が発生すると考えた。

その理由は、盛土のサウンディング調査を行うと、盛土と地山との境界部に空洞化している部分が存在することが多く、大きな振動があると、この部分が崩壊して上載荷重が過剰間隙水圧を発生させるからである（図7）。

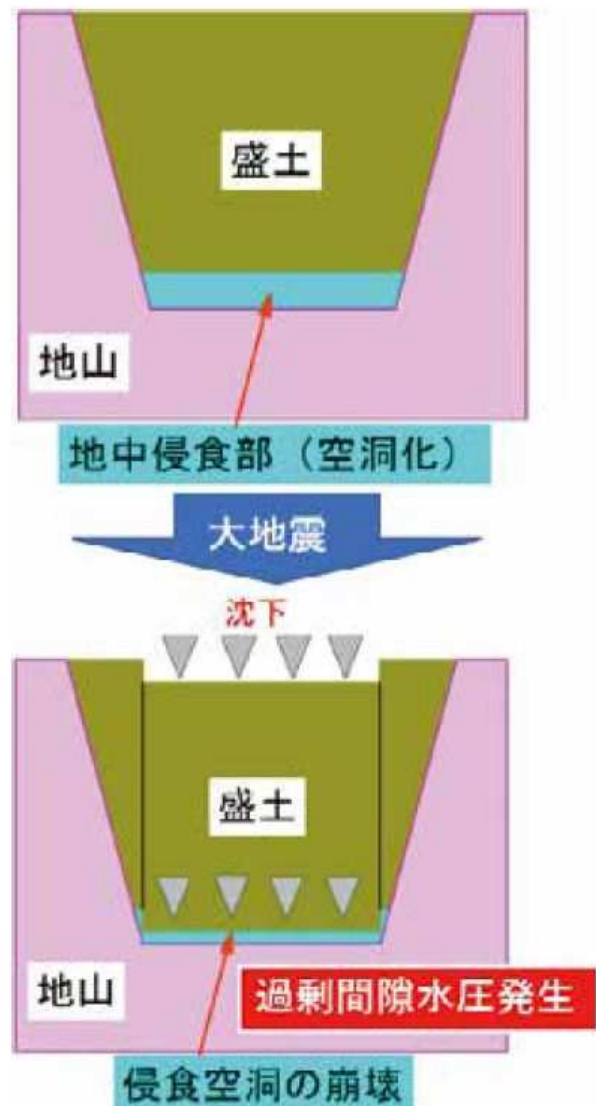


図7 盛土の地震時地すべりの地中イメージ¹¹⁾

ところが、2006年の宅造法改正後に創られた宅地耐震化推進事業のための「大規模盛土造成地の変動予測ガイドライン」には、安定計算の方法として「すべり面が液状化しないことを前提とした2次元安定解析」を行うことが標準とされた。盛土底面は一般に低角度なので、過剰間隙水圧

を考慮しなければ、安全率が 1.00 を下回ることがほぼ無い。このことが、第二次スクリーニングを終えた盛土の中で危険度判定されたものが 0.1% しかないことの原因である。

この「液状化」という用語は、地下水以下の緩い沖積砂層に起きる現象をさす。盛土は粘土分を多く含んだ中間土なので、液状化判定をすると液状化に対する抵抗率 FL 値が、液状化の目安となる 1 を下回ることがほとんどない。

また、前述したように側方抵抗モデルから導かれる過剰間隙水圧比は 0.33 程度である。この値は、道路土工軟弱地盤対策工指針¹⁴⁾によれば、FL 値 > 1.0 なので「液状化しないと判定される領域」にある (図 8)。

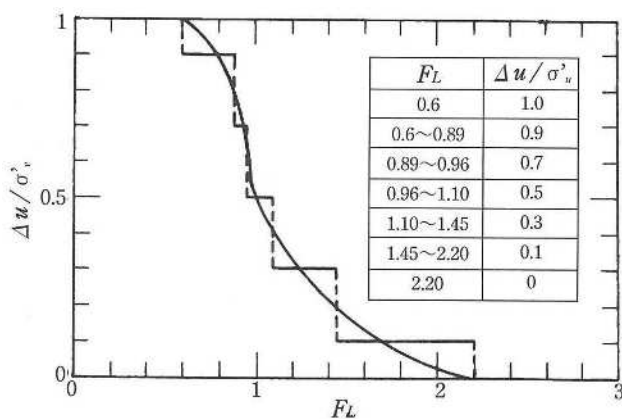


図 8 FL 値と過剰間隙水圧比の関係図¹⁴⁾
過剰間隙水圧比 0.33 は、FL 値 > 1 の領域であり「液状化しない」と判定される

すなわち、盛土の地震時地すべりの安定解析においては、「液状化するか否か」ではなく、過剰間隙水圧比そのものを安定計算に組み込む必要がある。また、その過剰間隙水圧は図 7 に示したように沖積砂層とは発生原理が異なるので FL 値から求めるのも適切ではない。



写真 1 盛土と地山との境界の空洞
(2021 年滋賀県湖西道路で釜井俊孝撮影)

筆者は、過剰間隙水圧は写真 1 に示すような地

中侵食による空洞 (あるいは大きな緩み領域) の崩壊で発生するので、その物性を土質試験で計測することは不可能だと考えている。

このため、実際に発生した現象を実測値に基づいて再現計算し、統計的に過剰間隙水圧比を導くことが最適である。すなわち、側方抵抗モデルの最適パラメータを導き出す方法と同じである。

5. 第二次スクリーニング結果の再評価

行政が実施した業務結果は、個人情報等を除いて情報公開請求によって多くは開示される。

ある政令指定都市 (K 市) で実施された第二次スクリーニング結果¹⁵⁾を再評価した結果を表 3 に示す。表 4 には、各盛土の諸元情報を示す。

K 市の第二次スクリーニング結果では全箇所変動しないとの評価だったが、過剰間隙水圧の発生を前提とした側方抵抗モデルで再評価すると半数は変動する判定となった。

なお、K 市の独自基準で、細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$ または塑性指数 $I_p \leq 15$ を液状化の可能性ありとしていたが、全箇所その対象から外れており過剰間隙水圧を考慮していない。盛土は細粒分を多く含む中間土のことが多いので、この判定法で液状化対象の土層とはならないのが普通である。

表 3 盛土安定度の再評価結果

盛土番号と型	第二次スクリーニング結果		側方抵抗モデルの評価結果	
	安全率	判定	安全率	判定
No. 1 谷埋め型	3.90	○	1.34	○
No. 2 谷埋め型	1.32	○	1.16	△
No. 3 腹付け型	1.20	○	1.05	△
No. 4 谷埋め型	1.28	○	0.93	×
No. 5 腹付け型	2.54	○	0.59	×
No. 6 谷埋め型	1.70	○	0.88	×

○ : 非変動判定, △ : 境界領域, × : 変動判定

表 4 各盛土の諸元情報¹⁵⁾

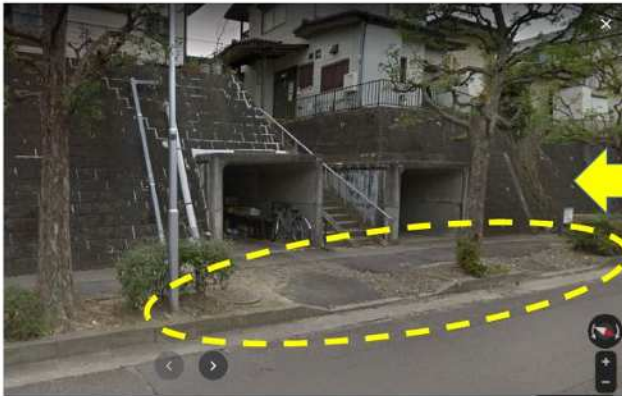
	D	θ	N 値	γ	c	ϕ
No. 1	10.8	5.0	2~3	14.3	83.5	12.8
No. 2	10.0	8.6	1	16.3	38.0	14.4
No. 3	8.90	11	2~3	14.2	30.7	18.5
No. 4	7.20	15	0~2	17.6	29.4	19.6
No. 5	2.80	24	7~12	18.5	30.0	15.0
No. 6	6.95	7.6	0~3	18.0	57.5	18.8

D (m) : 盛土厚さ, θ (°) : 旧地盤の平均角度, γ (kN/m³) : 盛土の単位体積重量, c (kN/m²) : 盛土の粘着力, ϕ (°) : 内部摩擦角

6. 2022 年 3 月の仙台市再度災害¹⁶⁾

仙台市は、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震によって、数多くの盛土造成地の滑動崩壊が発生した。そして、これらの被害を復旧するた

めに、抑止工を中心とした対策工法が実施された。ところが、仙台市内では、2022年3月16日に発生した福島県沖を震源とする地震(仙台市内の最大震度5強)で数多くの再度災害が発生した。再度災害の中には、盛土の剛性が弱いことによる「変形」が原因の現象もあるが、滑動崩落現象が再発したと強く疑われる場所もあった。詳細な調査が実施されていないので推測の域を出ないが、仙台市青葉区西花苑二丁目の事例を紹介する。ここでは、2011年と同様の変状被害が発生した(写真1)とのことである。



2011年10月撮影(Googleストリートビュー)
※東北地方太平洋沖地震における歩道部の変状



2022年3月16日の福島県沖地震で被災
※歩道部が連続して隆起により変状

写真2 変状被害の状況¹⁶⁾



図9 仙台市西花苑二丁目の再度災害断面図

対策工断面図を図9に示す。土塊の中央部付近に抑止杭が設置されている。杭よりも上方の移動土塊は杭によって移動が制限されているので、滑動したのは杭の下流側である。くさび杭で設計されているとのことなので、杭背面の有効抵抗力が十分にあったはずだが、震度5強の揺れを受けて杭下流側の土塊は安全率 $F_s < 1.0$ となった。

この断面図で杭下流側が $F_s < 1.0$ となるための試算を水圧を考慮せず実施したところ、すべり面強度は $c=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=0.15^\circ$ と逆算された。すべり面強度が、ほぼゼロでないと滑動しないのである。そのようなゼロ強度は、通常の間接土が材料の盛土では、過剰間隙水圧を抜きにして説明することはできない。



写真3 全てのガレージの奥に水が溜まった

現地見学に行ったのは、福島県沖地震から約4か月後であるが、被害があった通りの全てのガレージの奥に水が溜まっていた(写真3)。ガレージの奥に水が溜まるのは大雨・大雪の直後など以外にはないのが普通である。何らかの異常事態が

起きているものと推測した。具体的には、土の中で発生した過剰間隙水圧を解消するために、地下水が時間をかけて絞り出されてきているのであろう。これは地中に過剰間隙水圧が発生したひとつの証拠と考えられる。

7. 2011年白石市緑が丘の非変動事例

盛土の地震時地すべりと有効な対策工を考える上で貴重な情報が、2011年東北地方太平洋沖地震時の白石市緑が丘にある。ここは、1978年の宮城県沖地震の時に造成中で、造成盛土が大きく崩れたため、その後公園に用途変更された場所である。当時は寿山と呼ばれていた。

公園化されたのちに、2基の集水井が施工されたようである。

2011年の地震後に訪れると、公園の上部は広い範囲で地すべりを引き起こしていた。一方、公園の下部の集水井の集水ボーリング管到達エリアに限って変動していなかった。



写真4 集水ボーリング到達外の大変動



写真5 集水ボーリング到達域は変動せず

集水井の集水ボーリング管到達範囲に限って変動しなかった理由は、集水ボーリング管が過剰間隙水圧消散効果を発揮したものと考えられる。

集水ボーリング管は、斜面上方の地下水も排水する効果がある。しかし、地震に伴う急激な過剰

間隙水圧上昇に対して水圧消散効果を発揮するためには、近い位置に有孔管がある必要があると考えられる。すなわち、地下水位を低下させる効果だけでは過剰間隙水圧を消散することはできず、有孔管と近い範囲（おそらく10m程度以内）の過剰間隙水圧のみを消散し、その区域の変動を抑制したのであろう。

過剰間隙水圧が消散されている箇所では、土が本来の強度を発揮するため、滑動崩落防止だけでなく、盛土の変形も抑制できると考えられる。初動そのものが発生しないからである。

すなわち、盛土の地震時地すべり防止工としては、抑止工は盛土の変形を防止できない点で不適な工法で、過剰間隙水圧消散工が有効である。

8. 高速道路の盛土対策の考え方

大規模盛土は宅地のみにあるわけではない。2011年7月3日に熱海市伊豆山で土石流が発生した残土盛土や、高速道路などにも存在する。土が人間都合の用途によって挙動を変えることはないので、すべてに共通した考え方があって良い。

2018年3月に開通した新名神高速道路高槻神戸間でも大規模盛土が造成されている。代表的な大規模盛土は、宝塚北SAにある。

ここでは、2009年から施工方法検討委員会が設置され、2018年の開通まで詳細に検討が行われた¹⁷⁾。

この検討委員会で行われた検討の中で、特に重要な部分を以下に記載する。

- (1) 地震時に排水暗渠が無い場合には、液状化による過剰間隙水圧が発生して地震時安全率が著しく小さくなり大規模な崩壊が発生する。このため徹底した盛土内地下水の排除を行う。
- (2) 雨水排水管と盛土内の地下水を排出するための暗渠管は独立した構造とし別系統とする。将来の機能低下のリスクを考慮して複数系統化・ネットワーク化する(図10)。
- (3) 盛土内の地下水位を常時モニタリングする。

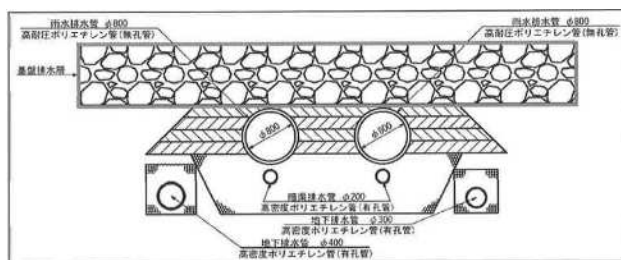


図10 基盤排水層の構造図¹⁷⁾

このような慎重な施工計画が立案され施工されたため、開通直後に起きた2018年7月豪雨にお

いても、盛土に問題は発生しなかった。地下水位モニタリングでは、降雨後 35 時間後に水位上昇が始まり、43 時間後に盛土内水位が 1.4m 上昇後、50 時間後には常時状態に戻ったとのことである。

9. 盛土の安定に関する現状の問題

宅地盛土を対象とした大規模盛土造成地の変動予測事業において、第二次スクリーニングが行われた盛土には、ほぼ例外なく地下水が豊富にある。

2011 年東北地方太平洋沖地震被災箇所調査を行った佐藤真吾¹⁸⁾によれば、仙台市滑動崩落緊急対策事業を実施した 160 箇所の調査結果から、地下水位が盛土厚さの 6 割以上を占める地区が全体の 78% あったとのことである（図 11）。

