

## SH 型貫入試験による盛土の崩壊深推定について

SH 型貫入試験 盛土法面 崩壊深推定

中野緑化工技術研究所 正会員 ○中野裕司  
(有)安部技研 安部隆博  
ダイトウテクノグリーン(株) 猪俣景悟  
(有)ランドサーチ 正会員 本間友芳

### 1. はじめに

SH 型貫入試験<sup>1)</sup>を用いた斜面の崩壊深の推定については、Nd/drop 値(以下 Nd 値と称す)5~20 の範囲であることがほとんどで、10 程度の事が多いと言える<sup>2)</sup>とされている。この結果は、主に急傾斜地の表層崩壊斜面を対象として SH 型貫入試験を行った結果である。

筆者等は、機械式アンカーを用いた盛土法面に対する補強土工法(ジオアンカー工法<sup>3)</sup>)を考案したが、SH 型貫入試験により崩壊深を推定し、補強を行うゾーンを決定する事とした。しかし、先に示した斜面の崩壊深を、緩勾配盛土に当てはめることは不適当と考えられるため、盛土において SH 型貫入試験を実施し崩壊深の推定を試みた。

### 2. 調査地と調査方法

調査は、千葉県館山市、及び福島県郡山市の農用道盛土法面において、法面の孕み出し、表層崩落部に対して SH 型貫入試験を実施した。館山市の盛土法面は風化砂岩(シルト混じり砂質土)の3段盛土、郡山の盛土は風化花崗岩(マサド)の2~3段盛土であり、いずれも抜けだしや表層崩壊が発生し、補強が必要とされる状態であった。SH 型貫入試験を採用した理由は、足場の悪い軟弱な盛土を構成する地盤の状態を詳細に把握するため、小型軽量、かつ、迅速な調査が可能であるためである。



写真-1 SH 型貫入試験の状況



写真-2 2kg(上)+3kg ハンマー



写真-3 SH 型貫入試験の貫入量自動記録装置

SH 型貫入試験(写真-1)は、地盤工学会基準 JGS1433-2012<sup>4)</sup>に準拠した試験であり、地盤に貫入させるコーンやロッドは簡易動的コーン貫入試験器具と同規格であるが、軟弱な地盤に対しては 3kg ハンマーにより打撃し、貫入抵抗値が大きくなった際に 2kg のハンマーを付け足し、写真-2 に示す 5kg のハンマーとし、1 打撃毎の貫入深を自動記録(写真-3)するものである。

従来の簡易動的コーン貫入試験は、ロッドを 10cm 貫入する打撃回数を試験値とし、10cm 単位の地層判定を行うため、礫などが混入している場合は過大な値を示す傾向があるが、SH 型貫入試験は 1 打撃毎の貫入量を 0.1mm 単位で自動記録することができるため、礫の存在などを分別でき地盤本来の物性の把握ができることが特徴である。自動記録により簡易動的コーン貫入試験器具に比較し、作業労力を大幅に軽減でき効率的であるとともに、精度の高い地盤情報を入手する事ができる。3kg ハンマーにより求められた試験値は、5kg ハンマーによる試験値の 1/2 に相当し<sup>5)</sup>、また、得られた試験値 Nd/drop 値は、軟弱な地盤である場合は N 値とほぼ同値となる<sup>6)</sup>ことが報告されている。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1. 千葉県館山市農用道盛土法面

シルト混じり砂質土盛土の一部に、抜けだし、表層崩壊が認められた。このため、盛土部全面を埋め戻し整形を行うと共に、3 段の盛土法面の最下段(一部 3 段)に対し、ジオアンカーを用いて応急的な補強を行った(図-1～2、写真 4～5)。補強後、ジオアンカーの効果を確認することを目的として、SH 型貫入試験により盛土表層部の緩みの状態について把握した。3 側線、9 箇所試験を行ったが、代表的な 1 側線の結果を示す。

試験後のロッドの湿潤状態より 1 段目(最上段部)0.9m、2 段目 0.6m、3 段目(最下段部)0.3m 以下が湿潤な状態であることが確認できた。下段盛土ほど地下水位の浸透が激しくルーズな状態となっているものと考えられた(図-3)。

試験の結果得られた Nd 値の範囲は、最上段部 2～34、2 段目 3～38、最下段部 1～20 となった。1 段目は 0.6m、1.8m に Nd 値 3 のルーズな部分が認められたが大部分は 5 以上であった。2 段目は 0.2m に Nd 値 4、0.6m に 2、1m に 5 のルーズな部分が認められた。3 段目は、1.2m まで Nd 値 5 以下が連続し、表層 0.5m は 1～2 とすこぶるルーズな状態であった。

試験後降雨により、再び表層崩壊が発生した(写真 6,7)。1 段目(最上段)は表層崩壊が認められないが、2 段目は随所で表層崩壊が多発した。崩壊深は 0.5m～1.5m 程度であり、降雨による間隙水圧の上昇により Nd 値 5 以下の部分が崩壊したものと推定できる。3 段目は、表層から 1.2cm まで一様にルーズな状態であったが表層崩壊は発生していない。ジオアンカーによる補強効果が確認された<sup>6)</sup>。

