

# 山が動く

《第23号》

一般社団法人 斜面防災対策技術協会東北支部





|                                                             |                             |    |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|
| ●ご 挨拶 .....                                                 | 熊 谷 茂 一 .....               | 1  |
| ●特 別 寄 稿                                                    |                             |    |
| ・土の破壊「せん断」 .....                                            | 岩手大学 理工学部 准教授 大河原 正 文 ..... | 2  |
| ・“山が動く”を考える — 地すべり移動のモデル化考 —<br>(株)三協技術、(株)アドバンテクノロジー ..... | 濱 崎 英 作 .....               | 10 |
| ●トピックス                                                      |                             |    |
| 2019年台風19号により宮城県丸森町で発生した斜面災害<br>(公社)日本地すべり学会東北支部合同調査団 ..... | 林 一 成 .....                 | 21 |
| 山形県で発生した令和2年7月豪雨における地すべり災害<br>日本工営株式会社 .....                | 山口裕二、小林基比古 .....            | 27 |
| ●登録地すべり防止工事試験                                               |                             |    |
| ・登録地すべり防止工事試験を受験して<br>国土防災技術株式会社 .....                      | 高 橋 悠 介 .....               | 35 |
| ・登録地すべり防止工事試験を受験して<br>株式会社興和 .....                          | 紺 野 和 広 .....               | 37 |
| ・令和2年度 登録地すべり防止工事試験 ～一次試験出題問題～ .....                        |                             | 39 |
| ●支 部 だ よ り                                                  |                             |    |
| ・東 北 支 部 事 業 報 告 .....                                      | 総務委員会・事務局 .....             | 52 |
| ・技 術 委 員 会 活 動 報 告 .....                                    | 技 術 委 員 会 .....             | 55 |
| ・安全衛生委員会活動報告 .....                                          | 安 全 衛 生 委 員 会 .....         | 57 |
| ・会 員 名 簿 .....                                              |                             | 58 |
| ・賛 助 会 員 名 簿 .....                                          |                             | 59 |
| ・編 集 後 記 .....                                              |                             | 60 |

<表紙題字> 宮 川 和 志  
 <表紙写真> 秋田県「谷地地すべり」(平成27年撮影)  
 ・写真提供: 奥山ボーリング(株)  
 <裏表紙写真> 秋田県「谷地地すべり」(平成2年撮影)  
 ・写真提供: 秋田県河川砂防課

# "山が動く"を考える

## —地すべり移動のモデル化考—



(株)三協技術

(株)アドバンテクノロジー

濱 崎 英 作

### 1. はじめに

当協会東北支部の機関紙名「山が動く」には地すべりを生業にする筆者にとってインパクトのある凄いネーミングと常々感心していた。そこに協会事務局のお一人日特建設(株)の澁谷保さんから原稿依頼が来た。受託のついでに命名されたのは何方かとお聞きしたところ、第1号発刊当時の支部長で元東北ボーリング(株)社長の宮川和志さんではないかとの話だが定かではないようだ。ともあれ、この機関誌名をヒントに地すべりの動き、特に移動量をどのようにしたらモデル化できるか、というテーマで今回は話を進めようと思う。もっとも、この一年のコロナ禍の中で人の動きが不自由な時に「山が動く」をじっくり考えてみるのも一興かと思う。

### 2. モデル化前夜

”モデル化考”の副題をつけたが、昨今の地すべり技術者の皆さんが使う”素因””誘因”の機構解析のなかに少しばかりの新風を吹き込めればいいかな・・・と欲張りのこと。

新風などと言っても話のはじまりは私が20代後半～30代前半(1980年代前半から1990年中期まで)の頃のことだ。30～40年も前のことだ。社会人になって、なんとか斜面防災を生業とすることを前向きに考え始めた青二才の私は、入社二年目にして先輩小俣新重郎さん(現、日本工営株式会社技師長)と仕事を共にするようになった。

小俣さんからは地すべりの見方もさることながら、あるとき前期降雨指数(API:実効雨量ともいう)というものがあって、この式がボーリング孔の孔内水位変化にけっこう合うことを教わった。式は下記である。

$$API \text{ (Ascendant Precipitation Index)} = \alpha^0 \cdot R_0 + \alpha^1 \cdot R_1 + \alpha^2 \cdot R_2 + \cdots + \alpha^n \cdot R_n \quad (1) \text{式}$$

式の意味するところは、 $n$  日前の雨  $R_n$  は減衰し  $\alpha$  (だいたい 0.98-0.9 くらい) の  $n$  乗ずつ減るという概念で、その合計がその日の API。

この API については、私もアルバイトの方をお願いして電卓をたたいてもらいながら日毎の API を計算してもらった。そして、しばらくは水位変動図と降水量の図に API 図を足してグラフ化し報告書にした。当時は3日に一回くらいの手動水位観測が普通だったが、その水位変動と API 変動がうまくシンクロしているのがたくさんあって楽しかった。また、これを使って説明すると、役所の方に多いに気に入って頂いた。

その後、ある勉強会で小俣さんから見せていただいた解析図にもショックを受けた。それが、図-1 である。まだパソコンが使われてない頃のことだから、すべて手書き図である。実にうまい。すごいと思った。