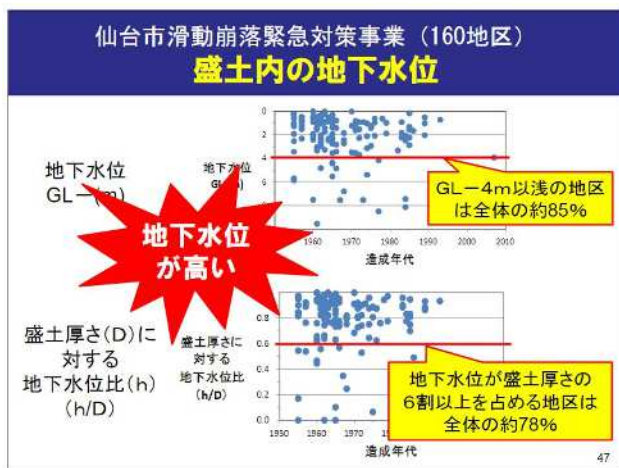


図 11 仙台市の盛土内地下水位¹⁸⁾

この盛土内地下水位の状況は、先に述べた新名神宝塚北 SA とは対照的である。

盛土内に地下水位が無ければ、平常時の間隙水圧（静水圧）の影響がないだけでなく、地震時の過剰間隙水圧の影響も受けない。

すなわち、造成盛土の最大の問題点は、「盛土内に地下水が多量に存在する」ことに尽きる。

盛土内に地下水が多量に存在するのは、盛土内の排水を担っている暗渠工が機能不全あるいは能力不足なのが最大の理由である。

その状況となっている理由は、施工中の雨水排水を、盛土の地下水を排水する用途の暗渠管を通して排出する「中央（縦）排水工法」¹⁹⁾にある。中央排水工法は、盛土施工中に地下排水管の機能を低下させている可能性が高い。

写真 6 は、盛土工事竣工直後に暗渠管を撮影したものである。この時点ですでに断面の 7 割程度が土砂で埋まり、ストレーナー部分を細かな泥が塞いで、排水機能が停止寸前である。

このような工法が、技術指針で推奨されているので、それによって施工された大半の盛土造成地で排水機能が低下し、地下水を多量に蓄えるようになっているものと考えられる。

中央排水工法で暗渠管の排水不良が起きるメカニズム¹⁹⁾を図 12 に示す。



写真 6 中央排水工法で施工された盛土竣工直後の暗渠管の内部写真

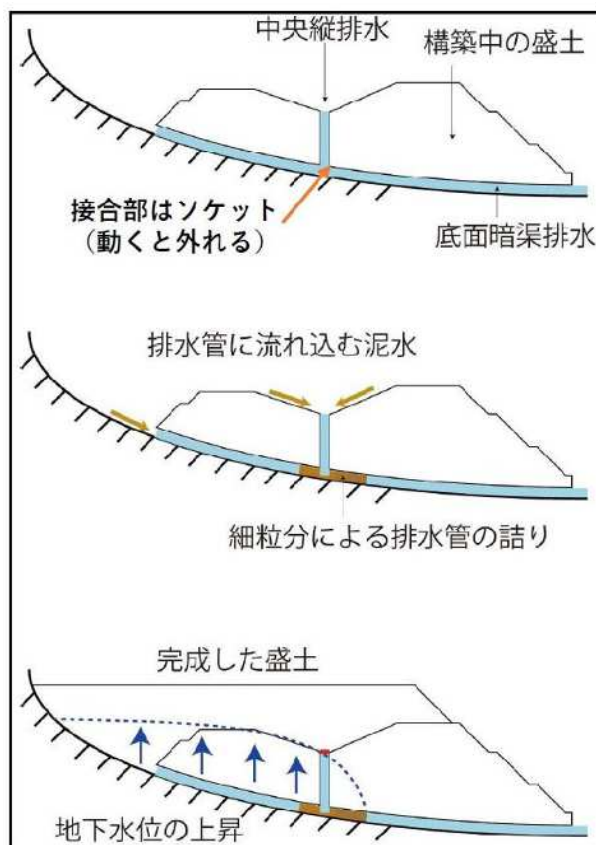


図 12 暗渠管の排水不良に伴う地下水位の上昇メカニズム¹⁹⁾

正常に機能する暗渠管の内部は、写真 7 のようになっていなければならない。盛土の危険性評価

に際しては、暗渠管の内部観察が非常に重要である。

技術指針・ガイドラインに欠陥があると、大量に危険な盛土を造り続けることになる。このため、施工者側や規制当局に配慮した安易な妥協は排除しなければならない。



写真7 正常な暗渠管の内部²⁰⁾
φ900mmのコンクリート有孔管

10. 盛土規制法の技術基準の動向

2022年に成立した盛土規制法が、2022年5月26日に施行される予定である。それに伴い、各種技術基準や省令が整備されつつある²¹⁾。

現時点で判明していることを以下に示す。

(1) 新設盛土

新設盛土に関しては、「盛土等防災マニュアルの解説」が作成される。

盛土内の排水施設については、「地下水排除工及び盛土内排水層により完全に地下水の排除ができるように計画することを基本とする」となる。

また、施工中の仮排水については、「施工中における中央縦排水は、暗渠排水管と併用せず、別系統の排水管を設置することを基本とする」となる。

この2つの規定は、現在の盛土が抱える地下水の問題を根本的に解決するので、非常に重要である。

(2) 既存盛土

既存盛土に関しては、「盛土等の安全対策推進ガイドラインの解説」が作成されている。この中で、安全性把握調査・安全確保のための対策・被災盛土の復旧・維持管理について記載される。

ただし、安定計算法は、「2次元の分割法による計算を基本とする」ことに変更はなく、「砂丘地等において盛土や地山の液状化が懸念される場合などは、震度法による安定計算に加えて、液状化による過剰間隙水圧を考慮した安定性の検討を別途行うことが望ましい」と弱い表現になっており、新名神高速道路塚北SAの考え方は

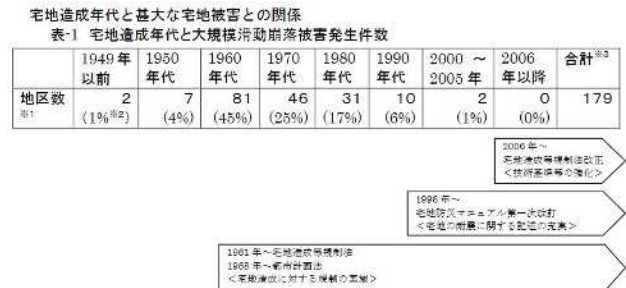
かなりかけ離れている。このため、地震時に過剰間隙水圧が考慮されることはあまり期待できない。

(3) 大規模盛土造成

「令和2年3月までにすべての自治体でマップの公表がなされたものは、現行ガイドラインによっていることを考慮し、当面の措置として、現行ガイドラインは現状のままとした」となる。

すなわち、実際の大地震で40%の盛土が地震時地すべりを起こしている一方で、現行ガイドラインに従って安定度評価をすると、危険盛土が0.1%しか抽出できないという問題に関しては、改善はなされず、「現行のまま」となる。

2011年東北地方太平洋沖地震後に、国土交通省は滑動崩落被害をとりまとめ、「滑動崩落を予防するために宅地造成等規制法等を改正した2006年以降に造成された宅地では、同被害は発生しておらず、大地震時の被害防止に現行の基準が有効であった」と結論付けている²²⁾。



※1 仙台市の他、宮城県、岩手県、福島県、茨城県、栃木県内で被害発生。

※2 合計に占める各年代の割合。

※3 この他に、造成年代不明が18地区ある。

図13 宅造年代と甚大の被害の関係²²⁾



図14 住宅用地完成面積の推移²³⁾

しかし、滑動崩落が発生するためには、写真1に示したような盛土内の地中侵食が進む時間経

過が必要で、新しい盛土には発生しにくいことや、大規模造成地の面積が高度経済成長期と比べて1/15以下に減少し、全造成地数が少ないこと²³⁾が考慮されていない。さらに、盛土規制法の新設盛土のマニュアルで「盛土内の地下水を完全に行うこと」と既存宅地盛土と異なる方針を示したことなどを考えると、「現行基準は有効」の評価は楽観的過ぎる。

盛土内に地下水があるものは、すべて地震時地すべり（滑動崩落）の危険性があり、側面抵抗が有効に効くなどの要素がある場合に限り「変動しないこともある」と考えるのが合理的である。

11. まとめ

法令や技術基準は、甚大な災害が起きる度に制定されたり改正されたりする。

適切な技術基準があれば、その影響力により全体が安全に向かうことになる。一方、不適切な技術基準があると、その悪影響が全体に及び、改善困難な状況に陥る危険性がある。

施工の容易さを優先した盛土の中央排水工法などはその悪い側の典型的な例である。この工法により盛土の地下排水設備は、施工中から機能低下を起し、竣工時には排水不良状態となった。

大規模盛土は、一度できてしまうと改修が非常に困難である。第二東名高速道路や新名神高速道路の大規模盛土では、その重要性を考慮して非常に丁寧な盛土排水計画が立てられ、施工され、かつ地下水位がモニタリングされている。

2023年5月に施行される盛土規制法の各種技術基準のうち、新設盛土に係る技術基準は、盛土内の地下水を完全に排除するように作成されている。

一方、既存盛土の方は、若干の改善があるものの基本的に現行のままとされている。宅地の大規模盛土造成地に関しては、若干の改善すらない。

次の首都圏直下地震、南海トラフ地震では、他の地震と同様に非常に多くの盛土（全体の約4割）で地震時地すべりが起きると予測される。

日本地すべり学会は、実際に大地震で起きた地震時地すべりを高精度に再現できる側方抵抗モデルを作成した学術学会である。今後も盛土の地震時地すべりに関わる技術基準に対して、適正化のための声を上げ続けていかなければならない。

少なくとも、既存・新設を問わず、盛土の地下水を排出するための暗渠管の管内カメラによる点検と、盛土内の地下水位モニタリングを必須とすべきであろう。

参考文献

- 1) NPO 都市災害に備える技術者の会，大地震における宅地盛土の被害に関する調査業務 報告書(2005)：国土交通省 都市・地域整備局 都市計画課 開発企画調査室
- 2) 太田英将（2022）：関西の都市型災害事例，2022年度土砂災害予測に関する研究集会 テーマ1「都市型土砂災害の現状と課題」
- 3) 小林慶之（2000）：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，日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻平成11年度修士論文
- 4) 釜井俊孝・守隨治雄・太田英将・原口強（2000）：都市域における地震時斜面災害のハザードマップー宅地盛土斜面の変動予測ー，日本応用地質学会平成12年度シンポジウム予稿集「斜面ハザードマップの現状と課題」
- 5) 釜井俊孝・守隨治雄（2002）：『斜面防災都市ー都市における斜面災害の予測と対策ー』，理工図書
- 6) 太田英将（2005）：宅地地盤の地震時盛土スベリのメカニズムと対策方法，日本地すべり学会研究発表会予稿集
- 7) 社団法人日本地すべり学会宅地谷埋め盛土の地震時地すべりに関する検討委員会（2006）：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報告書，国土交通省都市・地域整備局
- 8) 中埜貴元・小荒井衛・星野実・釜井俊孝・太田英将（2012）：宅地盛土における地震時滑動崩落に対する安全性評価支援システムの構築，日本地すべり学会誌，Vol. 49, No. 4, pp. 12-21
- 9) 太田英将・釜井俊孝・村尾英彦（2011）：2011年東北地方太平洋沖地震による都市住宅域の斜面災害の予測と対策，第50回日本地すべり学会研究発表会講演集
- 10) 太田英将・廣野一道（2021）：福島第一原発の全電源喪失の原因となった盛土崩壊の検証，第60回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 87-88
- 11) 太田英将（2022）：福島第一原発を襲った土砂災害ー夜の森線 No. 27 鉄塔を倒壊させた盛土地すべりー，フォレストコンサル No. 166，pp. 31-38

- 12) 東京電力（2012）：福島第一原子力発電所内外の電気設備の被害状況等に係る記録に関する報告を踏まえた対応について（指示）に対する追加報告について（鉄塔倒壊に関わる福島第一原子力発電所内の盛土の崩壊原因）
- 13) 鈴木雅一（2012）：東北地方太平洋沖地震で福島第一原子力発電所の送電線鉄塔倒壊をもたらした盛土斜面崩壊について，砂防学会誌，Vol.64. No.5, pp.38-42
- 14) 道路土工軟弱地盤対策工指針（平成24年度版），社団法人日本道路協会，p.173の参図5-12
- 15) K市の情報公開資料（NHKが2022年に収集）：土質試験結果，地下水位観測結果，円弧すべり検討結果（ひな壇部の変形の検討），複合すべり検討結果（盛土全体の変形の検討）
- 16) 一般社団法人地盤品質判定士会東北支部（2022）：仙台市の大規模盛土造成地の地震被災地見学会 事前学習資料（7月28日見学会用）17)
- 17) 山口卓位・滝川龍誠・小野稔和・安藤伸・遠藤司・沖村孝（2015）：新名神高速道路宝塚北SA高盛土の建設，建設工学研究所論文報告集第60号，pp.143-185
- 18) 佐藤真吾（2019）：造成地の地盤リスクー最近の地盤被害による宅地造成地の主なリスクー，地盤工学会東北支部災害協定に基づく講習会「地盤リスクに関するシンポジウム」資料
- 19) 釜井俊孝（2021）：残土問題の現状と課題ー熱海伊豆山の災害が示すものー，欠陥住宅被害全国連絡協議会第50回大阪大会資料集
- 20) 美馬健二・川浪聖志・太田英将（2023）：赤外線カメラ搭載ラジコンを用いた谷埋め盛土に敷設された暗渠排水管内の観察，第58回地盤工学研究発表会（投稿中）
- 21) 国土交通省：盛土等防災対策検討会
https://www.mlit.go.jp/toshi/web/toshi_tobou_tk_000031_00001.html
- 22) 国土交通省（2014）：東日本大震災の宅地滑動崩落被害を踏まえた現行の宅地造成基準の検証結果について，
- https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi06_hh_000010.html
- 23) 国土交通省総合政策局建設統計室（2011）：平成21年度宅用地完成面積調査報告

2023年5月9日 日本地すべり学会関東支部

都市部に隠れた 地震時盛土地すべり とその課題

太田英将

(有限会社太田ジオリサーチ 相談役)

(株式会社地盤リスク研究所 相談役)

今日お話ししたい内容

1. はじめに
2. 盛土の地震時地すべりメカニズムの解明
3. 福島第一原発の盛土地震時地すべり
4. 事業で考慮されなかった過剰間隙水圧
5. 第二次スクリーニング結果の再評価
6. 2022年3月の仙台市再度災害
7. 2011年白石市緑が丘の非変動事例
8. 高速道路の盛土対策の考え方
9. 盛土の安定に関する現状の問題
10. 盛土規制法の技術基準の動向
11. まとめ



この盛土は危なくないか？

- 国の基準だと安全
- 別の見方だと危険 (地すべり学会の方法)
- 依頼者によって答えが違っていいのか？
- 過去の実績と整合する？
- 過剰間隙水圧の有無
- 2次元？3次元？
- 工事費は誰が出す？
- 工事保証は？
- 訴えられないか？

『消費者のための欠陥住宅判例集』
第8巻p.308-325
震度6強の地震動を不可抗力と認めず
排水対策を怠ったことが地すべりの
原因と認めた判例

1.はじめに どのくらいの盛土が滑ったか？

表1 大地震の盛土地すべり発生率

地震名	変動率	記事
1995年 兵庫県南部地震	40.8%	阪神間 299 箇所中
	(62.2%)	震度6強地域のみの集計値
	(100%)	溜池を埋めた盛土
2004年 新潟県中越地震	62.9%	長岡市内 35 箇所中
2007年 新潟県中越沖地震	36.2%	柏崎市内 58 箇所中
2011年 東北地方太平洋沖地震	61.1%	仙台市太白区緑が丘周辺 18 箇所中
	33.8%	仙台市全体 1697 箇所中
平均盛土変動率 43%		



