

メンテナンス元年

土構造物の予防保全のための 調査・設計・対策法に関する ひとつの提案

有限会社太田ジオリサーチ
太田英将

<http://www.ohta-geo.co.jp>

2012年12月の笹子トンネル天井版崩落事故を契機に、社会インフラの老朽化が大問題となっていました。2013年8月4日のNHKスペシャルでは「調査報告 日本のインフラが危ない」という番組が放送されました。1984年の「コンクリートクライシス」と同様に、造ったはいいけれど、維持管理のことなど考えていなかった、というようなことが問題になってきたわけです。国は2013年を「メンテナンス元年」と命名し、社会インフラの維持管理に本格的に乗り出す構えです。しかし、報道等をみても、橋梁やコンクリート構造物に偏っており、実際最も障害発生頻度の高い土構造物や自然斜面には、いまだにあまり注目されていないようです。

コンクリートや鋼材は目で見ることが簡単なので注目されがちですが、災害のたびに壊れているのは、土構造物です。

新設・補修と維持管理の違い

- 「新しく造る」「壊れたものを直す」

目的が明確、合意が得られやすい
予算が確保できる、「安全側」で設計
一品豪華主義が可能、そこだけできればOK
企業として利益が上げやすい…やる気満々

N値・
標準値
信仰

- 「現在の状態を評価する」

目的は曖昧ではないが、合意が得られにくい
予算確保が難しい（まだ壊れてないじゃないか！）
「安全側」でも「危険側」でもダメ
一品豪華主義は不可能、全部できなきゃダメ
企業として利益が上げにくい…やる気ない

²
<http://www.ohta-geo.co.jp>

これまでの建設業・建設関連業は、「新しく造る」か「壊れたものを直す」ことを仕事としてきました。調査・解析・設計のルールも、企業の利益構造も、そのことを前提として組み立てられてきていました。

10年以上前から「これからは維持管理が重要だ！」と言われ続けていましたが、実際土構造物に関しては、ほとんど維持管理側へのシフトは見られません。せいぜい、目視による「防災点検」程度です。崩壊跡が多い斜面は危険で、崩壊跡の無い斜面は安全、といった特別論理的な根拠が無い判定基準で危険度評価がなされているようです。

新しく造ったり、壊れたものを直したりする際には、ボーリング調査や土質試験・原位置試験などお金を掛けた調査がなされ、同時に「わかりにくいものは無視して安全側に設計する」という方法論が用いられます。N値から土質強度を換算式によって、cのみ、またはφのみを求めるということが行われているのは「安全側」という合意に基づくものです。しかし、実際の土にはcもφも当然のことながら同時にあります。

維持管理は、現存するまだ壊れていない斜面が「外見上は壊れていないけれど、壊れる寸前なのか、まだまだ大丈夫なのか」ということを評価しなければなりません。そこには「安全側」思想は存在しません。盛土法面などは、仕様通りに造られているのだから、「安全なはずだ」という思い込みで放置されていることが多く、「壊れてから直せばよいではないか」という態度です。