以上により、Nd 値 5 以下の部分に表層崩壊が発生するものと見なすことができる。

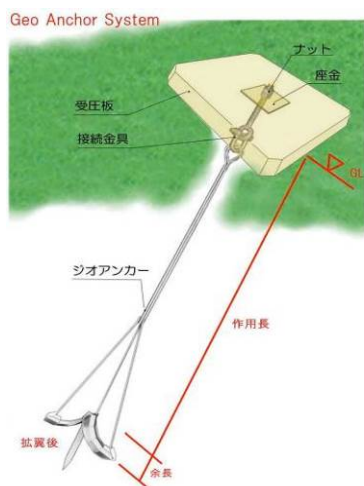


図-1 ジオアンカーの構造

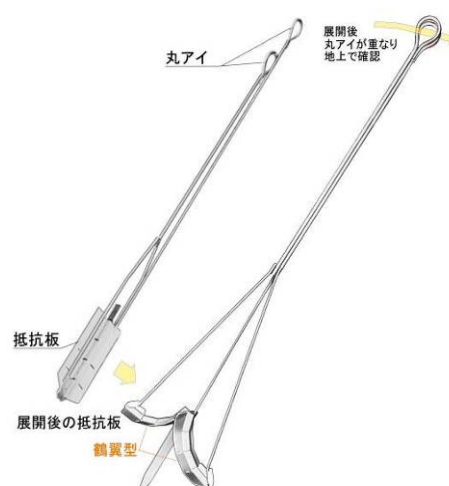


図-2 ジオアンカーのアンカー材



写真-4 ジオアンカーの施工状況



写真-5 施工完了 下段部を補強

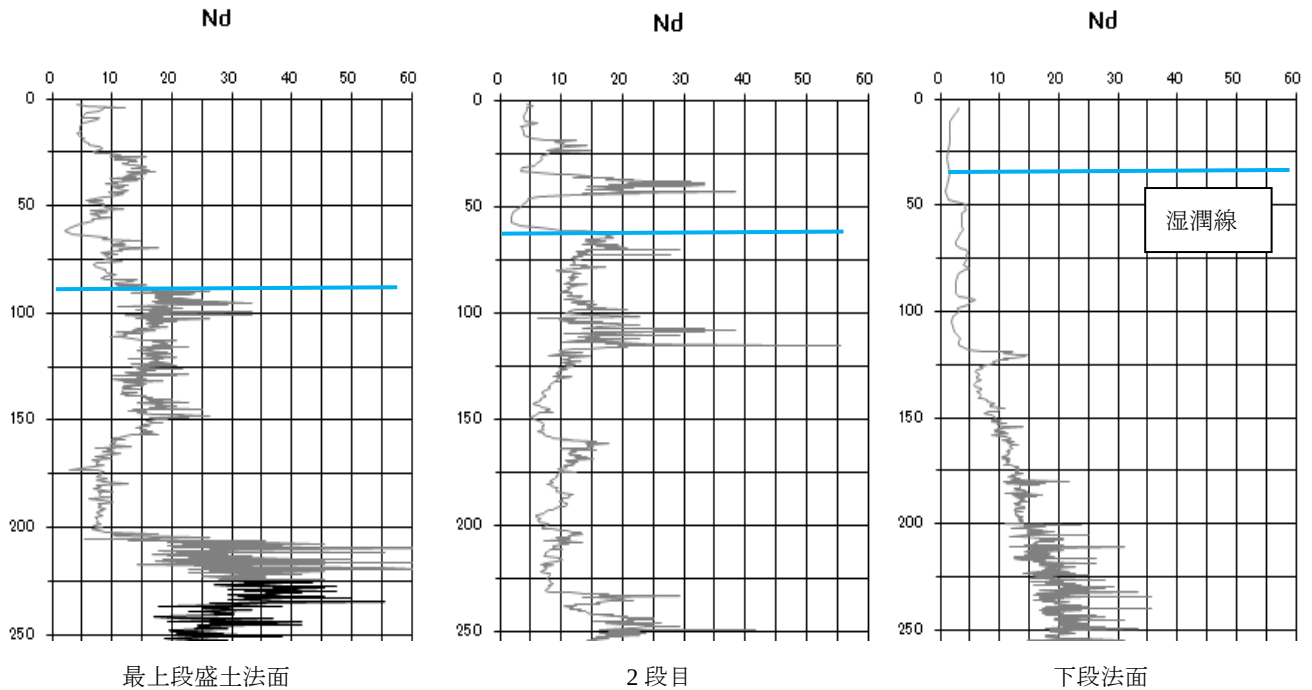


図-3 館山農用道盛土法面の試験結果



写真-6 盛土状況 2 段目が崩落



写真-7 2 段目の崩落状況

### 3. 2. 福島県郡山市農用道盛土法面

館山農用道において Nd 値 5 以下の部分より表層崩落が発生する傾向が認められたことより、郡山農用道法面にて詳細な調査を実施した。盛土崩壊発生付近で 235 箇所の試験を行ったが、その中より変状の発生が著しい箇所と、その近傍の変状の少ない箇所の代表地点を抽出し、崩壊箇所における緩みの状態を把握した。