国の変動予測は信頼できるか？

- 大地震（震度6弱以上）が起きると例外なく発生
- ・地震時地すべりの発生率は40%前後
 - ・第二次スクリーニング完了箇所の危険判定率0.1%

滑動崩落実績（40%強）と変動予測結果（0.1%）の乖離

地震名	調査全盛土数	変動盛土数	変動率	記事
1995年兵庫県南部地震	299箇所	122箇所	40.8%	池埋め盛土は除外 震度6強地域では62.2% (箇所数)、68.2% (面積) が変動 (NPOデータ)
	2,239,001㎡	835,583㎡	37.3%※	
2004年新潟県中越地震	35箇所	22箇所	62.9%	高町団地 (地理院データ)
2007年新潟県中越沖地震	58箇所	21箇所	36.2%	柏崎市内 (地理院データ)
2011年東北地方太平洋沖地震	18箇所	11箇所	61.1%※	仙台市太白区緑が丘周辺 (釜井・太田調査)
	全1697盛土 3000㎡未満を含む (地理院データ)	宅地数単位 大規模盛土2521 (地すべり宅地5728)	1盛土10宅地とすると $5728 \div 16970 =$ 33.8%	産経新聞ニュース情報 「大規模盛土造成地」で起きた東日本 大震災の知られざる被害 (2021/4/10)
大地震による変動実績			平均43%	※印は集計から除外
宅地耐震化推進事業の第二次スクリーニング結果 大規模盛土変動予測ガイドラインに従った評価結果	51306箇所 第二スクリーニング後 5.5%→2822 箇所	危険評価 4地区	$4(\text{危険}) \div 2822(\text{全}) =$ 0.14%	令和3年度末時点 国土交通省データ

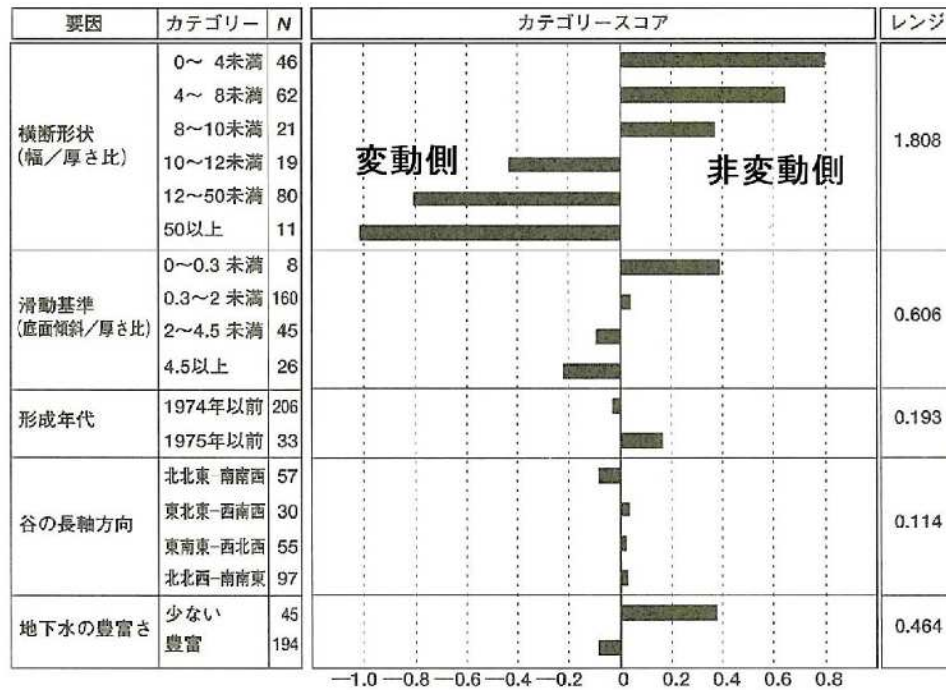


本当は変動する危険性が高い盛土が、第二次スクリーニングによって「安全な盛土」と評価されて、社会の中に存在し続けている



この盛土が再評価されることはない→誤りがわかるのは変動したとき

2. 盛土の地震時地すべりメカニズムの解明



注) カテゴリースコアが大きい(正に)ほど安全側。Nはサンプル数

図1 盛土変動要因の分析結果⁵⁾ (数量化Ⅱ類)

幅/高さ比が大きいと変動しやすくなる



すべり面全体の中の側面の比率が大きくなると滑りにくい



側面抵抗がブレーキ役となっている

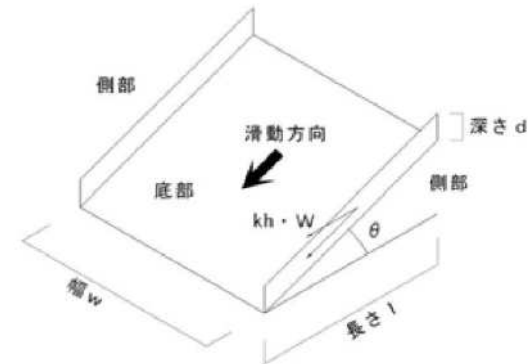
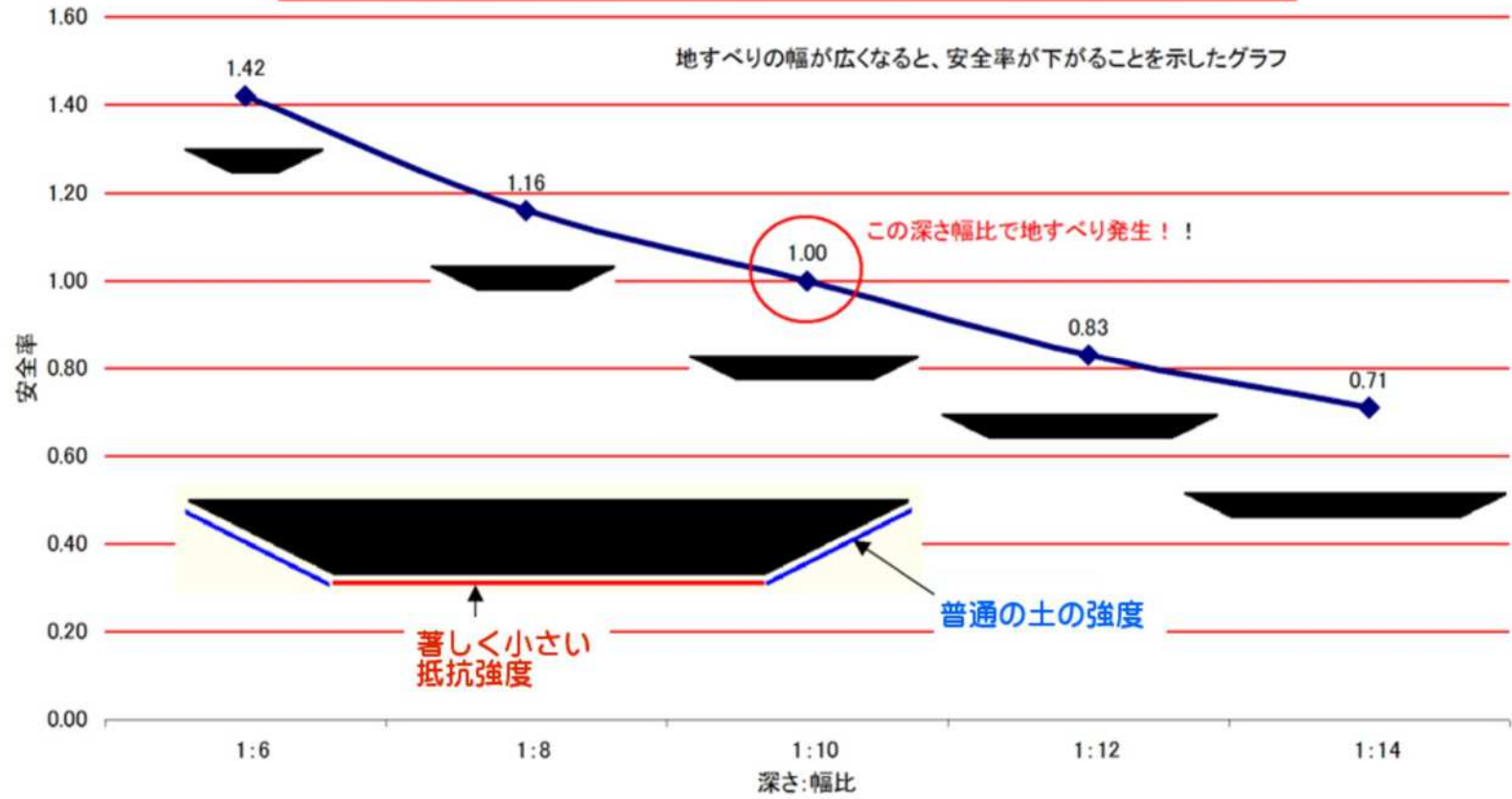


図2 簡易安定計算モデル(側方抵抗モデル)⁶⁾

サイドフリクションを考慮した安定解析例 U型横断形状



ローラー滑り台モデル

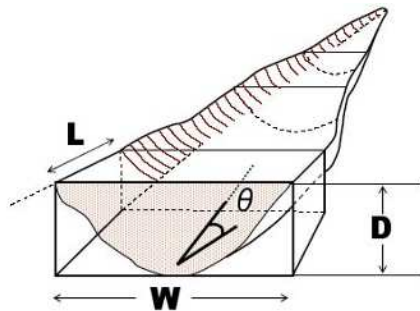
$$F_s = R/T \quad \dots \text{安全率}$$

$$T = W_t \cdot \sin \theta + W_t \cdot k_h \cdot \cos \theta \quad \dots \text{滑動力 (kN)}$$

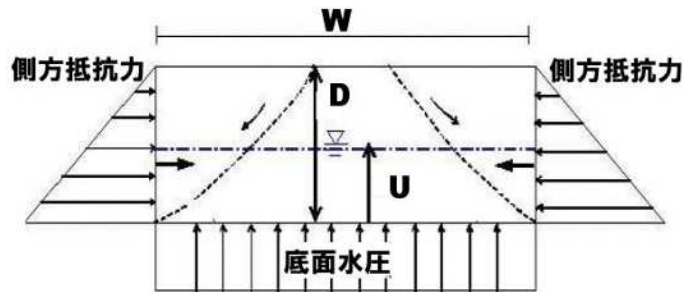
$$R = R_s + R_b - W_t \cdot k_h \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi'_2 \quad \dots \text{抵抗力 (kN)}$$

$$R_s = c'_1 \cdot A_s + P \cdot \tan \phi'_1 \quad \dots \text{側方抵抗力 (kN)}$$

$$R_b = c'_2 \cdot A_b + (W_t - U_b - U_s) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi'_2 \quad \dots \text{底面抵抗力 (kN)}$$



L_0 : 単位長さ, L : 全体長, W : 幅, D : 厚さ, θ : 斜面の傾斜角



(社)日本地すべり学会 (2006) : 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報告書, 国土交通省委託業務

簡易計算モデル (側方抵抗モデル)

$W_t = \gamma_t \cdot V_t$	重量 (kN)
$P = 2 \cdot 1/2 \cdot K \cdot \gamma_t \cdot D^2 \cdot L$	側方土圧 (kN)
$U_b = \gamma_w \cdot u \cdot A_t$	底面水圧 (kN)
$A_s = 2 \cdot D \cdot L$	側面積 (m ²)
$A_b = A_t / \cos \theta$	底面積 (m ²)
$A_t = V_t / D$	換算平面積 (m ²)
γ_t : 土塊の単位体積重量 (kN/m ³)	
γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m ³)	
V_t : 移動体の体積 (kN)	
{ ($V_t = A \cdot D \cdot (2/3)$ または $V_t = W \cdot L \cdot D$) }	
L : 盛土全体の水平長さ (m)	
W : 盛土の幅 (m)	
A : 調査結果による平面図面上の盛土の面積 (m ²)	
c'_1, c'_2 : 側面および底面の粘着力 (kN/m ²)	
ϕ'_1, ϕ'_2 : 側面および底面の内部摩擦角 (度)	
u : 水位高さ (m)	
U_s : 過剰間隙水圧 (kN) { $= \gamma_w \cdot A_t \cdot u_s$ }	
u_s : 過剰間隙水圧の水位高さ (m)	
K : 側方土圧係数	
k_h : 水平震度 (最大0.25とする)	

表 2 各安定解析モデルの検証結果⁷⁾

安定解析手法	評価	
①通常の2次元安定解析	現象の再現性無し	×
②側方抵抗を考慮した2次元安定解析	比較的よく再現した	○
③側方抵抗モデル	最も良い再現ができた	◎
④3次元安定解析	検証不十分	?