「安全側」なら何でも許される、というのはどこかで聞く「愛 無罪」と同様に思考停止指向です。

維持管理では

N値・標準値信頼から脱却

N値4以下の土のc・φ

赤色: 土層強度検査棒によるc・φ

黒色: 簡易貫入試験による換算N値

n=7

n=10

n=13

n=16

n=19

n=22

n=25

n=28

n=31

n=34

n=37

n=40

n=43

n=46

n=49

n=52

n=55

n=58

n=61

n=64

n=67

n=70

n=73

n=76

n=79

n=82

n=85

n=88

n=91

n=94

n=97

n=100

n=103

n=106

n=109

n=112

n=115

n=118

n=121

n=124

n=127

n=130

n=133

n=136

n=139

n=142

n=145

n=148

n=151

n=154

n=157

n=160

n=163

n=166

n=169

n=172

n=175

n=178

n=181

n=184

n=187

n=190

n=193

n=196

n=199

n=202

n=205

n=208

n=211

n=214

n=217

n=220

n=223

n=226

n=229

n=232

n=235

n=238

n=241

n=244

n=247

n=250

n=253

n=256

n=259

n=262

n=265

n=268

n=271

n=274

n=277

n=280

n=283

n=286

n=289

n=292

n=295

n=298

n=301

n=304

n=307

n=310

n=313

n=316

n=319

n=322

n=325

n=328

n=331

n=334

n=337

n=340

n=343

n=346

n=349

n=352

n=355

n=358

n=361

n=364

n=367

n=370

n=373

n=376

n=379

n=382

n=385

n=388

n=391

n=394

n=397

n=400

n=403

n=406

n=409

n=412

n=415

n=418

n=421

n=424

n=427

n=429

n=432

n=435

n=438

n=441

n=444

n=447

n=450

n=453

n=456

n=459

n=462

n=465

n=468

n=471

n=474

n=477

n=480

n=483

n=486

n=489

n=492

n=495

n=498

n=501

n=504

n=507

n=510

n=513

n=516

n=519

n=522

n=525

n=528

n=529

n=530

n=531

n=532

n=533

n=534

n=535

n=536

n=537

n=538

n=539

n=540

n=541

n=542

n=543

n=544

n=545

n=546

n=547

n=548

n=549

n=550

n=551

n=552

n=553

n=554

n=555

n=556

n=557

n=558

n=559

n=560

n=561

n=562

n=563

n=564

n=565

n=566

n=567

n=568

n=569

n=570

n=571

n=572

n=573

n=574

n=575

n=576

n=577

n=578

n=579

n=580

n=581

n=582

n=583

n=584

n=585

n=586

n=587

n=588

n=589

n=590

n=591

n=592

n=593

n=594

n=595

n=596

n=597

n=598

n=599

n=600

n=601

n=602

n=603

n=604

n=605

n=606

n=607

n=608

n=609

n=610

n=611

n=612

n=613

n=614

n=615

n=616

n=617

n=618

n=619

n=620

n=621

n=622

n=623

n=624

n=625

n=626

n=627

n=628

n=629

n=630

n=631

n=632

n=633

n=634

n=635

n=636

n=637

n=638

n=639

n=640

n=641

n=642

n=643

n=644

n=645

n=646

n=647

n=648

n=649

n=650

n=651

n=652

n=653

n=654

n=655

n=656

n=657

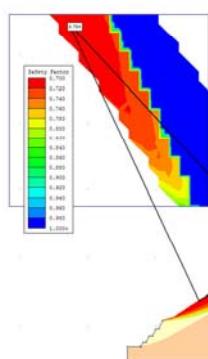
n=658

n=659

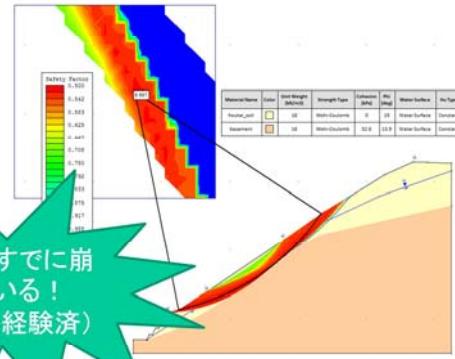
n

換算N値から逆算法の混沌へ

$C=0, \varphi=25$ 度、地下水なし
 $F_s=0.7$



$C=0, \varphi=25$ 度、地下水あり
 $F_s=0.5$



4
<http://www.ohta-geo.co.jp>

換算N値から何となく推定した $\varphi 25$ 度で安定計算すると、地下水が無い場合でも $F_s=0.7$ となります。そこに常時存在してはいけないものが存在していることになります。台風の大雨で崩れたのですから、地下水を設定しないとまずいので、さらに地下水の条件をだいたいで加えてみると、 $F_s=0.5$ くらいになります。安定計算が成り立ちません。

そこで実務を前に進ませなければならないコンサルタントは、「実測値から推定した地盤強度では現状が再現できないので、崩壊時の安全率を $F_s=0.9$ と仮定する」とやります。この「仮定」によって、cが復活してきます。実際に崩壊したところでは、逆算してもまあそれほどおかしなことにはなりませんが、もしこの場所が「まだ崩壊していない斜面」だとすれば、どうやって安定度・危険度を評価するのでしょうか？

斜面問題で、換算N値強度をつかって安定計算をしたことがある人が、100%経験する「存在しないはずの斜面の存在」が、土質試験不要、逆算でいいじゃん、の流れを創りだしました。計画安全率という魔法をかけると、