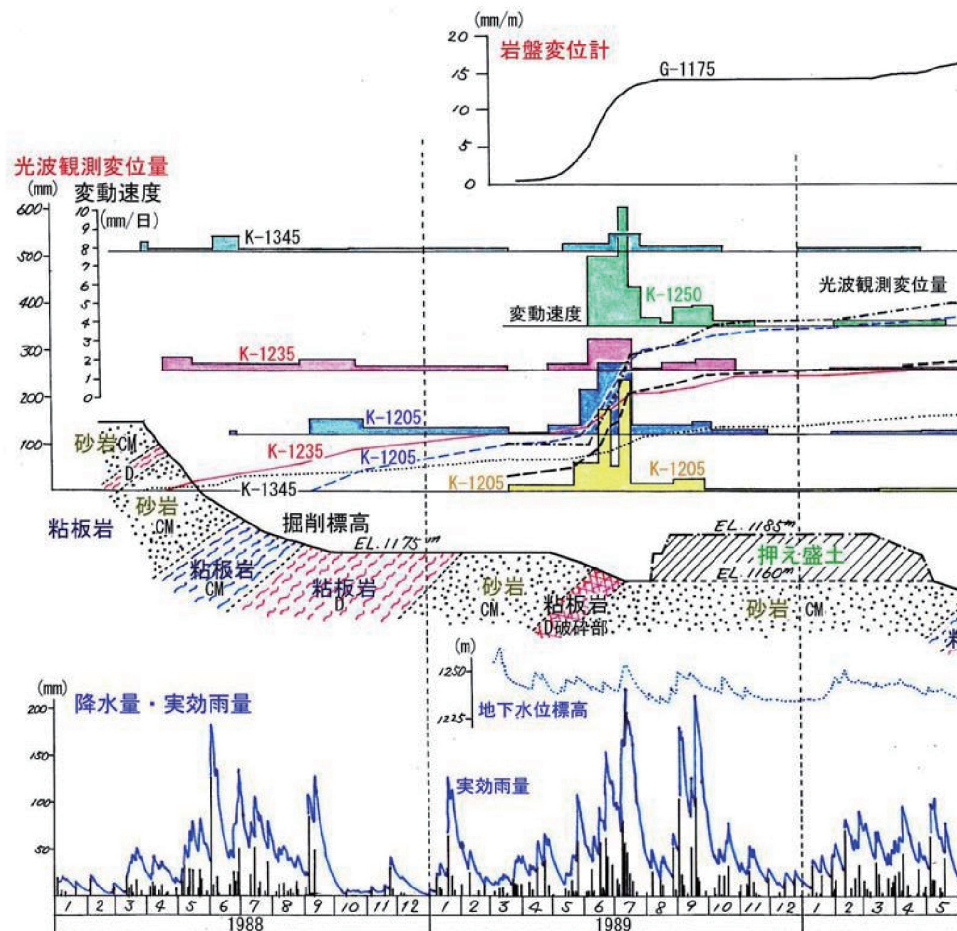


図-1 A 斜面の掘削進捗と計測グラフ（小俣, 2009）

とくにショックを受けた理由は次の三つ。一つは、時系列で最上段に地すべり変位を置き、その他、降水量、API、水位、地質断面、切土・盛土時期などが融通無碍に配置され、ひと目でいつのどのくらいの雨が、どれぐらいの水位上昇が、また、どれぐらいの切土が地すべり移動の原因になっているかわかる。二つ目に盛土対策がよく効いていることがわかる。三つ目はどのような地質のところに盛土をしたとき地すべり変位が沈静化しはじめたのかが一目瞭然である……。おそらくこの図を見せられた役所担当者は、当該地すべり機構をこの一枚で大半理解されたことであろう。もう一つ、この絵を見ると地下水位と実効雨量が似た動きをしている。その一方で、変位速度の形にも似ていることも解る。ずっと後に類似の変動図を見つつ、これを思い出して”ヒラメキの灯”がポッと点った。これは今回のテーマなので、次節で詳しく述べたい。

実は、動きのモデル化前夜としては、もう一つの出来事が最も大きい。

2013年当時、私は日本-クロアチアでの5カ年共同研究プロジェクト「クロアチア土砂・洪水災害軽減基本計画構築」(SATREPS)に参加していて、その最終年度の3月にクロアチア首都のザグレブ市郊外にあるコスタニェック地すべりに設置した伸縮計変動グラフ(図-2)を見せられた。図は、富山県立大学の古谷元先生が送ってきたものである。これは地すべり学会の元事務局長である永井修さんが作られたもので、福囿式の逆数式に当てはめてあった。データからは早ければ4月下旬ころに大変動するのでは、との懸念が生じた。ゾツとした(図-2)。