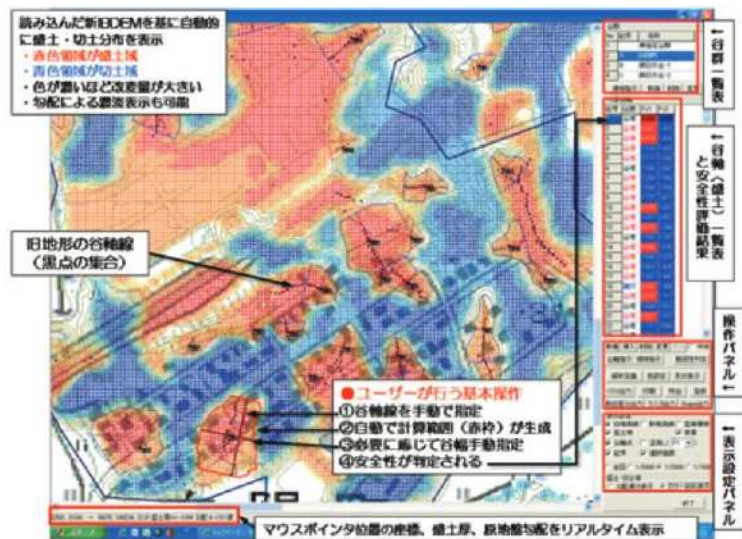


図 4 安全性支援システムの画面⁸⁾

造成前後の DEM があれば半自動で盛土の抽出と安定度評価ができる

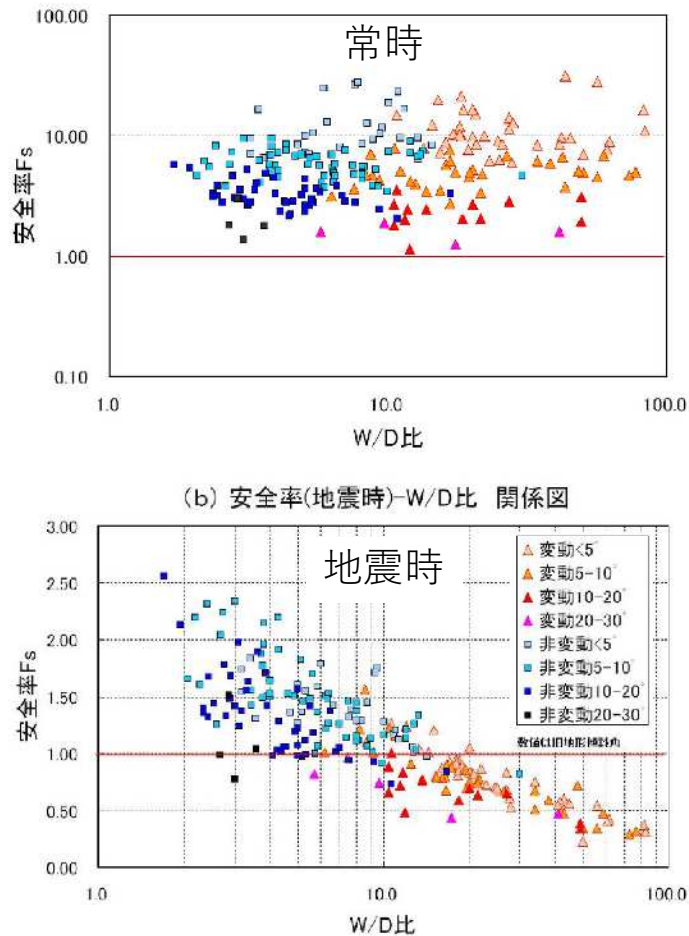


図 3 側方抵抗モデルの検証結果⁷⁾

(a) 2次元解析では安全率の差は出ないが、(b)地震時には変動・非変動が明瞭に分離できる

実現象が再現できる

赤系統は変動盛土
青系統は非変動盛土

常時は違いが出ない
地震時は明瞭に区分
できる

阪神・中越・中越沖
及び東日本大震災で
実現象を再現できた

滑動崩落事例



3. 福島第一原発の盛土地震時地すべり

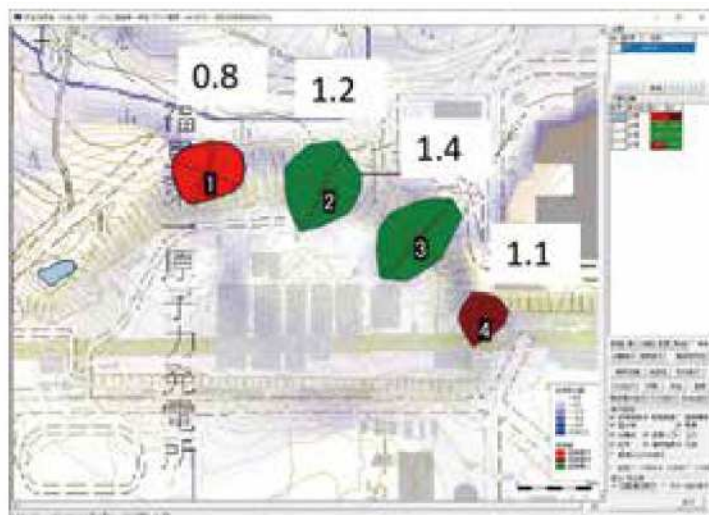


図5 側方抵抗モデルを用いた評価結果
土砂が送電線鉄塔を倒壊させた崩壊は $F_s=0.8$ のものである

盛土は宅地盛土もそれ以外の盛土も同じ挙動となる

東電の調査・解析（静的・動的2次元解析）では安全率が $F_s>1.0$ となった →現象が再現できない

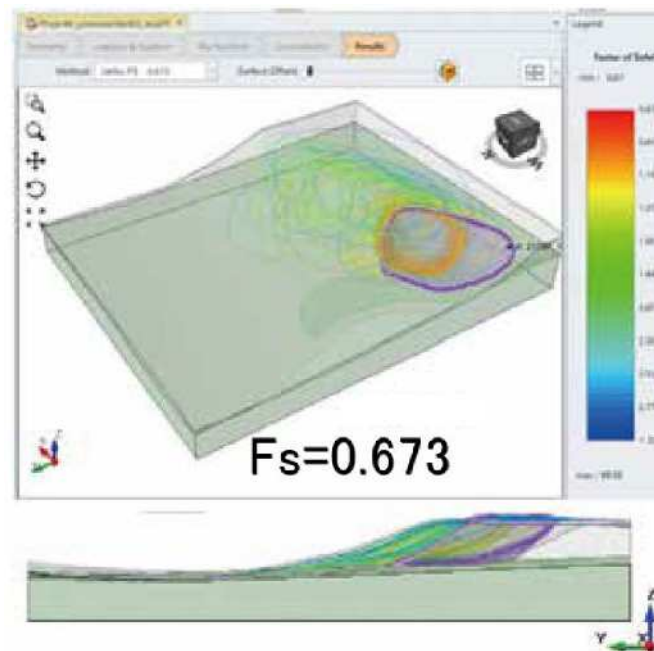


図6 3次元安定解析結果
Rocscience社のSLIDE3で計算した

過剰間隙水圧を考慮した3次元解析では、簡易モデルでも楕円弧計算モデルでも現象が再現できる

福島第一原発 夜の森線No.27鉄塔

この間
数秒～10秒

夜の森線No.27鉄塔（倒壊）

崩壊した盛土



0. 盛土は上出来
1. 盛土が崩壊し
2. 斜面を流下し
3. 鉄塔に衝突し
4. 鉄塔を倒し
5. 地上給電が失われ
6. 全電源喪失となる



(C)GeoEye

図4：盛土の崩壊状況写真（震災後に撮影；造成前の沢を重ね書き）



○齊藤国務大臣 私も、福島第一原発の土砂崩れによって鉄塔が崩壊して、いわゆる電源喪失になった、あれさえ立ってればきちっと電源が確保されたのという説明を、直後に私も訪問してお聞きしたがございます。
第208回国会 衆議院 国土交通委員会
第9号 令和4年4月13日

4. 宅地耐震化事業で考慮されなかった過剰間隙水圧

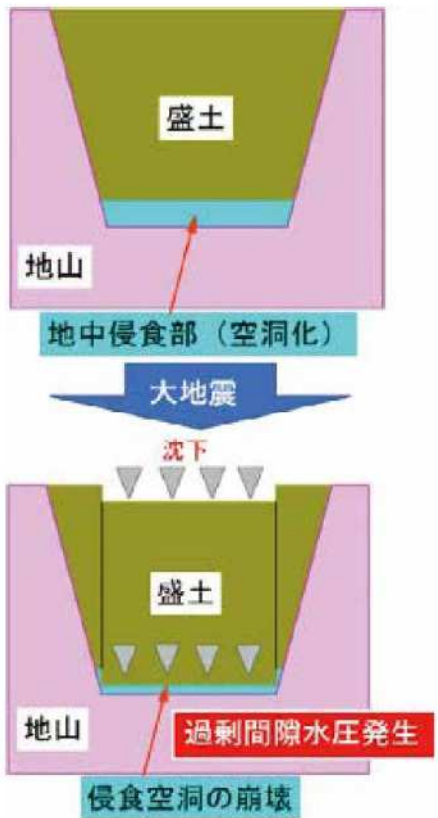


図7 盛土の地震時地すべりの地中イメージ¹⁾



写真1 盛土と地山との境界の空洞
(2021年滋賀県湖西道路で釜井俊孝撮影)

5. 第二次スクリーニング結果の再評価

ある政令指定都市が実施した第二次スクリーニング結果を、情報公開請求し、側方抵抗モデルで検証してみたところ、6箇所中3箇所は滑動崩落の危険があることがわかった

表3 盛土安定度の再評価結果

盛土番号と型	第二次スクリーニング結果		側方抵抗モデルの評価結果	
	安全率	判定	安全率	判定
No.1 谷埋め型	3.90	○	1.34	○
No.2 谷埋め型	1.32	○	1.16	△
No.3 腹付け型	1.20	○	1.05	△
No.4 谷埋め型	1.28	○	0.93	×
No.5 腹付け型	2.54	○	0.59	×
No.6 谷埋め型	1.70	○	0.88	×

○：非変動判定，△：境界領域，×：変動判定

第二次スクリーニング：過剰間隙水圧なし、2次元法
側方抵抗モデル：過剰間隙水圧考慮、簡易3次元法

表4 各盛土の諸元情報¹⁵⁾

	D	θ	N値	γ	c	ϕ
No.1	10.8	5.0	2~3	14.3	83.5	12.8
No.2	10.0	8.6	1	16.3	38.0	14.4
No.3	8.90	11	2~3	14.2	30.7	18.5
No.4	7.20	15	0~2	17.6	29.4	19.6
No.5	2.80	24	7~12	18.5	30.0	15.0
No.6	6.95	7.6	0~3	18.0	57.5	18.8

D(m)：盛土厚さ， θ (°)：旧地盤の平均角度， γ (kN/m³)：盛土の単位体積重量，c (kN/m²)：盛土の粘着力， ϕ (°)：内部摩擦角
c・ ϕ は三軸圧縮試験結果

宅地盛土の被害に関する過去の判例

- **仙台高等裁判所平成12（2000）年10月25日判決**
1978（昭和53）年の**震度5**とされる**宮城県沖地震**により発生した敷地の崩落等に関する責任を認定しています。
- **福島地裁郡山支部平成29(2017)年4月21日判決** 『消費者のための欠陥住宅判例集』第8巻p.308-325
2011（平成23）年の**震度6強**の**東日本大震災**の揺れは、**誘因に過ぎない**。**根本的原因是適切な排水処理を怠ったこと**。



震度6強は不可抗力として免責されない

6. 2022年3月の仙台市再度災害

2022年3月16日福島県沖地震（仙台市は震度5強）



2011年10月撮影 (Google ストリートビュー)
※東北地方太平洋沖地震における歩道部の変状



2022年3月16日の福島県沖地震で被災
※歩道部が連続して隆起により変状



写真3 全てのガレージの奥に水が溜まった
(地震から4か月後)

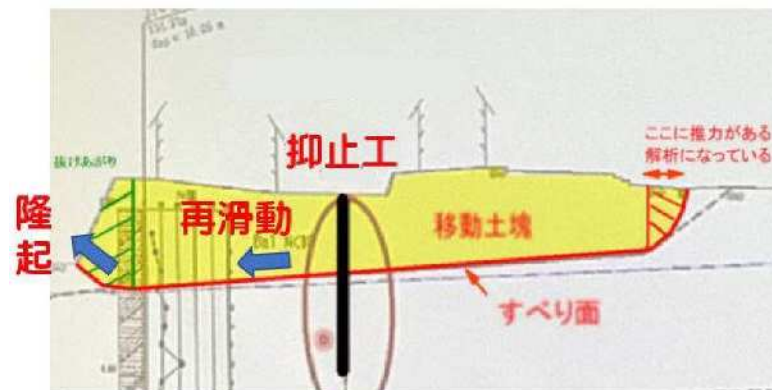
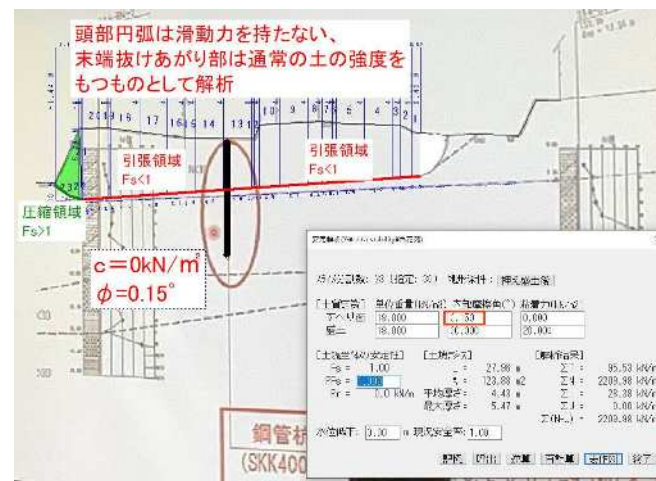


図9 仙台市西花苑二丁目の再度災害断面図



$F_s=1.00$ で逆算
(杭の下流側)
 $c = 0\text{kN/m}^2$
 $\phi = 0.15^\circ$

底面すべり面強度
はゼロだった

7. 2011年白石市緑が丘の非変動事例

合理的・効果的な滑動崩落防止工法



写真4 集水ボーリング到達外の大変動

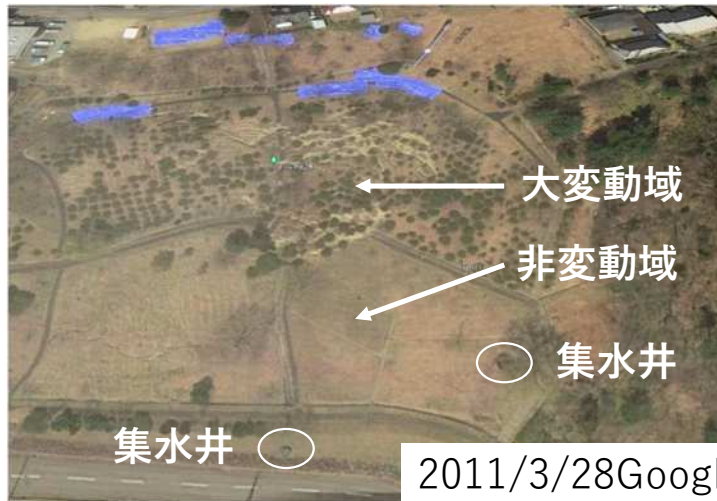


写真5 集水ボーリング到達域は変動せず

対策効果は「排水距離」が支配している

先端間隔10mはとりあえず効いた

2011年3月11日前後の白石市緑が丘



井戸

集水井の「集水パイプのそば」は変動していないように見える

斜面下部は平穏



斜面上部は大変動



斜面上部の地下水位も、集水井によって当然低下しているので、**地下水位（静水圧）低下の問題ではなく、過剰間隙水圧消散、すなわち排水距離の問題だった**と思われる。

8. 高速道路の盛土対策の考え方

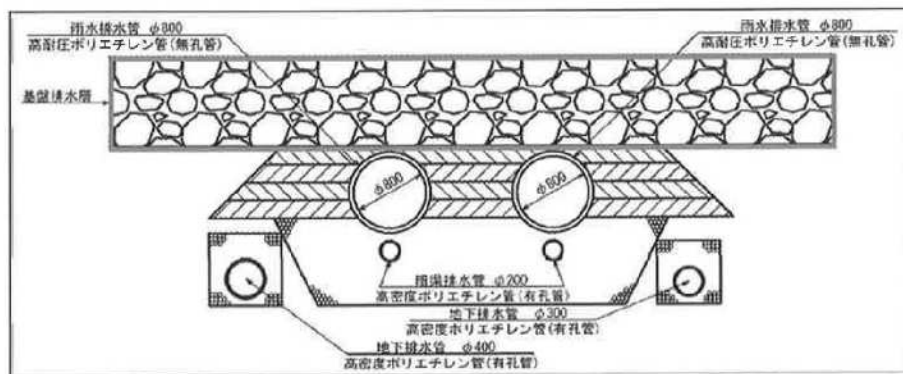


図 10 基盤排水層の構造図¹⁷⁾

新名神高速道路宝塚北SAの排水構造図
暗渠排水と雨水排水の完全分離と複系統化

【解説】

- (1) 高盛土および大規模盛土内は、供用開始後、大規模な修繕は不可能であるため、盛土に悪影響を及ぼす湧水や浸透水への排水対策は、長期にわたって信頼度の高い構造とする必要がある。

既存の大規模盛土造成地の修繕は不可能



(日本道路公団1999)

5. 排水対策

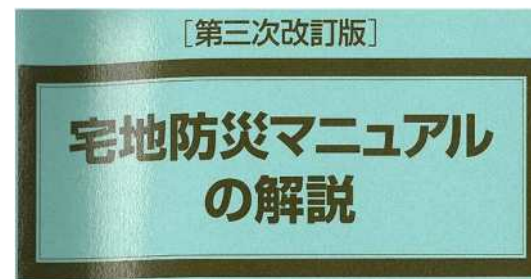
5-1 設計の基本方針

5-1-1 排水対策の基本方針

- (1) 盛土の崩壊や沈下の原因の多くが湧水，地下水，降雨，融雪等の浸透水によるものであることから、高盛土および大規模盛土を行う沢部，傾斜地盤，原地盤などにおいては十分な排水対策を実施するものとする。
- (2) 盛土の安定確保のためには盛土内に水位面を生じさせないことが不可欠であり、これを満足させる排水施設を設置するものとする。
- (3) 地山からの湧水，地下水や透水層の存在は、事前の調査のみで正確につかむことが難しく、施工中にその存在が判明することが多い。したがって、施工中の現地状況に応じて当初設計を見直し、最も適した排水対策を実施するものとする。