$$\text{計画安全率} Pr = (F_{sp} - F_s) \times \Sigma T$$

という、土質強度を全く使わずに斜面対策が設計できてしまいます。換算N値強度では現状すら説明できないですから、調査などいらないうことになってきてしました。

土層強度検査棒

換算N値ではなく直接c・φ計測へ

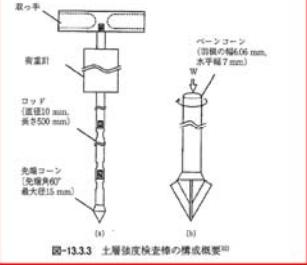
地盤調査の方法と解説



第6編 サンディング 第1.3章 規格・基準以外の方法

13.3.2 土層強度検査棒

土層強度検査棒 [Soil Strength Probe, 以下、土検棒] とは、土層の強さや強度を簡単に測定する試験機である。試験方法は、2種類あり土検棒貫入試験及びベーンコーンせん断試験が可能である。土検棒の構成要素を、図-13.3.3に示す。また、各試験方法の外観を図-13.3.4に示す。土検棒貫入試験は、図-13.3.4(a)に示した逆端角60°、最大径15 mmの先端コーンが付いた直径10 mmのロッドを人力で静的に押しこむことで土層強度を簡単に測定する試験である。



精度は換算N値以上、土質試験以下

5
http://www.ohta-geo.co.jp

実際に起きた現象ですら再現できないのに、現状評価や将来予測など夢のまた夢です。

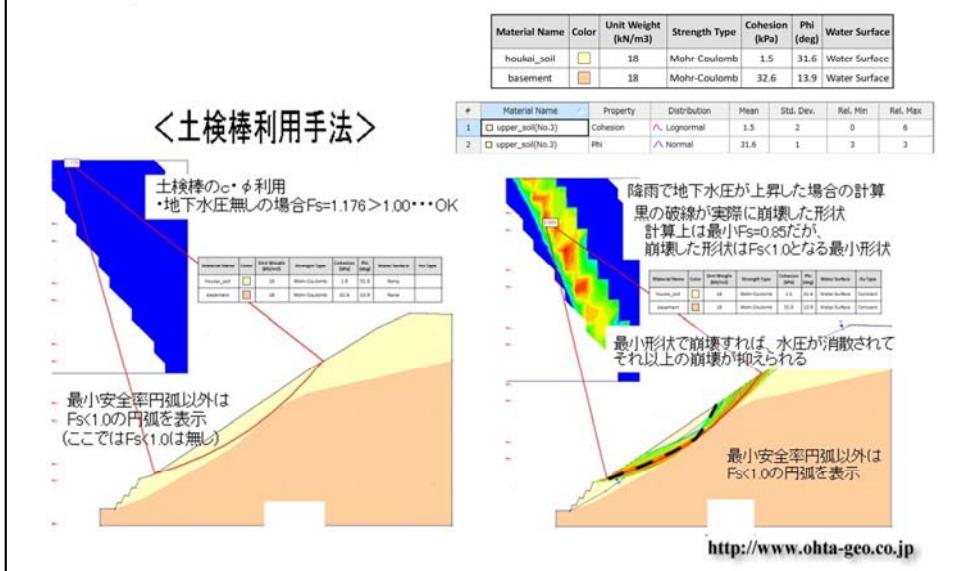
何故こんなことが起きるのかというと、N値からの強度換算式が「新設のルール＝安全側のルール＝最低値」で造られているからです。もともと維持管理するつもりがあってつくられたものではありません。

現状の評価は、現状の状態をデータとして取り込まないとできません。土木研究所の佐々木靖人さんがその解決方法として、「土層強度検査棒」を開発されました。これは、ベーンコーンに荷重をかけて回した時のトルクを計測することによってc・φを求めるというものです。三軸圧縮試験的です。実際、換算するもとになっているデータは同じ場所の三軸圧縮試験結果です。三軸試験結果との相関関係を利用するという、土質力学の王道を行く人にとってはあまり受け入れたくない方法が用いられています。

相関関係を取るデータが三軸試験結果なので、その精度以下にしかならぬのは当然のことです。しかし、安全側という立場で超単純化した換算N値よりは相当マシです。精度としては「換算N値以上、土質試験以下」という位置づけです。利点は、短時間に計測できるので、沢山のデータが得られるということです。それらは統計処理に活用できます。

土層強度検査棒から求められるc・φは、三軸圧縮試験結果との相関を使いますので、土質試験の精度を超えることは原理的にありません。しかし、サンプリングしにくい土質の強度を、沢山得られるということは、精度の低さなど問題にならないほどの多くの情報を与えてくれます。

C・φを計測すれば順算で再現できる



実際に先の現場で土層強度検査棒で得られたc・φを使ってみます。小数点以下1位までの数値があるのは、平均値だからです。少なくとも同じ地層で3点以上の計測を行えば、ばらつきなどの統計値が得られます。「土の強度はばらつく」ということは、日常的に枕詞として使われますが、それに配慮した解析が行われる例はほとんどありません。それは強度計測が、不攪乱試料採取+土質試験という高いハードルのものだからです。