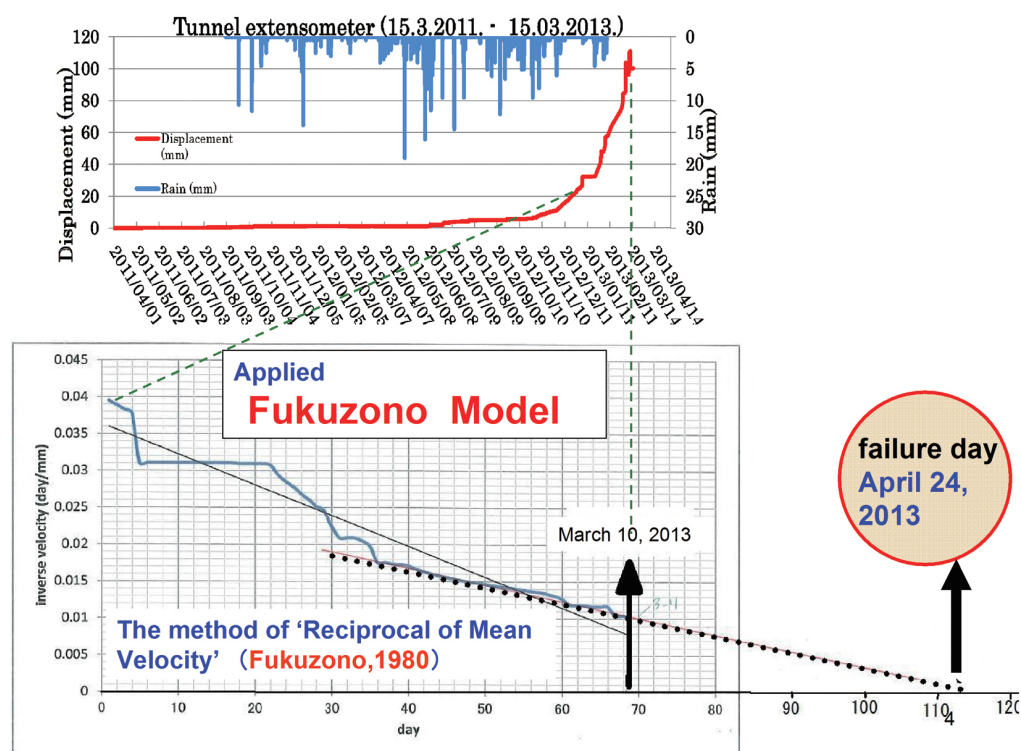


図-2 福園式による滑落予想（永井図に加筆）

現地は、居住地や工場などが地内や周囲に沢山あって大動脈もすぐ下を通る。すぐさま故吉松弘行先生（当時(株)川崎地質）と丸井英明先生（当 SATREPS の研究代表者）に相談し、調査団を作っていただき急ぎザグレブへ向った。着いてすぐザグレブ市危機管理課とザグレブ大学の面々へ緊急性を説明するとともに対応協議をした。しかしながら4月はじめに我々が現地へ着いた頃には、地すべり変動はほぼ収束していたのがその後わかった。

結果として事なきを得たものの、結局は対策らしい対策がないままで、モヤモヤした気分のまま帰国の途についた。その後、両先生とはコスタニェックでの地すべり変動原因究明を含め「地すべり移動速度を予測する物理モデル」の開発について話を続けていたが、残念ながら吉松先生は2015年2月に癌のため逝去された。それからは、丸井先生と何とかこの現象をモデル化したいものだと語りあった。

### 3. モデル化考

ともかく、若い頃の私はいずれ小俣さんのような図を書いて説明出来るようになりたいと思う一方で、その後に関わったコスタニェック地すべりにおいて、何故あのとき対策らしい対策がなかったにも係わらず福園式の予想に反して地すべり変動が収まったのか？それを検証して、再現できる定量的な解析手法（モデル）を作りたいと考えるようになった。

元来、豪雨や地下水位の上昇、切土盛土の人為的な誘因で地すべりが変動することは良く解っていることではあるが、そのときの移動量や移動速度が関連する誘因との関係性で移動が“再現”できれば、次にやるべきことが明確になる。

つまり、移動量における誘因との関係式ができれば、

- ・その地すべりが究極的に崩壊にまで至るにはどれくらいの誘因強度が必要か？

はたまた、崩壊までの時間がどのくらいか？が予測できる。

- ・地すべり対策井戸や押さえ盛土量など、対策諸量をどの程度までかければどれくらい移動量が減少または収束させることが可能なのか？
- ・雨との関係式であれば、長期安定性問題としてどれくらいの確率雨量のときに地すべりの移動がどれくらいまで上昇するのか？そして対策すると、それがどの程度まで収まるのか？

等々の予測が出来る。

実に、このようなものが”予測モデル”を作る利点である。しかし、そのモデルは統計式であれクリープ式であれ物理モデルであれ、まずは現況や過去の移動量に対する原因強度との関係を明確にし、かつその動きを再現できるものでなければ未来が予測はできない。

#### 4. LMDM の提案

2節において、地すべりの変位速度 ( $v$ ) が地下水位上昇に似た動きをしているということを述べたが、 $v$  に依存する地下水の上昇分は安定解析式 (簡便スライス式) のなかで考えると、 $U$  の増加による抵抗  $R (= \tan \phi (N - U) + cL)$  の減少に他ならない。つまり  $R$  は力 (Force) だから、もう一方の力である滑動力 ( $D$ ) が一定であるとき  $U$  の増加に比例して  $R$  が減少 ( $=F$  が増加) し、その結果地すべりの変位速度  $v$  が増加しているのではないかと帰納法的に推論できる。つまりところ移動速度  $v$  に比例して制御力がかかるダンパーのようなものではなからうか？とすればダッシュポットがある。これは粘性抵抗とも言われるものである。図-3 がそれをモデル化した図で、この運動方程式が (2) 式である。基礎方程式は、このような単純なものだと積分すれば一般解として求まることも知られている。

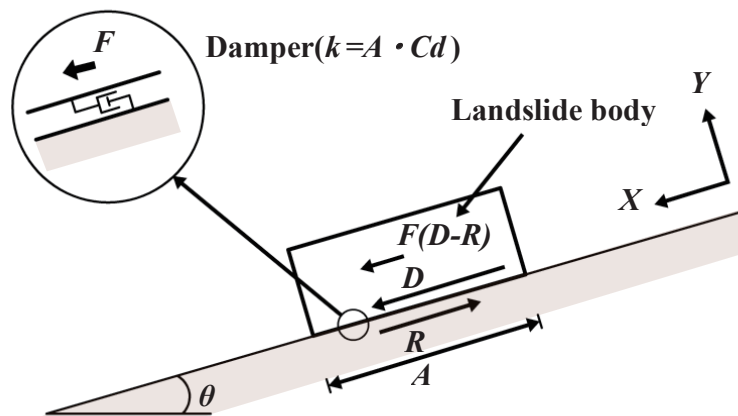


図-3 すべり面にダッシュポットのダンパーを入れた概念図 (濱崎ほか、2016)

$$m \cdot \alpha = F - k \cdot v \quad \dots \dots \dots (2) \text{式}$$

ここに、

$F$  :  $x$  方向の下向きの方力 ( $=D - R$  : kN)

$D$  : 滑動力 ( $m \cdot g \cdot \sin \theta$  : kN)

$R$  : せん断抵抗 ( $\tan \phi (m \cdot g \cdot \cos \theta - U) + cA$  : kN)

$m$  : 移動体の質量 (kg)

$U$  : 間隙水圧 (kN)

$\alpha$  : 加速度 ( $dv/dt$  :  $m/sec^2$ )

$g$  : 重力加速度 ( $m/sec^2$ )



$A$  : すべり面の面積 (m<sup>2</sup>)

ただし断面ではすべり面長さ (m<sup>2</sup> , m 当たり)

$\theta$  : 斜面勾配(°)