盛土内に水位面を生じさせないことが不可欠

参考：道路土工指針と宅地防災マニュアルの解説



(5) 山砂や火山灰質土による盛土及び高盛土における仮排水

山砂や火山灰質土を材料とした盛土は、のり肩付近に雨水を集めると浸透水でのり面が容易に侵食され、のり面の崩壊を起こすおそれがあるので、雨水を盛土のり肩に集めずに、盛土中央に縦（鉛直）の排水管を設け、これを地下排水管に導いて排水する中央縦排水管方式が有効である。

(2) 土工施工中の排水

造成工事において、土工施工中は雨水による侵食が著しく、それが集中水として流出するときは大量の土砂を伴う場合がある。

したがって、土工施工中は素掘り排水溝を設けたり、のり肩部分に防災小堤を設けたりして、雨水がのり面や盛土表面を自由に走らないようにする他、盛土表面の排水は図VI.7-3のような縦排水工法をとることがある。

縦排水工法は、縦渠を図VI.7-3に示すように盛土下の暗渠に接続するもので、この暗渠には表流水を排水する他、施工前の準備排水や宅盤完成後の基底排水の役割を持たせることが多い。

どちらの書籍も、盛土施工面に降った雨を縦管で落とし、**将来盛土内の地下水を排水するための地下排水管（暗渠管）に接続することを推奨している。**

大量の細粒分を含有した雨水排水が、わずかφ300程度で、動水勾配の緩い暗渠管内に注入されたら、暗渠管の中が高圧になってストレーナー部分から外側の排水層を泥で充填してしまう。管内も場合によっては閉塞されてしまう。

中央排水工法が盛土内地下水の元凶の可能性が高い

9. 盛土の安定に関する現状の問題

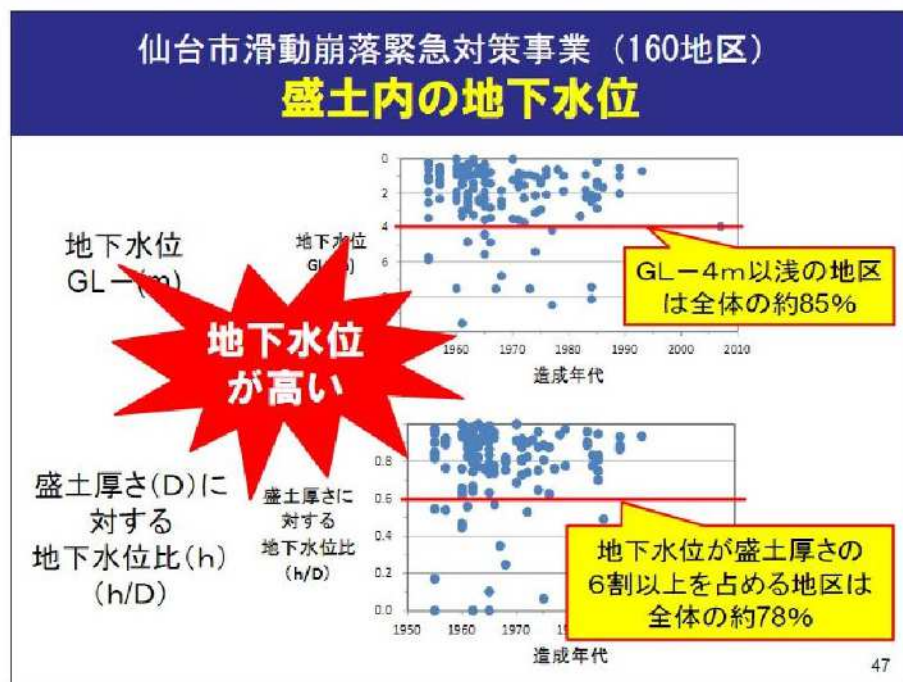


図 11 仙台市の盛土内地下水位¹⁸⁾
(佐藤真吾さんの資料)



写真 6 中央排水工法で施工された盛土竣工直後の暗渠管の内部写真

盛土の排水障害

実は、暗渠があっても「ダメ」な場合も



つい最近、ある造成地盛土において、偶然、暗渠内部の調査（ポアホールカメラ調査）が行われた（きわめて稀な事例）。暗渠は、地表から深さ約20mの盛土の底にある。



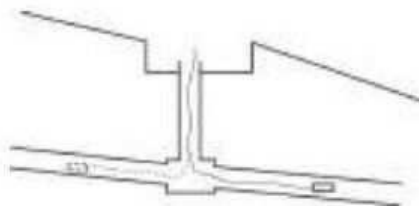
断面の7割程度が土砂で閉塞（排水機能は停止寸前）

天井に大量の泥が付着。ストレーナー孔の詰り+過去に高濃度の土砂を含む地下水によって、天井まで満たされたため



土圧に耐えられずのボルゲート管が変形し破壊されている

ストレーナー孔にスケールが付着し、詰まっている孔もある。底面付近から地下水が湧出している



この暗渠管は調査されただけで、対策（洗浄、補修等）はされず、その後、地表に住宅が建設された。これを「隠蔽」と考えるか、「現状では水が流れているから問題ない」と考えるかで、道は分かれる。これまでもそうやって、道が分かれてきた。

中央縦排水工法を暗渠に連結することで地下水排除能力を失わせている

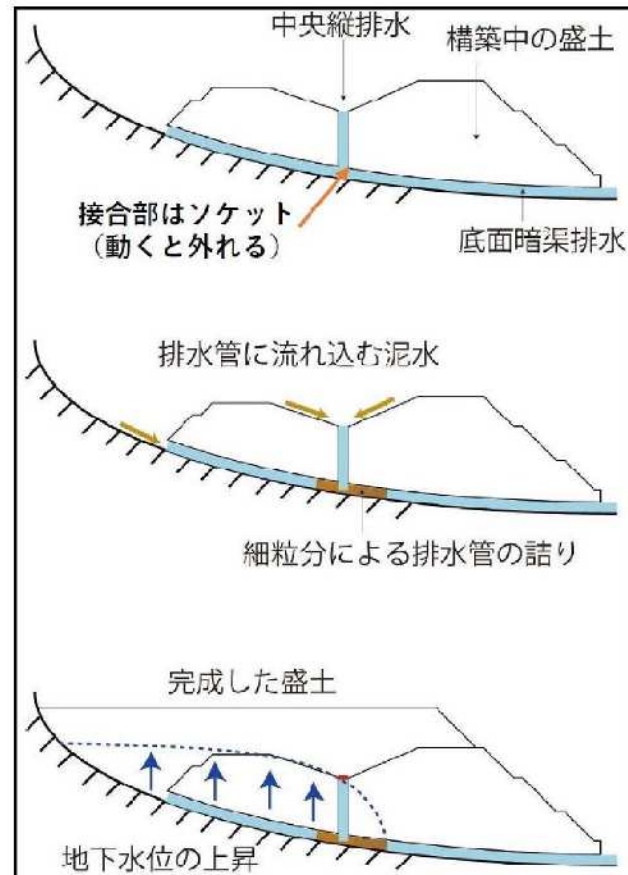


図 12 暗渠管の排水不良に伴う地下水位の上昇メカニズム¹⁹⁾

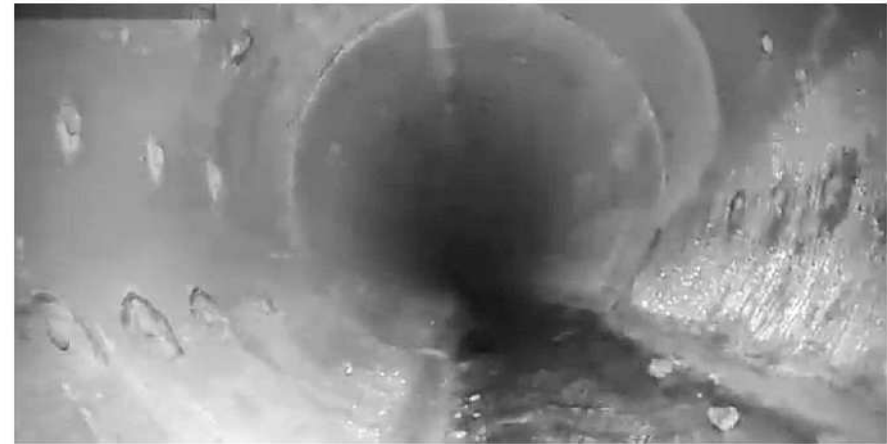


写真 7 正常な暗渠管の内部²⁰⁾
φ900mm のコンクリート有孔管

盛土の維持管理には、暗渠管の管内点検と、地下水位観測の義務化が不可欠

しかし、盛土規制法の技術基準で見送られる可能性大
(見たくない・知りたくない症候群)

10. 盛土規制法の技術基準の動向

(2023年5月26日施行)

盛土規制法の技術基準は2本立て(3本立てともいえる)

【新設盛土】

① 「盛土等防災マニュアル(の解説)」

- ・排水施設は**完全に地下水の排除**がすることができるよう計画する
- ・雨水排水管と暗渠排水管は「排水系統を別」にする

【既存盛土】

② 「盛土等の安全対策推進ガイドライン(の解説)」

- ・大規模盛土造成地に関しては、③「**現行ガイドラインのままとする**」

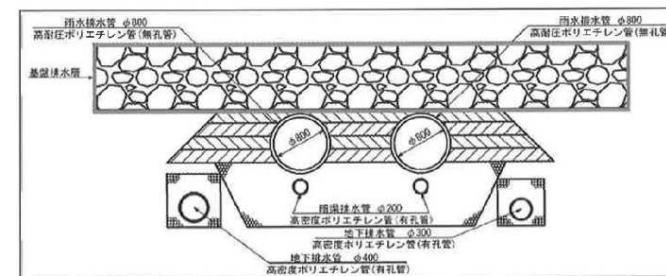
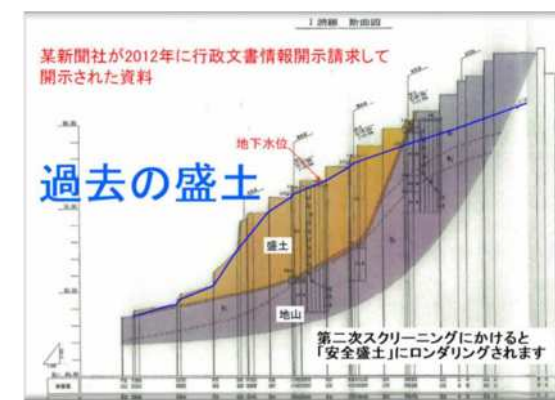


図10 基盤排水層の構造図¹⁷⁾

新設盛土は完全排水が原則



既存盛土は地下水チャプチャプでも安全判定

宅地造成年代と甚大な宅地被害との関係

表-1 宅地造成年代と大規模滑動崩落被害発生件数

	1949年 以前	1950 年代	1960 年代	1970 年代	1980 年代	1990 年代	2000～ 2005年	2006 年以降	合計 ^{※3}
地区数 ^{※1}	2 (1% ^{※2})	7 (4%)	81 (45%)	46 (25%)	31 (17%)	10 (6%)	2 (1%)	0 (0%)	179

2006年以降の盛土は滑動崩落箇所ゼロ

ゆえに今のやり方でよい、と評価

2006年～
宅地造成等規制法改正
<技術基準等の強化>

1995年～
宅地造成等規制法第一次改訂
<地地の崩壊に関する記述の充実>

1961年～宅地造成等規制法
1968年～都市計画法
<宅地造成に対する規制の充実>

※1 仙台市の他、宮城県、岩手県、福島県、茨城県、栃木県内で被害発生。
 ※2 合計に占める各年代の割合。
 ※3 この他に、造成年代不明が18地区ある。

図13 宅造年代と甚大の被害の関係²²⁾

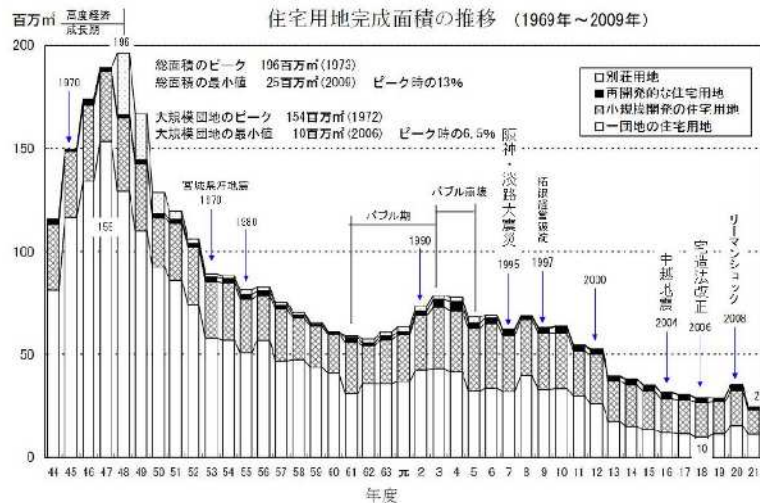


図14 住宅用地完成面積の推移²³⁾

2006年宅造法技術基準の過大評価

- (国の見解) 2006年の宅造法改正以降の造成地に、東日本大震災で変動したものはないから、この改正の効果があった。
- しかし、地中侵食には時間を要するし、そもそも変動率で評価すべきなので、母数の表示がないと評価できない。
- 大規模団地の造成面積は、高度経済成長時の6.5%に減っているもので、あまり正しい評価とは言えない。

「盛土規制法」技術基準では、新設盛土の技術基準はNEXCO基準並みの良いものになる(ただし、既存盛土にはなぜか遡及しない)

11. まとめ

- 熱海伊豆山の土石流災害の教訓から「盛土規制法」が2022年に成立し、2023年5月26日から施行される。
- 日本地すべり学会が2006年の法改正時に国に提示し、改正法成立に寄与した「地震時の過剰間隙水圧が滑動崩落の原因」は、2006年の宅造法改正でも、2022年の盛土規制法でも活かされていない。（国の凄い固執を感じる）
- 国が定めた地震時の過剰間隙水圧を無視した安定計算法では、第二次スクリーニングを実施しても**ほとんど危険盛土を抽出できない**が、**大地震ごとに40～60%の盛土が滑動崩落しており**、正しい判定法とは言い難い。（**現象を再現できない方法が用いられている**）
- 東日本大震災の震度6強で崩れた盛土が、**地下水排除が不十分**という理由で、造成側が敗訴（福島地裁郡山支部2017年判決）していることを、盛土調査する技術者は強く気にしたほうがいい。（**調査技術者が民事訴訟の被告になる可能性あり**）
- 滑動崩落防止工法は、第一に**盛土内に水位面を形成しないようにすること**、次善の策は集水パイプを10mピッチ程度に入れて、**過剰間隙水圧を消散させること**。抑止工単独はナンセンス。