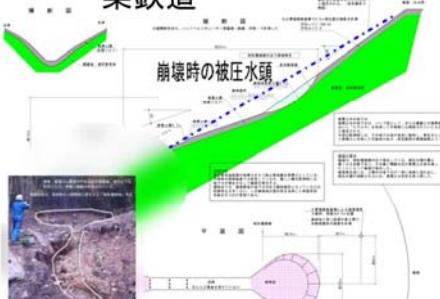
実測されたc、φを使って計算すると、それらしい値になります。少なくとも地下水が無い時にはFs>1.0で、「現存して良い」条件となっていますので、逆算法に回らなくて済みます。水圧を掛けてみると、Fs<1.0となりました。実際に崩壊した形状は黒の点線です。これは最小安全率ではありません。Fs<1.0となれば崩壊し、崩壊すれば水圧が除圧されますので、最小安全率の形状が崩れるまで他のFs<1.0の円弧が踏ん張って待っている必要はないのです。

順算で計算できないのであれば、土質工学など無用の長物です。

C・ ϕ がわかると水頭だけが未知数になる

土質工学は崩壊時水圧を極めて甘く評価している、と思う

某鉄道



庄原

自然斜面は「安全側を見て地表まで地下水が満たされた」くらいでは容易に崩壊しないことが順算でわかる。被圧水頭がかかって初めて崩壊するようだ。



<http://www.ohta-geo.co.jp>

7

そもそも、斜面の安定には地下水圧が重要であると口では言いつながら、決め方はいたっていい加減です。「安全側を見て地表まで地下水が満たされた」という条件を使う場合がありますが、本当にそれが「最も安全側」かどうかは極めて疑わしいと思います。ただ、いままでは、安定計算で ϕ しか換算N値から決まらないので、cと地下水圧の2つが未知数として残っていたので、適当なバランスで設定するしかなかったわけです。

Cがわかるとどうなるかというと、実際に崩壊した箇所であれば、 $F_s < 1.0$ となる水圧を逆算することができます。そうすると地表面よりも高い水圧でないと崩れないという斜面が存在する(しかも珍しくない)ことがわかります。被圧水化した地下水が崩壊の直接的誘因になっているということです。

災害調査に行くと、爆裂したような穴や、円形崩壊地を見ることがしばしばあります。高い水圧で吹き飛ばされたように見えるのですが、従来型の逆算法では、cが調整要因になってしまないので、水圧の情報が「逆算による推定レベル」であっても得られませんでした。

Cが得られるようになると、水圧が推定できるようになります。そして、それらは被圧水であって、災害調査時のイメージにとても良く合います。また、いわゆるパイプ流がその水圧の元になっているようです。

これらは、従来型の解析方法は、崩壊の原因すらちゃんと求められていなかったことを意味し、原因がわからなければ対策もまたトンチンカンになる宿命を持っていたことになります。

順算で計算してこなかったために、崩壊時にどんな水圧が作用しているのかを計算で知ることができませんでした。同じ逆算をするなら、意味のない等価地盤強度を逆算するのではなく、崩壊時水圧を逆算したらよいのです。判定基準は $F_s < 1.0$ という当たり前の閾値です。

すさまじい水圧が作用しないと崩れないはずの崩壊が災害時には多発しています。

地下水が吹き出て崩壊が発生

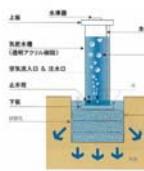


8

見るからに高い水圧が土中にかかり、表層部の相対的な難透水層を突き破って、崩壊が発生している例が多くあります。これらが、被圧水の仕業である可能性が高いということをあぶり出すには、少なくとも現地盤の $c \cdot \phi$ は実計測値である必要がありました。地震時の場合には、被圧水と言うよりも「過剰間隙水圧」かもしれません。過剰間隙水圧の最大値は自重分ですが、被圧水は斜面上方から作用する可能性があるので、むしろ豪雨時の被圧水の方が地震時の過剰間隙水圧よりも大きいかも知れません。

地震でも豪雨でも、崩れる時には大きな水圧が作用しています。それがパイプの小さな穴が沢山奥にある爆裂孔の存在でわかります。
豪雨時は被圧水圧、地震時は過剰間隙水圧です。