$t$  : 時間(sec)

$v$  : 速度(m/sec)

$k$  :  $A \cdot Cd$  (=ダンパー)

$Cd$  : すべり面の粘性抵抗係数(kN・sec/m m<sup>2</sup> 当たり)

この(2)式を積分して求められた一般解が(3)式 である。

$$v = \frac{F}{A \cdot Cd} (1 - e^{\frac{-A \cdot Cd}{m} t}) \dots\dots\dots (3) \text{ 式}$$

(3)式の  $e$  の指数項はマイナス (-) なので、おおむね  $e^{\frac{-L \cdot Cd}{m} t} = 0$  で(4)式となる。

$$v \approx \frac{F}{A \cdot Cd} \dots\dots\dots (4) \text{ 式}$$

この(4)式は、” 地すべりの下方力が正 ( $F \geq 0$ ) の時、移動速度  $v$  は  $F$  に比例して増減する” という重大な意味を持っている。

なお、斜面安定解析の安全率  $F_s$  を、単純に抵抗力  $R$  と滑動力  $D$  の比  $R/D$  ( $=F_s$ ) とすると、下向きの力 (下方力 :  $F$ ) は  $F=D-R$  である。 $F_s > 1$  では  $F < 0$  であるが地すべりは上向きには滑りえない。これは、元来  $R$  が極限の抵抗力 (抵抗力の最大値) を示しているだけなので  $D$  が増加しても  $F_s < 1$  でいるあいだは反力として働くだけで  $D=R$  でしかないからである。すなわち  $F_s > 1$  である間は  $F=0$  である。しかし  $D > R$  となって  $F_s$  が 1 を割ると、 $F=D-R$  は下向きに正の力が働き地すべりは動き出す。地すべり観測データを紐解いてそのグラフを見ると、地下水などの上昇で地すべりの動きだしの臨界点 ( $F_s=1$ ) が見える仕組みはここにある。このモデル式を使ってコスタニェック地すべりの移動再現を試みたのが図-4 である。やはり地下水の自然低下と共に地すべりが緩慢化して行く様子が概ね再現された。

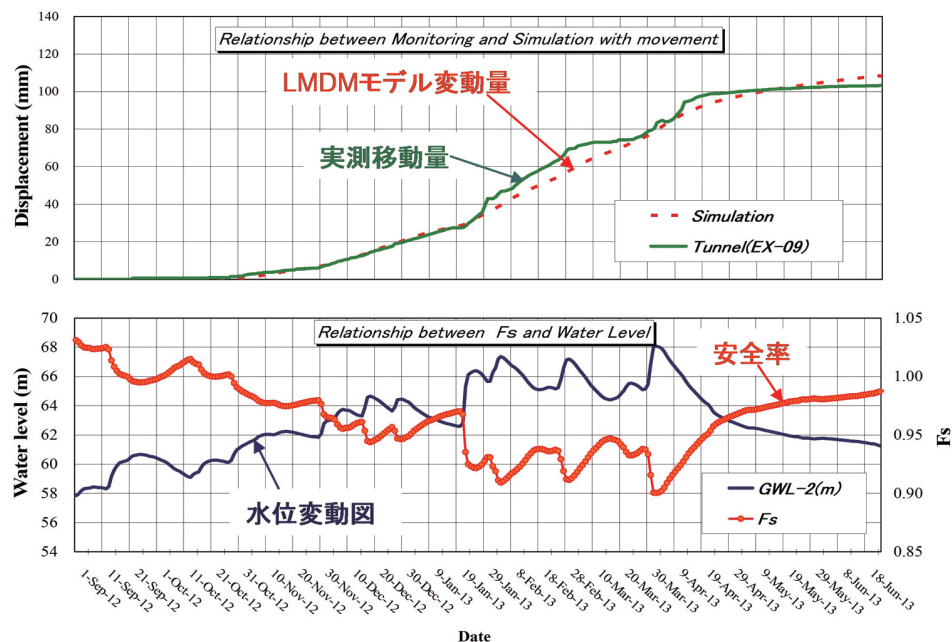


図-4 コスタニェック地すべり変動の再現(濱崎ほか、2016)

これでコスタニェック地すべりでのモヤモヤが晴れた。その後、式は「質点系ダンパーモデル (Lumped Mass Damper Model=LMDM)」と命名された (濱崎・丸井ほか, 2016)。

繰り返しになるが、作られるモデル式は、いくつもの事例で再現性を試されて初めて一般化される。つまりモデルの妥当性は、多くの現場で過去～現況の観測データから再現検証される必要がある。

## 5. LMDM の適用と再現

これまで述べてきたように、安定計算式の下方力 ( $F$ ) の増加要因を考えると間隙水圧  $U$  の増加だけでなく地盤の荷重変化に関わる  $D$  の増加や  $R$  の減少もある。だからアンカーや杭の抵抗力も LMDM 計算の仕組みに入れることが可能であるのだ。元来単純な関係式なので  $D$  の増加や  $R$  の減少も一つのアイテムに限って考えると線形一次式に帰結して非常に分かりやすい。ここでは、地下水低下に関わるケースと、盛土施工で滑動し、それを除去する過程で地すべりが沈静化したケースの 2 つの再現事例を紹介する。

### 5.1 集水井工の地下水低下効果による移動量低下再現

この事例は、0 県の W 地区に発生した大規模地すべりで、長軸約 450m、短軸約 200m の大規模なもので最大層厚は 60m を超えている。5 月に地すべり頭部の亀裂が発見されたのを端緒に、その後地すべりは活発化して高速に滑動した。

当地すべりの最大日変位は 34cm もあり、最終的にトータルの移動距離は 5m 以上に達している。また、複雑なすべり面形状を有することから、三次元安定解析 (修正ホフランド法: 吉松式) を用いて検討された。対策工としては、当三次元安定解析を用いて集水井工並びに杭工を計画して実施され、地すべり周辺に設置した集水井工事の効果もあってその後は沈静化に向かった。