1995年仁川百合野町（盛土下流住民34名死亡）



2011年福島第一原発 全電源喪失の原因は盛土崩壊

須賀川市 市長所信表明（平成29年6月議会）

いわせニュータウン訴訟の判決に対する対応について

次に、いわせニュータウン訴訟の判決に対する対応についてであります。
去る4月21日に、福島地方裁判所郡山支部において、いわせニュータウンに関する損害賠償訴訟
事件の判決がありましたので、これまでの経過及び対応について申し上げます。
本件は、原告二人が、「東日本大震災の際の住居被害の原因は、宅地北側の法面崩壊によるもの
で、当時の造成工事に原因がある」として、市に対し、平成25年10月に売主の取崩し賠償責任と
しての損害賠償請求の訴訟を行ったものであります。
市といたしましては、27回にわたる裁判において、一貫して「造成工事は、当時要請されていた
基準に沿って行われており、瑕疵はなく、住居被害は震災の不可抗力によるものである」と主張
してまいりました。
しかし、判決におきましては、「原告所有地の造成工事で排水対策は、地下水の実態についてのボーリン
グ調査が行われていないことから、十分配慮していたとはいえず、当時の基準に沿っ
ていたとしても、水の影響を受けやすい状況下では、より安全性に立った検討をすべきであり、
安全性を十分に有しなかった」との理由から、原告の主張を一部認め、土地代金、閉鎖費用、弁
護士費用については全額、建物については、使用利益や耐用年数等を考慮し、建築費用の半額を
損害と認める旨の判断が示されました。
今回の判決に対し、市といたしましては、担当弁護士との協議のうえ、控訴は難しいと判断いた
しました。これは、造成工事から20年余の期間を経過していることや、「排水対策に瑕疵はな
い」となるべき更なる根拠の提示が難しいこと、宮城県沖地震での同様の被害事件で訴訟
取扱責任を認めた仙台高等裁判所の判例があること、さらには、裁判の長期化による原告の復旧
遅延につながることを総合的に勘案した結果であります。
なお、損害賠償金等の経費については、今後定期会において補正予算に計上しております。

2017年福島地裁郡山支部判決

被告の須賀川市長（平成29年6月議会）：「原告所有地の造
成工事での排水対策は、**地下水の実態についてのボーリン
グ調査が行われていない**ことから、**十分配慮していたとは
いえ、当時の基準に沿っていたとしても、水の影響を受け
やすい状況下では、より安全に立った検討をすべき**であ
り、安全性を十分に有していなかった」

ご清聴ありがとうございました

**【参考資料】震度6強で崩壊した盛土を開発した側に瑕疵があるとして、原告がほぼ全面勝訴となった判決
第二次スクリーニングで「安全判定」した盛土が滑動崩落した際の責任問題に影響を与える判例**

『消費者のための欠陥住宅判例集』第8巻p. 308-325

福島地裁郡山支部平成29年4月21日判決

〔平成25年(ワ)第230号損害賠償請求事件〕

〔裁判官〕上拂大作、目黒大輔、南雲大輔

〔原告代理人〕安藤裕規、安藤ヨイ子、齊藤正俊、渡邊純、武村陽、長谷川啓

【建物プロフィール】

宅地造成地上の木造住宅

【入手経緯】

平成5年(1993年)頃宅地造成地を購入し、その上に住宅を建築した。

【相手方】

須賀川市(宅地造成者、売主)

【法律構成】

①主位的：瑕疵担保責任に基づく損害賠償請求

②予備的：不法行為に基づく損害賠償請求または売買契約の錯誤無効に基づく不当利得返還請求

【判決の結論】

本件土地は、①火山灰質の成分が多く、水を含むと緩くなりやすい土質だった、②造成する前の地形が谷状で周辺の丘陵部よりも低いため周辺からの地下水や雨水が溜まりやすい状態だった、ことから、盛土内に浸透する水の影響を考慮すべき立地条件であった。

しかし、①施工された暗渠排水の排水能力が不十分、②盛土法面に農業用水路を施工して盛土内に水を呼び込んでいる、③効果的な排水措置を検討するボーリング調査等が行われていない、④盛土内に水が浸透しやすく排水対策が十分でない状況下では、より安全側に立った検討をし、法面の勾配を緩やかにしたり、擁壁等の保護工法を実施すべきだったのにしていない。

東日本大震災の地震動は大きいものであるが、本件崩落事故の誘因となったにすぎず、本件崩落事故の根本的な原因は、本件宅地造成の盛土施工にあたり適切な排水対策等を怠ったこと等にある、と認定した。

【コメント】

1 不可抗力の明確な否定

本判決では、「東日本大震災の地震動は大きいものであるが、本件崩落事故の誘因となったにすぎず、本件崩落事故の根本的な原因は、本件宅地造成の盛土施工に当たり適切な排水対策等を怠ったこと等にある」と判示し、市の「崩壊は地震によるもの」との不可抗力(天災)の抗弁を明確に排斥し、地震動は、崩壊の「誘因・契機」にすぎず、崩壊の原因は、地盤の安定検討を懈怠し、地震に対する必要な安全率を満たさない造成上の瑕疵にあると明確に認定した点は画期的である。

2 造成工事が提訴20年以上前の苦勞

担当弁護士によると、本件は、造成工事が提訴の20年以上前なので、当時の宅地造成等の施工水準を示す文献を探すのに苦勞したとのことである。

瑕疵判断の基準を探し求めて、図書館の蔵書や、図書館蔵書のインターネット上での検索システムを使って文献を探し求め、川崎市の技術指針や、日本道路協会「道路土工要綱」、東京土木施工管理技士会「DOBOKU技士会東京」の機関誌から施工業者の技術部長が執筆した「若年技術者のための基礎知識」と題する論文等※を発見し、これらを証拠提出したところ、裁判所はこれらに着目し瑕疵判断をしたとのことである。地道な資料探索の努力、施工業者側の資料を証拠にする発想は参考となるものである。

※若年技術者のための基礎知識 土工事 盛土編

<https://www.to-gisi.com/magazine/51/doc04.pdf>

盛土工事のことを書いてあるが、p. 18、図5に中央排水工法が推奨されている。この方法が、暗渠を機能不全に陥っていたということ、盛土規制法の新規盛土のマニュアルでは認めて、雨水排水と盛土の地下水排水は「別系統とすること」となっている。

3 その他の訴訟上の工夫

ボーリング調査会社の地質専門家に情報提供を求めたこと、大学の名誉教授(地質学)に意見書を書いてもらったこと、審理過程で裁判所が土木関係の専門委員を入れたことなども、勝訴判決につながったと思われる。

福島地裁郡山支部平成29年4月21日判決

〔平成25年(ワ)第230号損害賠償請求事件〕

原告らが、被告の造成に係る分譲地をそれぞれ購入し、住宅を建てたところ、東日本大震災により、分譲地が崩壊し、その上に建築した建物にも損傷が生じて使用不可能になったなどと主張し、被告が大地震による不可抗力等を主張したところ、造成地の崩壊は被告の造成上の瑕疵が原因とし瑕疵担保責任の成立を認めた事例。

平成29年4月21日判決言渡 同日原本領収 裁判所書記官

平成25年(ワ)第230号損害賠償請求事件

口頭弁論終結日 平成29年2月24日

判決

東京都○○○○○○○○○○

原告 X1(以下「原告X1」という。)

福島県須賀川市○○○○○○○○○○

原告 X2(以下「原告X2」という。)

原告ら訴訟代理人弁護士 安藤 裕規

同 安藤 ヨイ子

同 齊藤 正俊

同 渡邊 純

同 武村 陽

同訴訟復代理人弁護士 長谷川 啓

福島県須賀川市○○○○○○○○○○

被告 須賀川市

同代表者市長 A

主文

- 1 被告は、原告X1に対し、2461万8580円及びこれに対する平成25年10月5日から支払済みまで年5分の割合による金員を支払え。
- 2 被告は、原告X2に対し、2657万4130円及びこれに対する平成25年10月5日から支払済みまで年5分の割合による金員を支払え。
- 3 原告らのその余の請求をいずれも棄却する。
- 4 訴訟費用は、これを6分し、その1を原告X1の負担とし、その1を原告X2の負担とし、その余を被告の負担とする。
- 5 この判決は、第1項及び第2項に限り、仮に執行することができる。

事実及び理由

第1 請求

- 1 被告は、原告X1に対し、3636万0038円及びこれに対する平成25年10月5日から支払済みまで年5分の割合による金員を支払え。
- 2 被告は、原告X2に対し、4086万4043円及びこれに対する平成25年10月5日から支払済みまで年5分の割合による金員を支払え。

第2 事案の概要

本件は、原告らが、被告の造成に係る分譲地をそれぞれ買い受けたところ、東日本大震災により上記分譲地が崩壊し、その上に建築した建物にも損傷が生じて使用不可能になったなどと主張して、被告に対し、①主位的には、瑕疵担保責任に基づく損害賠償請求として、②予備的には、不法行為に基づく損害賠償請求又は売買契約の錯誤無効に基づく不当利得返還請求として、原告らが被った各損害額及びこれに対する本件訴状送達日（平成25年10月4日）の翌日を起算日とする遅延損害金の支払を求めた事案である。

1 前提事実(当事者間に争いがない事実)

(1) 合併により被告となる前の旧岩瀬村は、平成4年頃、郡山地方土地開発公社が宅地として造成していた「いわせニュータウン」の分譲を開始したが、別紙物件目録記載1の土地(以下「本件土地①」という。)及び同記載2の土地(以下「本件土地②」というが、本件土地①と合わせて「本件各土地」ということもある。)は、いずれも「いわせニュータウン」内の

分譲地である。

- (2) 原告X1は、平成5年9月26日、旧岩瀬村との間で、本件土地①を代金1156万7580円で買い受ける旨の売買契約を締結し(以下「本件売買①」という。), 所有権移転登記を経由した。
- (3) 原告X2は、平成5年11月21日、旧岩瀬村との間で、本件土地②を代金1098万4130円で買い受ける旨の売買契約を締結し(以下「本件売買②」というが、本件売買①と合わせて「本件各売買」ということもある。), 所有権移転登記を経由した。
- (4) 原告らは、旧岩瀬村から買い受けた本件各土地上にそれぞれ住宅を建築した。
- (5) 旧岩瀬村は、平成17年に合併により被告となった。
- (6) 平成23年3月11日、東日本大震災が発生し、その際の須賀川市の震度は震度6強であった。

2 争点及びそれに対する当事者の主張

(1) 本件各土地の地盤損傷の原因(被告の注意義務違反)及び被告の法的責任

【原告らの主張】

ア 東日本大震災により、本件各土地の存する区画の北側道路に接する部分に存在した二段状の法面が崩壊した。そして、法面が崩壊したことにより、盛土地盤自体が移動し、本件各土地の地盤や本件各土地に面した道路には、最大で2mないし3mに達する亀裂や陥没が生じた。これにより、原告らが本件各土地上にそれぞれ建築した建物は、その基礎部分に損傷が生じるなど、ほぼ利用不能の状態になった。

イ 本件各土地については、その造成時に地盤の安定検討が十分にされず、その施工時に排水対策が十分に施されなかったことにより、宅地設計上想定される程度の地震に対しても十分な安全性が確保されていなかった。また、盛土に当たって安定計算及びそれに基づく擁壁の設置などの対策が必要であったのに、本件各土地の北側法面については、擁壁の設置などの対策が採られていない。さらに、旧岩瀬村は、造成工事前に、本件各土地の近くに池があり、湧水があることを推測できたのであるから、詳細な地盤調査を行った上で、必要な地盤改良の措置等を講じる必要があったにもかかわらず、それを怠っている。

ウ すなわち、本件各土地は、宅地造成以前には、左右(方角としては東西)を丘陵で挟まれた枝谷ないし沢状の地形をしていて、沢状の地形区画の最下部に近い位置にあったことが明らかであるところ、このような地形では、周辺の丘陵部に比べて低いために周辺からの地下水や雨水がたまりやすく、その部分に盛土する場合には地震時に盛土が滑動又は崩壊する危険があることが広く知られている。したがって、本件各土地については、十分な地下水調査や地盤調査の上で安定計算を行い、盛土の締め固めだけでなく、盛土材料や地下排水、法面勾配や擁壁等の保護工法を検討すべきであったのに、これらが十分にされていない。現に、本件各土地の暗渠排水管からの排水量の測定結果によれば、地下水脈の存在が明らかとなっており、ボーリング等による地下水調査を行って、本件各土地の盛土層及び支持層の排水対策をして盛土造成工事をすべきであった。

エ 加えて、本件各土地の北側法面の小段に設置された農業用水路は、用水流量の増大により容易に溢水する可能性が明らかにあるのに、その可能性を考慮した対策(縦排水溝を設置するなど)を全く講じていない。被告とは別の自治体(川崎市)の技術指針であるとはいえ、同指針では、宅地造成の際の法面排水設備について、縦排水溝で上下の排水施設を接続すること、土砂防止流出エヤすべり止め防止コンクリート板を設置することなどが求められている。

オ 上記イないしエの事情は、当時の建築基準法や土木工学会等の基準に照らしでも、本件各土地が宅地として通常備えるべき安全性を欠いたものであることを示しており、本件各土地には民法570条にいう「瑕疵」があるというべきである。そして、本件各土地の瑕疵は、機械ボーリングなどの地質調査の結果初めて明らかになったものであり、買主である原告らが通常行うことが想定される調査では明らかにならないものであるから、「隠れた」瑕疵に当たる。したがって、旧岩瀬村の法人格を承継する被告は、原告らに対し、民法570条の瑕疵担保責任を負うというべきである。

カ 仮に瑕疵担保責任が認められない場合であっても、被告(旧岩瀬村)は、本件各土地が宅地に求められる地盤の安全性を欠くものであることを知り、又は容易に知り得たにもかかわらず、必要な対策を講じることなく、本件各土地を宅地として原告らに販売した点で過失

がある。したがって、被告は、原告らに対し、民法709条の不法行為責任を負うというべきである。

キ 上記オ、力の各損害賠償請求が認められない場合であっても、原告らは、本件各土地に上記オのような重大な瑕疵があることを知っていたら、本件各土地を買い受けることがなかったことは明らかであるから、本件各売買は錯誤により無効である。

【被告の主張】

ア 原告らの主張アのうち、本件各土地に面した道路に最大で2mないし3mに達する亀裂や陥没が生じたことは否認し、原告らが本件各土地上にそれぞれ建築した建物がほぼ利用不能の状態になったことは知らず、その余は認める。本件各土地の北側に面した道路の陥没は、道路災害復旧工事の結果によると2m程度である。

イ 原告らの主張イは否認ないし争う。いわせニュータウンの造成工事は、郡山地方土地開発公社が、平成4年4月20日、Bなどによる特定建設工事共同企業体に発注したものであるが、特定建設工事共同企業体は、当時の福島県や一般の土木工事基準に従って上記造成工事を行っている。すなわち、宅地造成前の本件各土地付近は、畑を開田した水田であって軟弱地盤ではなく、湧水はなく湿地でもなかったが、現場密度試験等を実施して地盤の安全性に問題がない旨確認した上、暗渠排水工事を行って、十分な締め固めがなされ、法面には小段も設けており擁壁を設置する必要はなかった。また、本件各土地周辺は地層的に粘性土及び砂質土の地盤が主体であり、盛土材も粘性土及び砂質土の混合土が主体であったこと、地滑り地に指定された地域でもなかったことなどから、本件各土地の地盤支持力に問題はなかった。

ウ 原告らの主張ウは否認ないし争う。本件各土地の造成前の地形は、水のたまりやすい地形ではなかった。本件各土地を含むU字型の土地は、もともと山であったのを切り開いて畑にし、安積疎水が開通したことから開田されたものであり、航空写真(乙34)で見ても低い土地ではない。また、被告が測定した結果によれば、暗渠排水の排水量は想定範囲内であるから、暗渠排水が十分に機能しており、盛土内への浸透はないと考えられる。本件各土地の周辺では、盛土工事の際、掘削床面の表土はぎをした後、軟弱層等の不良部分を確認したが見つからず、何ら問題なかった。