透水性も現地で計測する




地盤調査の方法と解説

p.555マリオットサイホンによる原位置透水試験

9
<http://www.ohta-geo.co.jp>

砂質土なら10のマイナス3乗などという「標準値」がありますが、「現状を評価する」のに標準値は無意味です。現地で計測する必要があります。

といつても通常はボーリング孔を利用した現場透水試験ですから、「まだ壊れない土構造物の調査法」としては高価すぎます。少し穴を掘ってできるような簡易な原位置透水試験が必要です。昨年の夏ごろに発売されたこの装置は、マリオットサイホンを利用した非常に簡易な原位置透水試験装置です。四電技術コンサルタントさんが販売されています。

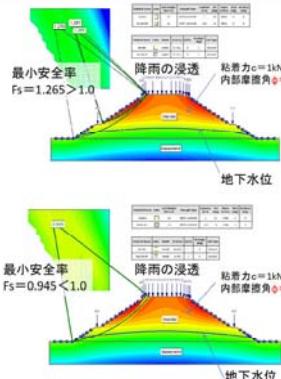
弱点は表層部の平均透水性を計測することになるため、古い土構造物で表層部で土壤化が進行しているものは、その影響を受けてしまうことです。2m深度の位置で計測するオプションもありますが、その際にはオーガーで2mの穴を掘らねばなりません。

工学の人に話を聞くと、「精度の低い調査（と思われる）の結果は認めないので、基準書に載っている表に書かれている標準値を使う」という意味不明なことを言われる人がいます。

実測値があると演繹的評価が可能

地盤強度による安全率の違い

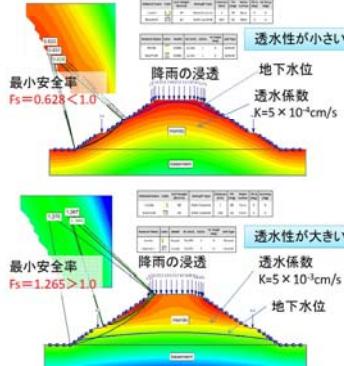
同じ地下水位条件でも、盛土地盤の強度が小さいほど安全率は小さく崩壊しやすい。



透水性の違いによる地下水位の違い

透水性が低い地盤は地下水位が高くなり(排水性能が悪い)、盛土が同じ強度であれば法面の安定性は低くなる

同じ強度を持つ盛土地盤の安定性比較



解析理論がいかに高尚であっても、「逆解析」から導かれたものは、最初に結論ありきなので「あと講釈」co.jp

$C \cdot \phi$ (もちろん γ もですが)と地下水位条件があれば、安定上のバランス計算は演繹的に行うことができます。 $C \cdot \phi \cdot K$ をいかに簡単に安価に原位置で計測できるかということが「現状を評価する」ためにはカギになります。計算は、いまはソフトウェアがやってくれる時代なので何の障害でもありません。

$C \cdot \phi$ 同時計測ができないと、たとえば ϕ のみがN値換算でもとまつたとすると、前述のように安定計算が成り立ちませんから、まだ崩れていない法面に対して「現状安全率」を仮定しなければならなくなります。しかし、現状安全率を仮定するということは、現状の評価を行うことと等しいので、それができるのなら調査など不要、ということになってしまいます。