なお、三次元安定解析では日々の水位 (23 時) を元に計算され、その間隙水圧  $U$  と  $R$ 、 $D$  をそれぞれ日毎で計算して算出した。移動が停止に近い 2017 年 8 月 1 日を臨界 ( $F_s=0.99$ ) とし、このときの水面形を初期水位とした。また、ボーリング孔内水位と周辺の河川標高等を考慮してクリギングによってメッシュ節点の初期水位として求め、これをもとに三次元安定解析の初期間隙水圧  $U$  とした。それ以降の日々の間隙水圧は、観測された日々のボーリング孔内水位と初期水位との差分からメッシュデータを補間計算してすべり面に作用する水頭差を用いて計算した。対象とされたボーリング水位孔は 18 孔である。その解析図を図-5 に示す。

この間隙水圧 (図-5 の中段:  $U$ ) は降水量 (下段:  $Rain$ ) との反応が明らかに良いことから、集水井対策前の期間を使って実効雨量解析を行った結果、ほぼ  $U$  の時系列変化が再現された (中段:  $EPM\_U$ )。また、実測の  $U$  と実効雨量の  $EPM\_U$  を共に使ってそれぞれに LMDM 解析を行った (上段)。LMDM 解析の結果、実測  $U$  では全期間の移動量が再現され (上段:  $S-I$  と  $LMDM\_X$ )、実効雨量を使った  $EPM\_U$  では対策工の無い場合としてのモデル移動量が計算できた (上段:  $LMDM\&EPM$ )。なお、この結果から水抜きによる間隙水圧低下効果は、安全率で 5% 程度であったことが別途計算でわかっている。



実は対策工の開始から終了まで2度の大雨があったが、この間、無対策の場合には8ヶ月で100cmまで移動が拡大するところが、このモデル解析を行うことで40cm強の移動に収まったこともわかった。すなわち水抜き工によって移動量にして60cmが低減し、約4割にまで収束したことがわかる（上段：LMDM\_XとLMDM&EPM\_X）。

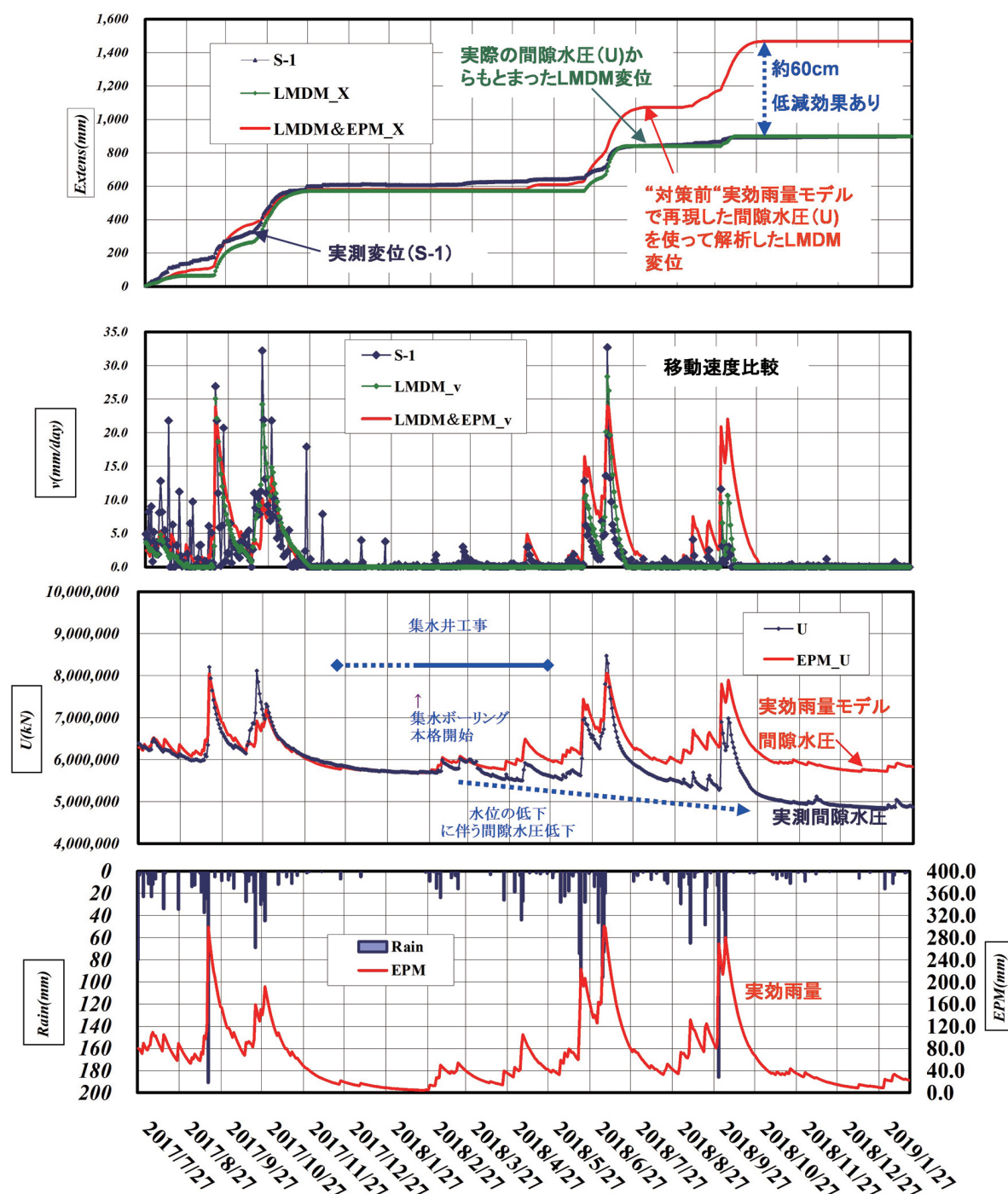


図-5 連続三次元安定計算に基づくLMDM解析結果と実移動との比較（江藤ほか, 2019）

## 5.2 頭部盛土除去による地すべり移動量低下再現

T地区地すべりは頭部に載荷した道路盛土がすべりを誘発し、その後、頭部盛土をステップごとに排土して行く過程で地すべり変動が徐々に収まった。この移動量の現況再現モデルを紹介する。これはかなり前の「土と基礎 37-2」に掲載されたもので、図-6の断