エ 原告らの主張エは否認ないし争う。本件各土地付近に設置されている安積疎水の通水時期は毎年4月26日から9月10日までの間であり、その間に安積疎水のU字溝に通水される水の量はU字溝の深さの半分程度であり、大雨が降っても溢れることはない。盛土法面への浸透を防止するため排水施設を設置すべきなどという技術指針は現在のものであり、本件各土地の造成工事当時の技術指針ではない。

オ 原告らの主張オないしキは否認ないし争う。本件各土地の造成工事当時に宅地として通常要求されていた安全性は確保されていたのであり、本件各土地に瑕疵は存しない。本件各土地に生じた被害は、東日本大震災の際の震度6強という全く予測できない地震によるものであり、本件各土地の存する区画の造成工事に安全性が欠落していたものではない。

(2) 原告らの損害額

【原告X1の主張】

原告X1には、以下の損害が生じた。

ア 本件売買①の代金 1156万7580円

原告X1は、本件土地①が宅地としての安全性を備えていないことを知っていたら、本件売買①の代金1156万7580円を支払っていないから、同額が原告X1の損害となる。

イ 建物建築費用 2127万2000円

原告X1は、本件土地①が宅地としての安全性を備えていないことを知っていたら、本件土地①の上にログハウスを建築していないから、ログハウスの建築費用2127万2000円は原告X1の損害となる。

ウ 調査費用 21万5000円

原告X1は、原告X2と折半して、本件各土地の地盤調査を行ったが、その費用43万円の半額21万5000円は原告X1の損害となる。

エ 弁護士費用 330万5458円

原告X1は、本件事案の性質上、訴訟遂行を代理人弁護士に依頼したが、その弁護士費用としては、上記アないしウの合計額(3305万4580円)の1割が相当である。

オ 損害合計3636万0038円

【原告X2の主張】

原告X2には、以下の損害が生じた。

ア 本件売買②の代金 1098万4130円

原告X2は、本件土地②が宅地としての安全性を備えていないことを知っていれば、本件売買②の代金1098万4130円を支払っていないから、同額が原告X2の損害となる。

イ 建物建築費用 2595万円

原告X2は、本件土地②が宅地としての安全性を備えていないことを知っていれば、本件土地②の上に住宅を建築していないから、住宅の建築費用2595万円は原告X2の損害となる。

ウ 調査費用 21万5000円

原告X2は、原告X1と折半して、本件各土地の地盤調査を行ったが、その費用43万円の半額21万5000円は原告X2の損害となる。

エ 弁護士費用 371万4913円

原告X2は、本件事案の性質上、訴訟遂行を代理人弁護士に依頼したが、その弁護士費用としては、上記アないしウの合計額(3714万9130円)の1割が相当である。

オ 損害合計 4086万4043円

【被告の主張】

ア 原告らの主張はいずれも争う。

イ 仮に建物建築費用が損害になるとしても、原告X2は、Cと2人で株式会社Dに対し住宅新築工事を発注しているから、建物建築費用の全額が原告X2の損害とはならない。

第3 当裁判所の判断

1 争点(1)について

(1)上記前提事実のほか、証拠(甲1ないし12, 14, 19, 23ないし28, 乙10, 17, 19, 21ないし23, 30, 32ないし36, 38, 42, 証人C)及び弁論の全趣旨によれば、次のような事実関係が認められる。

ア 本件各土地を含む一帯の土地は、後記イの宅地造成以前には、左右(方角としては東西)を丘陵で挟まれた枝谷ないし沢状の地形であって、U字型を形成しており、U字型の開口部から上方に向けて5段の形状をなす水田が段々に連なっていたが、その中でも、本件各土地は、U字型の開口部付近にあって、沢状の地形の最下部近くに位置し、尾根部からは10m程度低かった。(甲 7, 8, 14, 乙10, 19, 22, 30, 34)

イ 旧岩瀬村は、本件各土地を含む一帯の土地を「いわせニュータウン」として宅地分譲することを計画し、郡山地方土地開発公社が「いわせニュータウン」の宅地造成工事を行った(以下「本件宅地造成」という。)。そして、本件宅地造成に当たっては、本件各土地を含む一帯の土地が上記アのような地形であったことから、傾斜をならして水平化するために地表から5mないし5.5m程度の厚さの盛土がされた後、住宅地として区画化され、本件各土地の存する土地区画の北側道路に接する部分に二段状の法面(以下「本件北側法面」という。)が施された。本件北側法面については、「小段は5m間隔で設け、直高5mまでを限界とする。小段幅は1.5mとする。」との計画どおりに施工された(乙17の「3-3小段」の部分)ほか、土質調査結果(火山灰ないし軽石質を多く含んでおり、全体の土質をシルト質砂とする。シルト質砂は統一分類法の砂質土(SM, SC)に属する(乙31の「38頁」と印字された部分。))を踏まえて、盛土法面勾配を「1:1.5」として設計・施工され、盛土への締め固め転圧も実施された。また、本件各土地における本件宅地造成後の盛土高は6m前後であった。(甲 7, 9, 乙17, 19, 22, 38)

ウ 本件宅地造成に際して、地山からの盛土部分への浸透水を防ぐために暗渠排水の設置を計画し、その計画どおり施工したが、本件各土地の近くに養魚池のような池があったため、この池の底にも暗渠排水をつないでいる(以下、本件宅地造成の際に設けられた暗渠排水を「本件暗渠排水」という。本件暗渠排水の経路は乙第23号証に示されている。)。本件暗渠排水の排水口は、本件北側法面下端に設けられているが、現在も上記排水口から水が流

れ出している排水機能を果たしている。本件暗渠排水からの排水量については、季節等によって変動があるものと考えられるが、冬季の比較的降水量の少ない時期(平成26年1月頃又は平成27年12月23日から平成28年2月14日までの間)に測定した結果によれば、1日当たり2tないし4tの排水量が確認されている。(甲23ないし25, 27, 乙10, 19, 21, 23, 32。証人C 22頁, 23頁。なお、本件暗渠排水の排水量測定結果については、原告の平成27年6月12日付け準備書面5の3頁及び平成28年5月24日付け準備書面9の別紙のほか、被告の平成28年7月1日付け準備書面10の1頁も参照)

エ 本件各土地の近くには本件宅地造成前から安積疎水の農業用水路が流れており(本件宅地造成前の流水経路は、被告の平成26年12月11日付け準備書面4添付の図面において、水色のラインで示されている。)、周辺の地域はそれを利用して水田等を耕作していたので、本件宅地造成後も従来どおり安積疎水の農業用水路を設ける必要があり、本件北側法面の小段に安積疎水の農業用水路(U字溝)が設置された(本件宅地造成後の流水経路は、乙第36号証に表示されている。)(甲12, 25, 乙34ないし36, 42)

オ 原告らは、平成5年頃、旧岩瀬村との間で本件各売買を締結して、本件土地①又は本件土地②を買い受けたが、原告X2は、その夫と共同して、平成8年5月に住宅新築工事に係る請負契約を締結して本件土地②上に木造住宅を建築し、住居として利用する一方で、原告X1は、平成10年3月にログハウス新築工事に係る請負契約を締結して本件土地①上に木造のログハウスを建築し、別宅として利用していた。(甲1ないし6, 27, 28, 証人C1頁ないし6頁)

カ 東日本大震災が平成23年3月11日に発生したが、これにより、本件北側法面が崩壊したため盛土地盤が移動し、本件各土地の地盤や本件各土地に面した道路に亀裂や陥没が生じた(以下「本件崩落事故」という。)、その結果、原告らの建物の基礎部分にも損傷が生じた。(甲9ないし12, 25, 27, 28, 証人C 7頁ないし9頁)

キ 原告らより調査を依頼された訴外E有限会社が平成25年5月に作成した報告書においては、本件崩落事故の発生状況につき「地盤の崩壊は、最初に地震により法面に近い敷地北端部で盛土が崩壊し、それに引きずられる形で敷地の奥の地盤に割れ目が生じ、盛土地盤の移動が発生したと考えられる。」「地下水面付近で盛土が軟弱化していることを示すものであり、この部分から盛土崩壊が生じた可能性を示唆するものである。」などと報告されている。(甲7)

ク 原告らは、上記キの調査の際に、本件各土地につき機械式ボーリング等の地質調査を依頼していたところ、その際のボーリングサンプルについて、地質調査会社に依頼して、土の密度・粒度・液性限界・塑性限界の試験を行わせたが、その試験結果によれば、本件各土地の基礎となる盛土層を構成する盛土材料については、砂分(粒径0.075 mmから2 mm)が約50%ないし60%と最も多く、シルト分(粒径0.005 mmから0.075 mm)及び粘土分(粒径0.005 mm未満)がそれぞれ18%から25%含まれている。これらの結果を地盤材料の工学的分類に当てはめると、細粒分質砂(SF)に分類され、大分類でいえば砂質土に分類される。(甲19)

ケ 本件崩落事故の現場については、平成23年5月26日に国の道路災害復旧工事査定を受け、法面につき同年災道路災害復旧工事(以下「公共災工事」という。)が採択されたが、公共災工事の完成後に生じ得る地震、豪雨等や復旧工事法面中段にある安積疎水の農業用水路からの洪水による法面崩壊等の災害を考慮して、法尻の一部にフトンカゴ(72mx2段)を施工して法面の安定を図るべく、市単独災害復旧工事が計画されて公共災工事と同時施工され、両工事とも平成25年3月15日に完成した。(乙33, 被告の平成27年2月16日付け準備書面5参照)

コ F (〇〇大学名誉教授、理学博士)作成の平成28年10月6日付け意見書は、本件各土地付

近の地質と地下水などについて分析したものであるが、その結論部分では、「(1)X2氏宅付近に宅地造成前から湧水があったことを断定できる証拠は得られなかった。しかし、湧水が存在していたと考え、状況を無理なく説明できる点がある。・・・盛土や軟弱層の地下水を排除しやすいように暗渠を配置しようとする、一般的にはそれらの中央部付近になるはずである。わざわざ盛土が薄く、軟弱層がほぼ存在しない場所に配置したのは、湧水があり、その水を排除する必要があったのではなかろうか。(2)X2氏宅付近にあった低地下には、6mを超す有機質の軟弱層がある。・・・こうした点に照らせば、X2氏宅付近の団地造成に当たっては、軟弱層からなる谷埋めの地層の分布や性状を明らかにするとともに、盛土材の性質も考慮に入れて団地の造成を行う必要があったと言えよう。軟弱層や「シラス」類似物質は、地震動や水に対して脆い性質があるからである。(3)X2氏宅一帯は「倒置型」の埋め立てが行われた可能性が高く、盛土下底に滑りやすい有機物を含む粘性土が存在する。盛土下底の粘性土はもともと滑りやすい性質がある上に、盛土内に地下水を蓄えていっそう滑動しやすくなる。2本のボーリングの地下水位は盛土内にあった。「シラス」類似の材料を盛る場合は、いっそう有機物や粘性土を盛土下底に置くことは慎重になるべきであろう。」「谷埋めの軟弱な地層が、2011年3月の地震によって破壊されているか否かは明らかではないけれども、盛土材として使われた「シラス」類似の土は、県道に面する盛土の厚い一帯で大きく破壊されて、住宅等は深刻な被害をこうむった。「倒置型」の盛土の危険性に留意し、また、地下水を蓄えやすい盛土の厚い所にも適切な排水対策がなされるなどしていたならば、はたしてこのような震害が発生していたであろうかと思われるのではない。」などと記載している。(甲26)

(2) 証拠(甲13, 17, 18, 20, 乙31, 37)及び弁論の全趣旨によれば、次のとおり宅地造成や盛土施工等に係る知見等が認められる。なお、後記アないしオの知見は、本件宅地造成前から存在したものであるが、後記力の知見についても、後記アないしオの知見に沿った内容となっている。

ア 昭和49年に土質工学会(現在の地盤工学会)が発行した「盛土の調査. 設計から施工まで」と題する書籍には、法面標準勾配につき「基礎地盤の支持力が十分にあり、基礎地盤からの地下水の流入、あるいは浸水の恐れがなく水平薄層敷ならし転圧された盛土で、必要に応じて浸食の対策(被覆土、植生工、簡易なのりわく、ブロック張り工などによる保護工)を施したのり面の安定確保に必要な最急勾配を示したものである。」などと解説された上、「砂質土」を盛土材料とする場合の法面標準勾配については、盛土高0mないし5mであれば「1:1.5~1:1.8」とされ、盛土高5mないし10mであれば「1:1.8~1:2.0」とされているほか、外的条件として、地山からの浸透水がある場合や、盛土する地盤が軟弱地盤の場合などには、標準法面勾配を使用すると安定上問題となることから、安定計算を主とした検討を要するなど記載されている。(甲13)

イ 昭和60年に福島県土木部が発行した「土木設計マニュアル〔II道路編〕」には、「砂質土」を盛土材料とする場合の法面標準勾配については、盛土高0mないし5mの場合に「1:1.5~1:1.8」とし、盛土小段を設けた場合には、盛土高0mないし10mでも「1:1.5」とする旨が記載され、盛土小段については、「小段は原則として直高5m以上の場合に設けるものとし、小段間隔は直高5m毎を標準とする。又、小段幅は1.5mを標準とする。」などと記載されている。(乙37)

ウ 昭和62年に理工図書株式会社が発行した「全訂新版・宅地造成の実務」は、「砂質土」を盛土材料とする場合の法面標準勾配について、盛土高0mないし5mであれば「1:1.5~1:1.8」とし、盛土高5mないし10mであれば「1:1.8~1:2.0」とした上、「高い盛土の場合、勾配をゆるやかにする代わりに小段(犬走り)を設けることがある。小段は盛土の安定を高め、長いのり面を短く区切ることにより、のり面を流下する水を小段に設けた排水溝で受け、縦下水で流下させることにより流速をおとして、浸食の増大を防ぐほか、維持修繕の場合には足場として利用できることなどの効用がある。小段の幅、位置については、1~2mの幅で直高5m程度ごとに設け、小段には適当な勾配をつける。」などと説明している。(甲20の92頁と印字された部分)

エ 昭和63年に川崎市が作成した「宅地造成に関する工事の技術指針」によれば、盛土法面には、法面への表面水の浸透を防止するために排水施設を設置すべきものとされ、具体的には「法尻及び小段には排水施設を設置し、縦排水溝等により流末処理を行うこと。この場合、流水があふれ、法面を洗掘しないよう処理をすること」が求められている。その他にも、上記技術指針には、宅地造成の留意点として「谷戸、水路、水田、湿地帯、湧水箇所等に盛土をする場合には、有孔管による暗渠等を設置すること」、「宅地造成を行う土地には、雨水その他の地表水等を自然流下により排除する排水施設を設置すること」などが記載されている。(甲18、原告の平成27年7月27日付け準備書面6の添付資料)