現状を評価するために行った調査結果を出すためには、その前に現状の評価を与えなければならない、というパラドックスに陥ります。

そして解析理論がいかに高尚であっても、「逆解析」から導かれたものは、最初に結論ありきなので「あと講釈」に過ぎません。

「防災」は「予防」の意味ですので「予測の技術」ですが、実際に行われているのは「被災後事後処理・原因究明」という「説明・言い訳の技術」になっています。

でも結局パイプ流じゃん！地下水流水音計測

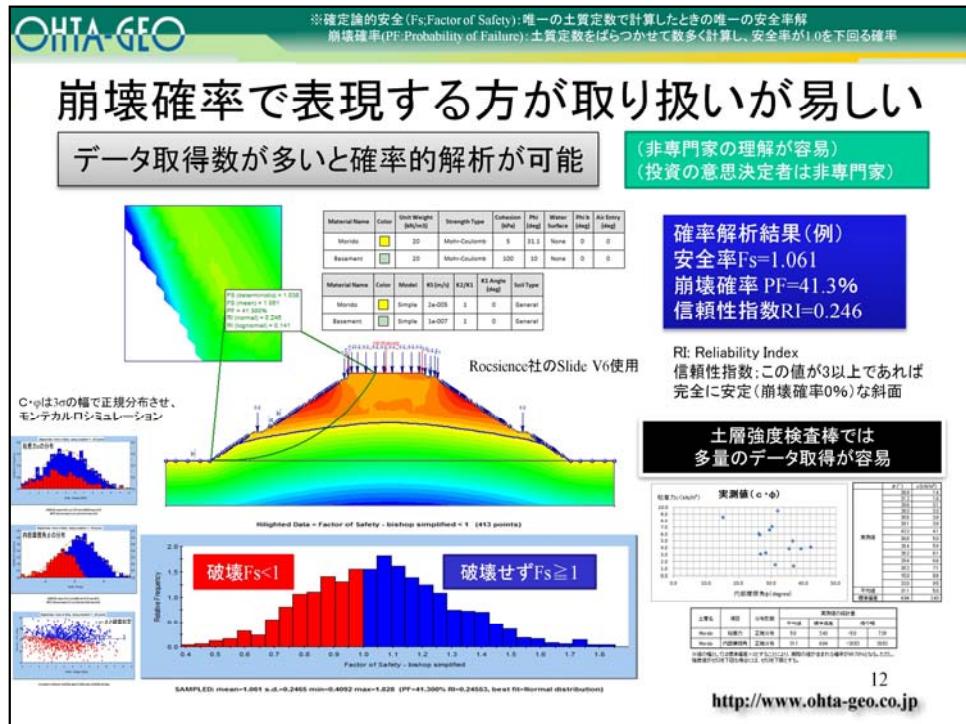


透水性を原位置で調査しても、でも結局地下水水流はパイプ流が8割方占めるのだからあまり意味が無い、ということもあり得ます。平均透水性が全く意味が無いとは思いませんが、浸透流解析が間隙流(マトリックス流)で行われ、実際の地盤内はパイプ流が主体という矛盾は、いまも未解決のままで。

森林総研の多田さんが開発された、地下水音計測によるパイプ流探査は、パイプ流の存在位置を的確に把握するのに好都合です。音を聞くので、「解釈」など不要です。崩壊がパイプ流位置で起きているということまで突き止められていくので、パイプ流の位置を把握できれば「ピンポイント対策」も可能になります。この調査法も簡単で安価です。ただし装置は少し高価です。

水の探査は、1m深地温探査や電気探査などがありました。前者は良い方法なのですが、意外に労力がかかります。後者は、データを見る際に心の目が必要なので説得力に欠けます。

地下水流水音計測は、人間の五感の一つ(聴覚)でわかるので、説得力という点で抜群です。計測時間も非常に短いですし、音の大きくなってくるところで任意に計測密度を狭くしたり、上流側に供給源を追っかけたりできるので、機動的であります。



C·φ・地下水圧が唯一の組み合わせだと、安全率も唯一の解として導かれます。しかし、クリティカルなFs=1.0以外の安全率にどれだけの意味があるのかは甚だ疑問です。専門家であってもFs=1.1とFs=1.2の違いをきちんと説明することは不可能だと思います。どちらもFs>1.0なので、崩壊しないということは同じだからです。

専門家が分からぬものが、非専門家にわかるはずはありません。そして、対策をするかしないかの意思決定をする人は、多くの場合非専門家です。ならば非専門家がわかるような指標を示すことが望ましいと思います。

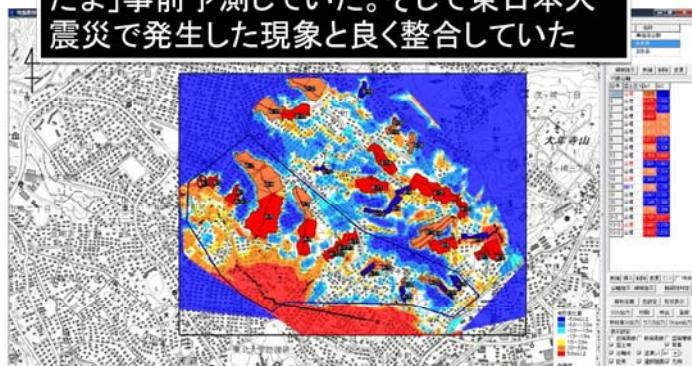
土層強度検査棒では、幸いなことに簡単にたくさんのデータを実測できますので、「土の強度のばらつき」が得られます。上の例では、Fs=1.061となっていますが、これが危険なのか安全なのかはわかりません。強いて言えば「安全」です。Fs>1.0ですから。

これを確率的な表現に置き換えると、崩壊確率PF=41.3%になります。被害想定額と掛け合わせれば被害の期待値が計算できますので、投資判断に役立ちます。逆にFs=1.061ではどのように防災投資してよいのかわかりません。非専門家の人も、降雨確率で確率表現には慣れていて、簡単に理解してもらえます。