面図がそれである。掲載図には末端付近のすべり面形状は示されてなかったが、平面図とH鋼歪み深度などが掲載されており、これらから類推して円弧すべりを作成した。

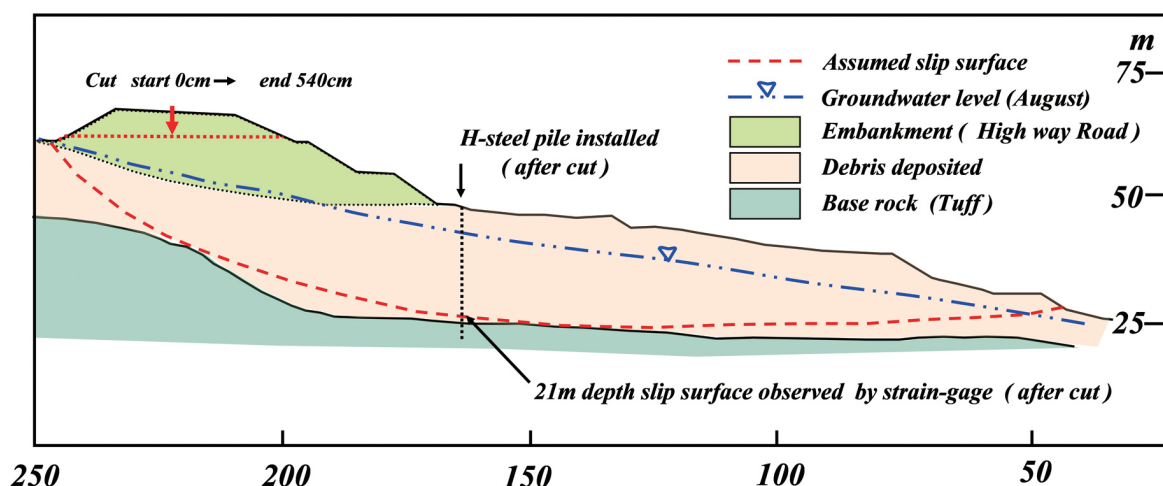


図-6 T地すべり地質断面図（濱崎ほか、2016）

安定度には修正フェレニウス法を用いて排土ステップ毎に解析し、*LMDM* 法に  $R$  と  $D$  を渡した。変動量の時系列応答計算結果を図-7 に示す。8月12日に移動速度15mm/日あったものが、急遽始められた排土工により8月18日以降は十分な排土量に達し安全率( $F_s$ )は1.0を超えて $F=0$ となった。結果、変位はほぼ無くなった。それ以前での累積移動量を見ると観測値と解析値の傾向がほぼ同じように推移している。つまり、この*LMDM*法での解析は、水圧上昇による地すべり変動解析だけでなく、地すべりの頭部の盛土除去の効果判定として地すべり移動速度の低下予測にもおおむね使用可能と判断された。