オ 平成2年に社団法人日本道路協会が作成した「道路土工要綱」は、盛土法面崩壊の形態の一つである「深い盛土崩壊」について、「高含水比の粘性土で高い盛土を急速に施工した場合には盛土内の間げき水圧が高まって盛土の深い部分から崩壊することがある。また斜面上に盛土をした場合には降雨だけではなく地山からの浸透水を受けて盛土内の地下水位が上昇し、崩壊が盛土全体に及ぶこともある。」などと解説するほか、地震による被害を受けやすい盛土として「既往の地震時における盛土の被害形態や発生しやすい条件を見ると、地盤が軟弱または地下水位が高くゆるい砂質土で液状化を生ずるような場合、山岳部で傾斜がきつい地盤または切り盛り境の場合、谷部を横断する盛土のように常時浸透水を集めやすい箇所で排水施設が不良な場合、地震前の降雨等により盛土の含水比が高い場合などに、きれつ・沈下・崩壊が生じている。・・・予備調査の結果、地下水の排除もしくは地下水位を低下させる必要があると判断されれば本調査を行う。本調査においては代表的な井戸、湧泉などによる水質、水量の変化、主要河川や水路における流量観測、主要箇所のボーリングによる地質調査、電気探査、現場透水試験などを現地状況に応じて行い、地盤の地層構成と地下水の状況などについて詳細に検討を加える。」などとし、特に注意の必要な盛土として「傾斜地盤上の盛土、谷間を埋める盛土・片切り片盛り、切り盛り境では、地山からの湧水が盛土内へ浸透し、盛土を不安定にすることが多い。このような場合は、盛土内へ地下水が浸透しないように地下排水溝を設けたり、排水層を設けて盛土内の水圧の減少をはかるのがよい。・・・また、盛土の地下水位を低下させることは、降雨災害を防ぐことはもちろん、耐震対策としても有効であるとされている。」などとしている。

また、上記「道路土工要綱」は、盛土法面の勾配について、「盛土の標準のり面勾配は、表3-11に示すような、盛土材料と盛土高に応じた経験的な標準値が一般に用いられる。この表における標準のり面勾配とは、基礎地盤の支持力が十分にあり基礎地盤からの地下水の流入、あるいは浸水のおそれがなく、水平薄層転圧された盛土で、必要に応じて浸食対策(被覆土、植生土、簡易なりのり枠、ブロック張工などによる保護工)を施したのり面の安定確保に必要な勾配を示したものである。」などとして、「砂質土」を盛土材料とする場合の法面標準勾配について、盛土高0mないし5mであれば「1:1.5~1:1.8」とし、盛土高5mないし10mであれば「1:1.8~1:2.0」と記載している。その上で、「一般の盛土のり面では、のり肩から垂直距離にして5~7m下がるごとに1~2m幅の小段を設けることが望ましい。」として、小段の基本的考え方につき「(i)管理用道路としての機能および、必要に応じて維持補修用の足場(構造物によるのり面保護工を追加する場合の基礎を設ける場所)としての機能を有している。(ii)低い盛土を除いて施工中および施工後の降雨による浸食防止のために、のり面を流下する雨水流速を弱める。このため盛土小段には排水溝を設けることが多い。」と説明している。(乙31)

カ 平成23年12月発行の「DOBOKU技士会東京」に掲載された「誌上セミナー・若年技術者のための基礎知識」と題する解説文に、盛土によって形成された法面の安定と保護を検討する上で、盛土への水(雨水、地下水等)の浸透を予防し、盛土内の水を排水することが極めて重要であることが指摘されている。また、上記解説文には、盛土の安定(安全率)は、一般に、安全率=抵抗モーメント/すべりモーメントとの計算式で求められるが、盛土内に水が存在する場合には、盛土内に存在する水の水圧(間隙水圧)により、抵抗モーメントが小さくなり、安全率が低くなることや、「盛土の敵は水である」と言われるほど、水が原因となって盛土法面の崩壊が生じるのであって、盛土法面には水を流してはいけないことなどが説明されている。(甲17)

(3) 事実認定の補足説明

ア 被告は、上記(1)アの事実に対して、上記第2の2(1)の被告の主張欄ウのとおり、本件宅地造成前の本件各土地が水のたまりやすい低い土地ではなかった旨主張する。

イ しかしながら、旧岩瀬村が本件宅地造成に当たり平成3年3月に作成した「地盤調査報告書」には、本件各土地を含む一帯の土地について、「調査地は、岩根川と釈迦堂川に挟まれた丘陵であり、標高310m程度の丘陵地頂部と標高270m程度の谷部からなる。これらの丘陵地と谷部は、それぞれ3本の尾根と3本の沢とが交互に南北方向に通っている。また、北側には2つの低地があり、そのうちの1つは北東から東側に続いている。丘陵地北側には、岩根川の谷部として発達した谷部が分布し、南側には釈迦堂川の谷部として発達したものであり、後背湿地およびおぼれ谷などの地形性状が存在する。」などと記載されている(甲14の9頁)。そして、このような記載に沿うように、上記(1)キの報告書でも「調査地に限って見ると、岩根川の枝沢に沿って北東-南西方向ないし南北方向の沖積低地が発達している。また、1974~1978の航空写真を見ると、調査地は北西-南東方向の沢が発達し水田ないし畑として利用されていたことが分かる。」「造成前の地形と空中写真、付近住民の証言及び地質調査結果を照合すると、本地域は幅がやや広い枝谷になっていて、尾根からは10m程度低い平坦地を形成し、水田や畑として耕作されていたものである。」などと記載され(甲7の5頁, 31頁)、本件宅地造成前の航空写真(乙10, 30,)を見ても、U字型の水田様の土地区画が左右(東西)の丘陵上の地形に挟まれた様子を容易に読み取ることができるから、上記(1)アの事実を認めるのが相当である。

(4) 検討

ア 上記(1)カ、キによれば、本件崩落事故は、盛土の基礎地盤が崩落又は沈下するなどして、その上にある盛土の崩落が発生したというのではなく、盛土だけが崩落して生じたものと認められる(盛土自体の崩落については、被告も争っていない(被告の平成26年4月14日付け準備書面2の1頁及び平成27年7月27日付け準備書面7の3頁等)。)が、このような盛土崩落が生じた原因としては、上記(2)オ、カの知見によれば、盛土内に存在する水の水圧(間隙水圧)が高まっていたところへ東日本大震災の地震動を受け、盛土崩壊につながった可能性が考えられる。

すなわち、本件崩落事故が生じた盛土の土質は、上記(1)イ、ク、コのとおり、火山灰質の成分が多く、水を含むと緩くなりやすいところ、本件宅地造成前の本件各土地の地形が上記(1)アのとおりであって、谷状で周辺の丘陵部よりも低いため周辺からの地下水や雨水が溜まりやすい状態にあったのであるから、上記(2)ア、オの知見によれば、盛土の安定性を左右する要因として、盛土内に浸透する水の影響を考慮すべき立地条件であったものと認められる(まさに上記(2)オで「地震による被害を受けやすい盛土」として挙げられた立地条件に当たる。)。現に本件宅地造成に当たっては、上記(1)ウのとおり、地山からの盛土部への浸透水を防ぐために本件暗渠排水を設置しており、上記のような立地条件であることを意識した盛土施工が行われているが、本件暗渠排水においては、上記(1)ウのとおり、冬季の比較的降水量の少ない時期であっても、1日当たり2tないし4tの排水量が確認されており、相当量の水が盛土内に浸透していることが認められる。しかも、本件宅地造成の設計説明書(乙17)によれば、本暗渠と補助暗渠をいわば木の幹と枝(又は葉脈)のように設けて排水能力を高める設計を想定していた(乙17の「V、防災設計」の部分参照)にもかかわらず、実際に施工されたのは本暗渠2本のみであるから(乙23の4 枚目)、本件暗渠排水については、排水能力が十分であるのか、盛土内に大量の水が残存しているのではないかなどといった疑問を禁じ得ない(証人C13頁ないし15頁)。

イ そして、上記(2)ウないしオの知見に照らすと、盛土の安定性を阻害する水を盛土外へ排出する盛土施工を行うことは、本件宅地造成当時においても標準的な工事水準であったものと認められるが、本件宅地造成に当たっては、上記(1)エのとおり、排水溝ではなく安積疎水の農業用水路を本件北側法面の小段に設定しており、標準的な工事水準に反して水を盛土内に呼び込むような事態を招いている。すなわち、上記(2)ウないしオの知見によれば、流下する水により法面の表面が浸食されるのを防ぐため、盛土法面に小段を設ける場合には排水施設を設けること等が推奨されているのに対し、本件北側法面の小段に設定された農業用水路については、農業に必要な大量の水を運ぶことを目的としており、例年、田の代掻きが行われる4月頃から秋頃まで通水しているのが常態である(平成28年5月頃の通水状況については、甲24の写真⑤⑥を参照)から、およそ排水を主目的としたものとはいえないばかりか、コンクリートU字溝の開渠であるため、農業用水路が通水している時期、特に梅雨などの降水量が多い時期には、農業用水路の流量が増大して容易に溢水する可能性を否定

できず(上記(1)ケのとおり、本件崩落事故後には、農業用水路からの洪水による法面崩壊等の災害を考慮して、法尻の一部にフトンカゴを施工して法面の安定を図っているように、農業用水路からの溢水には現実的な危険性があると考えられていたものである。なお、証人C21頁, 22頁), しかも、経年劣化により生じたコンクリートU字溝の割れ目や継ぎ目から水が漏れている様子であること(甲24の写真⑦ないし⑩, 甲25の写真22, 23を参照)も考慮すれば、農業用水路の設置によって、本件各土地の盛土内に大量の水が浸透していたものと強く推認できる。したがって、本件北側法面の小段に農業用水路を設けるのであれば、より排水に配慮すべきであったのに、本件宅地造成に当たっては、上記アのとおり本件暗渠排水を設けたにすぎず、しかも、本件暗渠排水の排水能力が十分なものであるかについては疑問が残っている。また、上記のとおり本件各土地の盛土内に水が浸透しやすい状況にあったのであるから、上記(2)オの知見によれば、効果的な排水措置を検討するためにも、地下水の実態につきボーリング等で調査することを要するが、本件宅地造成に当たっては、本件各土地から相当離れた地点でスウェーデン式サウンディング試験やボーリングが行われているものの、本件各土地付近では、上記試験等は実施されておらず(乙18。なお、被告の平成26年10月17日付け準備書面3の5頁参照)、盛土の排水対策について十分配慮していたとはいえない。

ウ 他方で、本件宅地造成に当たっては、上記(1)イ、クのとおり盛土の土質が砂質土であり、盛土高が6 m前後であることから、上記(2)アないしウ、オの知見によれば、本件北側法面の法面勾配としては「1:1.8~1:2.0」とするのが標準的であるところ、上記(1)イのとおり小段を設けていることから、実際の本件北側法面の勾配が「1:1.5」であっても、一応許容範囲にあったものといえるが、本件各土地の盛土内に水が浸透しやすく排水対策が十分でない状況下では、より安全側に立った検討をすべきであって、本件宅地造成の際に実施された盛土部分の締め固めだけでなく(乙25)、本件北側法面の勾配をより緩やかにしたり、擁壁等の保護工法を実施したりするのが相当であったといえる。

エ 以上によれば、本件宅地造成に当たっては、本件各土地の盛土部分の土質や本件宅地造成前の地形、本件北側法面の小段での農業用水路設置等の事情を踏まえた盛土の排水対策が十分でなく、盛土の安定設計を怠っていたものと認められる。すなわち、上記(1)キの報告書(甲7)において、「盛土地盤の崩壊は、設計時に必要な安定検討をしていないこと、施工時に排水対策を十分行っていなかったことにより、地震に対する必要な安全率を満たしていなかったために発生した」などと結論付けているように、本件各土地は、地震に対して通常宅地が有すべき安全性を十分に有しない状態となっていたものであり、このため、本件各土地の盛土層は、東日本大震災の地震動に耐えられず地盤崩壊を惹起したものであるべきである。確かに東日本大震災の地震動は大きいものであるが、本件崩落事故の誘因となったにすぎず、本件崩落事故の根本的な原因は、上記(1)コの見解にもあるとおり、本件宅地造成の盛土施工に当たり適切な排水対策等を怠ったこと等にあるというべきである。

したがって、本件各土地には民法570条にいう「瑕疵」があると認められるところ、本件各売買の際に盛土造成の危険性等の説明がなく、買主である原告らが一般的な調査で容易に発見できる性質の瑕疵ではないから(証人C4頁, 5頁, 17頁, 18頁)、「隠れた」瑕疵に当たるといえるべきである。

2 争点(2)について

(1) 本件各売買の代金に係る損害

本件各売買の目的物である本件各土地には上記(1)の瑕疵があり、それにより本件各土地は上記(1)カのとおり使用不能の状態に陥っているから、記瑕疵は重大なものであって、社会通念上、本件各土地が社会経済的な価値を有しないものと評価すべきである。そして、そのような社会経済的な価値を有しない本件各土地に対して原告らが支払った代金は、原告らの損害として認めるのが相当である。

したがって、原告X1には本件売買①の代金1156万7580円の損害が生じ、原告X2には本件売買②の代金1098万4130円の損害が生じたものと認められる。

(2) 建物建築費用に係る損害

本件各土地に重大な瑕疵があったために、原告らが上記(1)オのとおり本件各土地上に建築した各建物についても使用不能になったのであるから、その時点での建物喪失価値についても、原告らの損害として認めるべきである。他方で、本件各土地上に建築された各建物は、被告との間の本件各売買の目的物ではなく、建物自体には特段の瑕疵も存しなかったも

のであるから、各建物の建築時から本件崩落事故時までの間に享受できた使用利益のほか、建築時からの経過年数や木造家屋の経済的耐用年数等を考慮すれば、本件各土地の瑕疵と相当因果関係を有する各建物の喪失価値に係る損害としては、各建物の建築に要した請負金額から50%を減額した金額をもって定めるのが相当である。

したがって、原告X1には建築費用(甲5)の半額1063万6000円の損害が生じ、原告X2には建築費用(甲6)の半額1297万5000円の損害が生じたものと認められる。なお、原告X2は、その夫と共同で住宅新築工事を発注しているが、夫婦で協議して本訴請求の内容を定めたものと認められる(証人C 20頁, 21頁)から、上記損害金額を原告X2の損害と認めるのが相当である。

(3) 調査費用

証拠(甲7)及び弁論の全趣旨によれば、原告らは訴外E有限会社に対し依頼した地盤調査の費用43万円を折半して支出しているところ、上記1(4)の瑕疵内容に照らして専門家の助力を得る必要性があることや、上記(1)(2)で認定した損害額等を考慮して、上記費用43万円の全額につき相当因果関係のある損害と認めるべきである。

したがって、上記調査費用に係る損害として、原告らには各自21万5000円の損害が生じたものと認められる。

(4) 弁護士費用及び原告らの損害額

ア 上記(1)ないし(3)を合計すると、原告X1の損害額は2241万8580円であり、原告X2の損害額は2417万4130円である。そして、本件事案の概要やその審理経過、上記損害額等に照らして、原告らの弁護士費用としては、原告X1につき220万円、原告X2につき240万円となる。

イ 以上より、最終的な原告らの損害額は、原告X1につき2461万8580円、原告X2につき2657万4130円となる。

3 予備的主張について

建物建築費用及び弁護士費用に係る原告らの主張(上記第2の2(2)原告X1及び原告X2の各主張欄イ、エ)は、上記2(2)(4)のとおり一部減額して認められているところ、その一部減額部分について、原告らの予備的主張(上記第2の2(1)の原告らの主張欄カ、キ)により認められるか否かが問題となるが、仮に不法行為の成立又は錯誤無効を認めたとしても、上記2(2)(4)の検討結果によれば、一部減額とする結論に変わりはないというべきである。

4 結論

よって、原告らの各請求は、主文掲記の範囲で理由があるから、その限度で認容し、その余は理由がないから棄却することとして、主文のとおり判決する。

福島地方裁判所郡山支部 裁判長 裁判官 上拂大作
裁判官 目黒大輔
裁判官 南雲大輔