発表時には「専門の方々は安全率で理解できると思いますが」と言いましたが、たぶんFs=1.0以外の安全率の意味をきちんと説明できる人は専門家でもいません。

谷埋め盛土の地震時評価事例

2010年春に仙台市の谷埋め盛土で「たまたま」事前予測していた。そして東日本大震災で発生した現象と良く整合していた



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)
高度な画像処理による減災を目指した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p127~143

<http://www.ohta-geo.co.jp>

谷埋め盛土の地震時滑動崩落予測については、2011年のJLS研究発表会(静岡)で発表させてもらいましたので割愛します。

要点は、谷埋め盛土の入っている器の形状のうち、側方抵抗力に着目した評価法が、阪神大震災、中越地震、中越沖地震、東日本大震災の4大滑動崩落地震で発生した現象をよく再現しているという事実です。

高尚な方法論は、いろいろ発表されているようですが、滑動した盛土のみを説明するための「あと講釈」なので、防災には不向きです。防災は「現象を的確に予測できること」こそが大切なのです。理論的に素晴らしい、ということは全く素晴らしいことではありません。

地震時の谷埋め盛土の滑動崩落は、「盛土が水の上に浮く」為に生じます。土質工学の方の中には「揺れを繰り返し受けることによって著しい強度低下が発生する」と言われる人もいますが、現象としては底面抵抗がゼロに近づくという点で共通しています。

側方抵抗モデルは、 $kh=0.25$ を使っていますが、これは行政技術です。地上の上屋にかかる設計震度と同様の揺れが土に作用するわけではないのですが、「大地震は $kh=0.25$ を使う」ということが共通理解を得られやすいということで導入されました。社会の為になるならそういう妥協は、結果に大きな影響を与えないであれば問題ありません。その観点で、側方抵抗モデルは科学ではありません。

予防工としての必要条件

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">・ 安価であること・ 誰にでも施工できること・ 調査・解析結果が仮に不適切であったとしても決して危険側にならないこと(フェイルセーフ) | <ul style="list-style-type: none">・ 地盤内に大きな水圧が作用しないようにすること(健全なミズミチを確保すること)・ 小崩壊によってミズミチを閉塞させないこと(地盤補強)・ 急激な水圧上昇時に圧力を逃がすこと(水圧消散) |
| <p>人間はいつだって間違える</p> | |
| <p>土の話は真実に到達しない</p> | |

14
<http://www.ohta-geo.co.jp>

予防工は、調査・解析方法も簡易で安価であることが重要ですし、それに輪を掛けて対策工法も簡易で安価でなければなりません。さらに、もっともらしいことを言つても、人間が土に対して行う解釈は、ほぼ100%間違っています。当らずとも遠からず、が精一杯です。ですから、当つていなくとも悪影響を与えないようなフェイルセーフな対策工でなければなりません。

私が思う理想的な対策工の要点は、異常水圧が作用しないようにするということに尽きると思います。ただ、これもおそらく正しくないでしょうから、それでも大丈夫な対策工でなければなりません。

最後まで提案して初めて一連の技術になります。
左側は、社会的に必要な条件です。右側は対策工の機能として必要な条件です。

鋼製パイプドレーン工

道路盛土



自然のバイピングホールは自然の地下水排水工の役割を果たしているが、時々閉塞して背後に高水圧を発生させる。人工的なバイピングホールを形成させ、かつ地盤を補強する

河川堤防



高速道路



15
<http://www.ohta-geo.co.jp>

自然に形成される地中パイプは「自然の地下水排水工」の機能を持ちますので、斜面の安定上重要だと言われます。これが閉塞したり、過剰供給による排水能力オーバーになると高い水圧が発生し崩壊が引き起こされます。このため、閉塞しない安定的な地中パイプを人工的に形成するということが斜面の安定に寄与すると思います。

血管に血栓の出来た人に、カテーテルでスプリング補強するようなものです。健全な地下水の排水ができている斜面には崩壊は起きません。自然斜面でも、人工盛土でも、河川堤防でも同様です。

河川堤防のような重要構造物の崩壊確率はどの程度が適切か、という質問を受けました。「5%未満、あるいは1%未満ということではないか」と答えましたが、あとで考えてみたら「0%」です。

5%と0%は対策量としてそんなに違ないので、わざわざそんなところを狙う必要はないですし、コストの違いもほとんど発生しません。

ちなみに、地すべりでよくつかわれる計画安全率1.20というのは、崩壊確率にしてみれば、5%程度に相当する経験値だと思います。急傾斜の崩壊では、それが1.5程度になるのだと思います。計画安全率の概念は崩壊確率の概念と、実はかなり似ています。