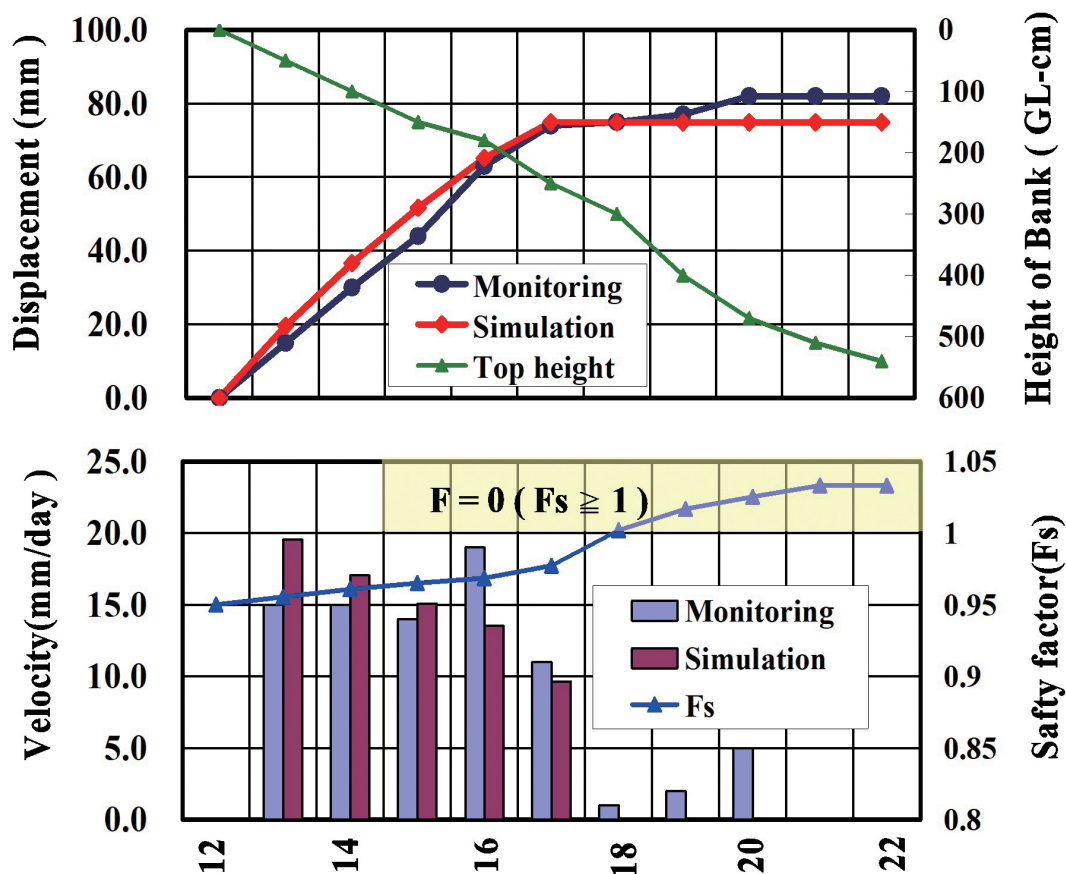


図-7 頭部盛土载荷低減地すべりのLMDMによるモデル再現（濱崎ほか、2016）

## 6. モデル化の未来

筆者は、モデル化によって地すべりの近未来から遠い将来までの移動に関する幅広い予測を可能にすることが夢だ。なお、動きの方向については、*SlopeRBSM3D* のバネ低減を使った解析モデルを試行中である。ただ、今すぐにも必要とされ幅広く使われていくべきものがあるとなれば、それは移動速度や移動量を再現するモデルであろう。

短期予想としては、地すべりの崩落予測や地すべり緊急対策の効果予測等である。

実際のところ、*LMDM* も 2 次クリープ段階での予測にはおおよそ使えるが 3 次クリープから滑落に至るところは *LMDM* の粘性抵抗 ( $C_d$ ) 低減など異なるアルゴリズムの追加が必要と考えている (図-8、濱崎ほか、2019)。

そのような工夫を重ねることで、崩落の厳密なモデル化が可能かもしれない。また、粘性抵抗係数の低減を必要とする段階こそが、滑落に近づく前段階の閾値になる気もする。その先からは、降雨や水位上昇などの付加要因がなくとも自律的な破壊が進むのかもしれない。そうすると、クリープモデルである斎藤式や福岡式などとのカップリングこそが重要かもしれない。

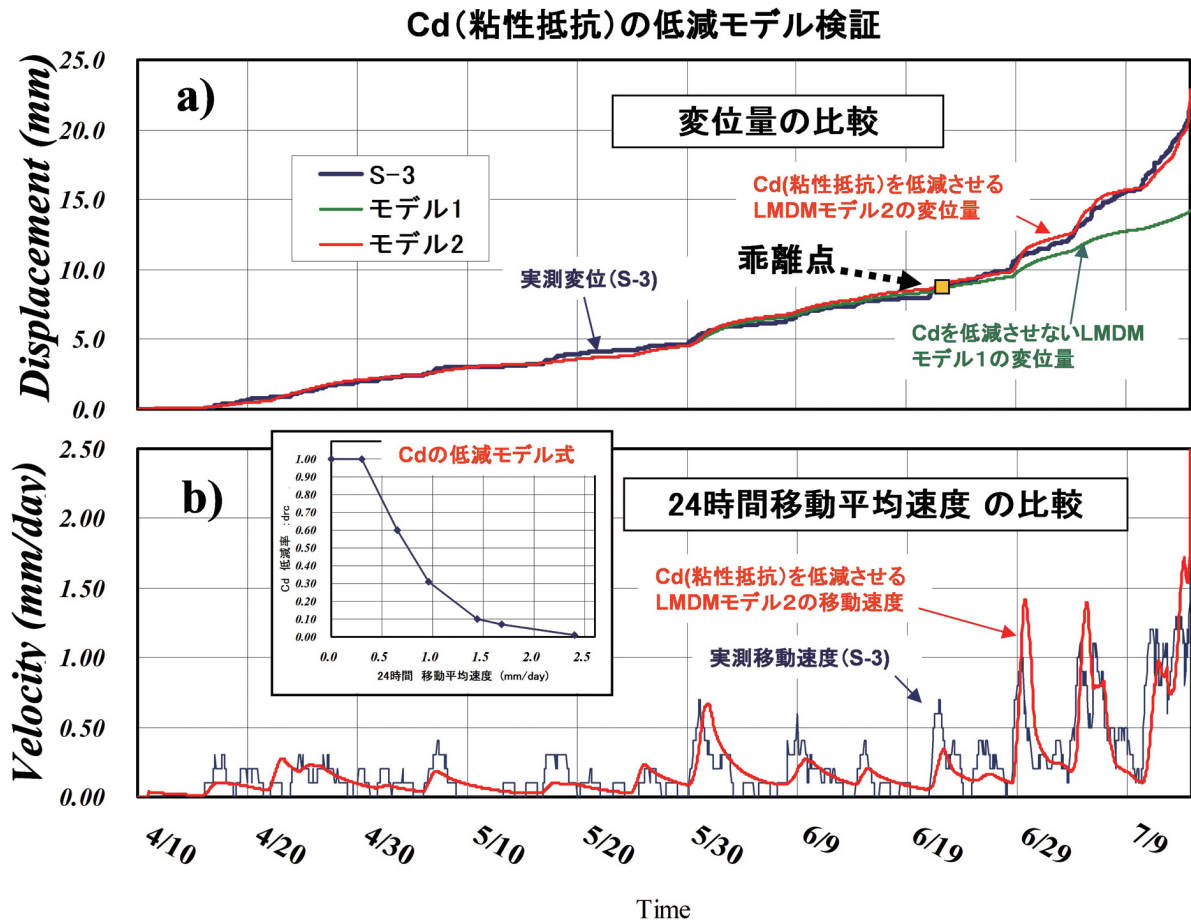


図-8 地すべり崩落までの *LMDM* によるモデル再現 (濱崎ほか、2019)

もう一つは長期予想である。つまり移動量に関する *LMDM* 法のようなモデル化は、これまで実施してきた対策工の長期的安定性評価に寄与すると考える。概成判断に苦しむ地すべり防止区域の事例があることをよく耳にする。それは水抜き対策工が十分に行われていて水位もある程度は下がっているにもかかわらず、地すべり変動そのものは完璧に止まっ



ていないような地すべりのケースである。実は、ここで考えなければならないことは、すべての地すべりは完璧に止めなければ駄目なのか？ ということである。

近年の性能規定概念に従えば「地すべりの維持管理に関わる対策設備の性能条件は何か？」が問われるべきであろう。その場合、たとえば保全対象が△△国道で、これを横断する〇〇地すべりがあるとすれば、その要求性能は「△△国道を維持管理補修する上で〇〇地すべりの変動が許容される限界移動量、移動速度はどれくらいか？」と考えられる。

そして「その維持管理上の限界移動量に対し、防災施設はどれくらいの外的条件まで許容しうるか？」ということを見極めることが肝要であり、そのための〇〇地すべり移動を反映するモデル化がもとめられるのである。

特に地下水に起因する移動量モデル構築に対しては、*LMDM* は一つの手法になりうるであろう。しかしながら、それ単独では不十分である。モデル化には安定解析の選定（たとえば修正ホフランド法や *RBSM* 法）に加え、地下水位変動や間隙水圧のモデル化を可能にする非定常（時系列）地下水流動解析が重要になってくる。簡易にはタンクモデルや図-5で示したような実効雨量解析などがあるが、詳細には地質や境界条件などを考慮した地すべり地内の非定常（地下水時系列変化）のモデル再現が必要だと考えている。つまり移動量のモデル再現には、非定常地下水流動解析プログラム（ex: *Modflow*）を使って時系列に応答する水頭値をモデル化（再現解析）し、それを基に安定解析（ex: *RBSM* 法）を行い時系列での *R* と *D* を計算してはじめて *LMDM* で移動量の再現が可能となる。

なお、我々の住む東北の地は積雪地帯が多く、融雪期に滑動する地すべりが多い。この場合、*LMDM* のモデル適用前に融雪水を考慮した融雪換算降水量の時系列モデルを作成し、その後に非定常地下水流動解析で時系列水位計算を行うことが肝要である（たとえば菅原モデル、1972）。

## 7. おわりに

”山が動く”とは「ちっとも進まない物事があるときやっと進み出す」ときに使われる言葉でもある。現在の地すべり解析では対策工効果判断において、もっぱら最高水位だけの安定計算をして、それが計画安全率を満足するか否かが中心となっている。しかし、地すべりのモニタリング技術が向上し充実する中、解析を精緻にすることも可能となっている。すなわち、性能規定を取り入れる条件が整ってきているのではなかろうか？ だとしたら「地すべり移動量」をモデル化して再現解析することがより重要になる。一方で、それに能うモデル式が *LMDM* のほか榎田式(1994)とか若井式(2021)とか徐々にではあるが整いつつあると思う。

”山が動き”始めているかもしれない。

ただしモデル作りには、地すべり技術者が現場を熟知して観測データを読む力を蓄えることが出発点であると思っている。モデル作りを始める前に、できれば既存の観測プログラムの出力図だけに頼らないで、自らが降雨、地下水位、変位等々の時系列データの一つ一つ図中に落とし込んで総合的に判断する力を蓄えていって欲しい。

もし、この寄稿が若手技術者のモデル化作りの端緒になれば望外の喜びである。

以上

【参考文献】

- 1) 江藤大・上妻良昌・大鶴泰史・濱崎英作(2019)：日連続安定計算に基づく集水井対策の効果評価その2-実効雨量法と質点ダンパーモデル(LMDM)を使って-、第58回日本地すべり学会研究発表会 講演集 2-21, pp. 85-86
- 2) 榎田充哉・市川仁士・大宅康平(1994)：地下水位と移動量の関係に基づく地すべりの移動特性とモデル解析, 地すべり, vol. 31, No. 2, pp. 1-8.
- 3) 小俣新重郎(2009)：岩盤斜面の地すべりの発生と減災に関する実証的研究, 博士論文, 京都大学, 178p.
- 4) 藤野徹・内堀真吾・奥園誠之(1989)：コルゲートパイプを利用した軽量路体による地すべり抑制効果, 土と基礎, 37-2(373), pp. 19-24
- 5) 福岡輝旗(1990)：平均速度の逆数による斜面崩壊発生時刻の予測, 防災科学研究所研究報告, 46, pp. 45-81.
- 6) 濱崎英作・丸井英明・吉松弘行・加藤猛士・古谷元・王純祥(2016)：地すべり移動速度を予測するためのダンパー質点系モデル, 日本地すべり学会誌, Vol. 53, No. 4, pp. 128-133.
- 7) 濱崎英作・丸井英明・古谷元(2016)：質点系ダンパーモデル(LMDM)による地すべり変位量予測法—解析手法と事例—, 平成28年新潟大学災害・復興科学研究所流域保全学研究部門年報, No. 3(2016), pp. 213-313.
- 8) 濱崎英作・丸井英明・池田浩二・山邊康晴・古谷元・石川晴和(2019)：岩盤すべりにおける定常運動から崩壊に至る加速を表現する質点系ダンパーモデル, 日本地すべり学会誌, Vol. 56, No. 2, pp. 69-76.
- 9) 丸井英明・吉松弘行・濱崎英作・加藤猛士・王純祥(2013)：クロアチアの土砂・洪水災害軽減のための共同研究(Ⅱ)—活性化した地すべりに対する緊急対応事例—, 水利科学, No. 332, pp. 146-167.
- 10) 斎藤迪孝(1987)：斜面崩壊時刻予測のためのクリープ曲線の適用について, 地すべり, vol. 24, No. 1, pp. 30-38.
- 11) 菅原正巳(1972)：水文学講座 7 流出解析法?, 共立出版, 257p.
- 12) 若井明彦・小谷健太・大澤宗一郎・Deepak Raj Bhat・相楽渉・(2021)：安全率と地すべり速度の経験則を粘性定式化に応用した地すべり運動の有限要素シミュレーション, 日本地すべり学会誌, Vol. 58, No. 1, pp. 1-15.
- 13) 吉田郁夫・小林佳嗣・濱崎英作・国分新市(1987)：孔内水位と降雨の相関性について, 第27回地すべり学会研究発表会講演予稿集