高耐食性メッキで80年の耐用年数を持つ排水補強パイプが対策工の一例ですが、かなり使われている工法です。コスト的には m^2 あたり8500円、ライフサイクルコストでは約110円/ m^2 /年ということになります。「まだ壊れていない土構造物」に対する防災投資のコスト的としては、このあたりがいいとこじゃないかと思います。対策数量が膨大ですので。

斜面対策は、アンカーアンカーや杭工などのような抑止工が花盛りです。計算書がわかりやすいので検査で説明しやすいということです。
 大きな落とし穴は「逆算法で想定されている地すべり時・崩壊時水圧は、相当怪しい」ということです。
 水圧消散機能のない対策は、よほど小規模でない限り、かなり現象論的に危険なことをしていることになります。

維持管理の調査法

- 「現状を評価する」ためには①現地で地盤強度や透水性を実測し、演繹的評価をしなければならない
- それと同時に、②低コスト化も実現しなければならない
- ①と②は本来トレードオフの関係にある
- 従来型の、ボーリング調査+不搅乱試料採取&土質試験+現場透水試験で、維持管理の目的で実現するのは事実上不可能

17
<http://www.ohta-geo.co.jp>

地質調査は、ボーリング+標準貫入試験+土質試験が定番ですが、「まだ壊れていない土構造物」に対してこれを行うことはほぼ絶望的だと思います。一方、そのような高価な調査であっても演繹的な評価法というものが使われていなかったのも事実です。調査解析内容を高度化して、なおかつコストを大きく低下させるというトレードオフの関係を実現することが、土構造物の維持管理を可能にするカギになります。

現実にできないものが技術指針などで提案されていることがよくあります。調査コスト問題はその代表的なものです。コスト意識のない立場の方が基準書を書かれるからだと思います。

調査・対策法の一つの提案

- **土層強度検査棒**: 地盤の多点c・φ計測(統計処理上同一地層3点以上)
- **原位置透水試験装置**: 透水性探査
- **地下水音計測装置**: パイプ流の位置探査
- **崩壊確率評価法**: 対策の優先順位付け
- **鋼製パイップドレーン工**: ミズミチ保全・地盤補強・地盤内地下水の排水

盛土では表面波探査法による盛土形状計測があるとなお良い

18
<http://www.ohta-geo.co.jp>

その一連の流れを、ひとつ提案しました。このうち、地下水音計測だけはまだ実際に活用していません。なぜなら7月に発売になったばかりで、納期が3ヶ月かかるからです。デモ機を半月ほど貸せていただいて活用させていただきましたが、これに関しては論文等で相当活用でいると踏んでいます。

今年がメンテナンス元年だそうですので、私の方から一つの提案をさせていただきました。皆さんも、他の方法をいろいろ考案し、私に教えていただければと思います。

IJIDAS(イジダス)と最近になって勝手に呼び始めた一連の土構造物予防対策法のお話でした。



宅地崩落



道路崩落



機能を失った能登有料道路



家屋の建ち位置



19

<http://www.ohta-geo.co.jp>

盛土構造物は、とてもやっかいです。盛土はとにかくよく壊れます。原因は、地下水排除対策がお粗末だからです。

盛土構造物の問題点

- 盛土構造物は、「良質土」+「標準盛土勾配」であれば、安定という「約束事」で造られた土構造物
- このため、「現状の安定性評価」の概念を持ち合わせていない→崩れて初めて騒ぐことが多い(特に道路・造成地)
- 鉄道盛土は以前から事前調査・事前対策が行われ、河川堤防は近年それがなされるようになってきた

20

<http://www.ohta-geo.co.jp>

鉄道盛土は、営業に関わるので経済的評価が可能な土構造物です。このため、国鉄・JR・私鉄において計画的に対策がなされてきています。豪雨対策が主でしたが、最近は地震対策についても進めているようです。

河川堤防は、浸透崩壊防止対策について調査はかなり進んできています。しかし、対策工が高価なのでなかなか対策の進捗が進みません。それでも前に向いて動いています。

道路は、繋がっていないと機能しません。でも設計が「標準盛土勾配であれば安定」だと思いこんでいますので、壊れるまで思考停止状態になっていることが多いようです。多くの緊急輸送道路が、緊急時には盛土の崩落で使えない、という事態が起こります。

造成地は、宅造法改正で大規模盛土造成地の変動調査対策をするようになりましたが、個人の財産でもありますし、滑動崩落で死ぬことはあまりないので、あまり積極的ではないという印象です。