#### (1) No.63+15～No.69+10

緩斜面を通過する区間であり、山側は高さ 1～2m の小規模な切土で、谷側に高さ 9～10m の 2 段の盛土が行われている(図-4)。

上段法面内は崩壊が発生しておらず、下段にだけ崩壊やガリー浸食が集中している。また、No.67+10 付近の小段と、法尻には微量な湧水が確認されており、その周辺ではガリー浸食の深さが 1m に達し、土砂の流出を防止するための木柵も設置されている。

試験ポイントは、上段と下段で各 4 箇所ずつ実施している。





図-4 No.63+15～No.69+10 平面図

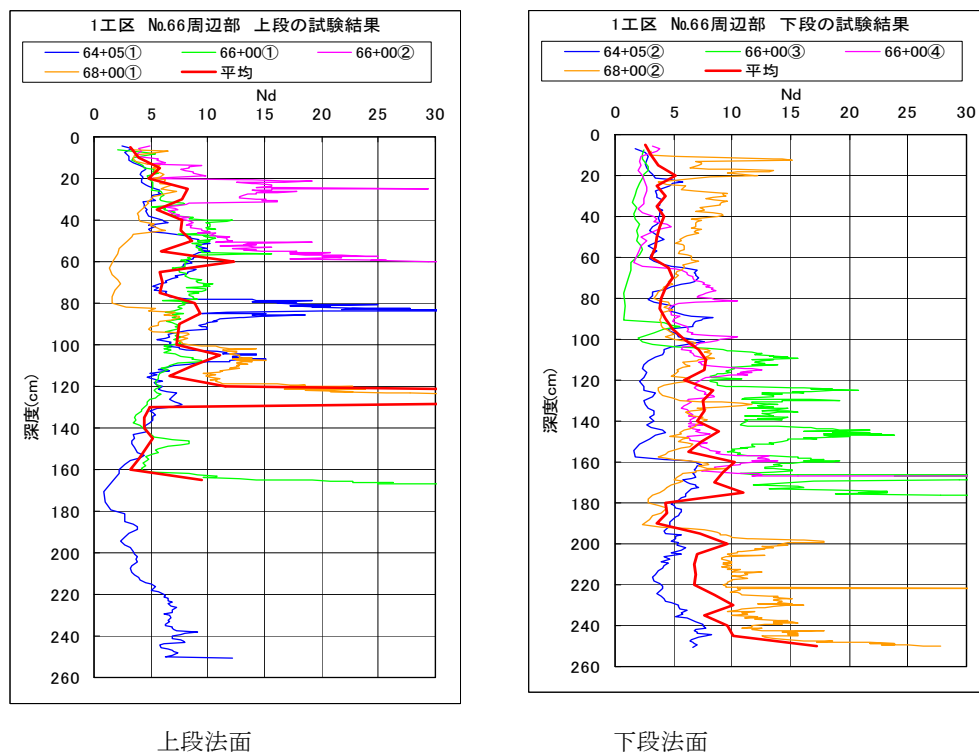


図-5 郡山農用道 1 工区 No.66 周辺盛土法面の試験結果 (深度 0.05m 毎の平均値を併記)

図-5 に示す試験結果の特徴をまとめる。

- ・崩壊が発生していない上段法面は、深度 0.2m まで Nd 値<5 となっているが、それ以深は Nd 値=5～10 と高い値を示す部分が多い。
- ・崩壊が発生している下段法面は、深度 0.95m 付近まで Nd 値<5 となっている部分が多く、上段法面に比較してルーズな盛土が厚くなっている。そのルーズな範囲の Nd 値は、最低値が 0.7 で平均 3～4 である。
- ・崩壊ブロック内の滑落崖付近で実施した No.66+00③ (下段) の結果は、崩積土化したと思われる深度 0.9m までの Nd 値が 0.7～2.9 となっており、最も低い状態にある。
- ・上段法面は、浅層部から礫の影響による過大値が多数確認されているが、下段法面の過大値は、Nd 値=>5 となる深度 1m 以深から多くなっている。
- ・上段法面の No.64+5① 深度 1.6～1.8m と、No.68+00① 深度 0.45～0.8m 間で見られる低強度 (Nd 値=1～2) は、試験後のロッ

ドが写真5に示す湿潤状態で回収されたため、地下水が浸透してルーズな状態が予想される。



写真-8 濡れた状態の試験ロッド

試験後に崩壊厚さ 0.5～1.0m 程度を想定したジオアンカーによる保護が施工され、東北地方太平洋沖地震の際でも安定していたため、試験結果による崩壊厚さの設定が妥当なものであったと判断している。

## (2) No.139+10～No.141+8

細い谷地形を横断する台形盛土区間であり、高さ 9～10m の盛土が谷を埋めている。この範囲で発生する崩壊は、ガリー浸食の進行に伴う表層崩壊タイプである。

試験は、崩壊やガリー浸食の著しい範囲で 4 箇所、健全な範囲で 2 箇所行っている。



写真-9 No.140 付近の表層崩壊

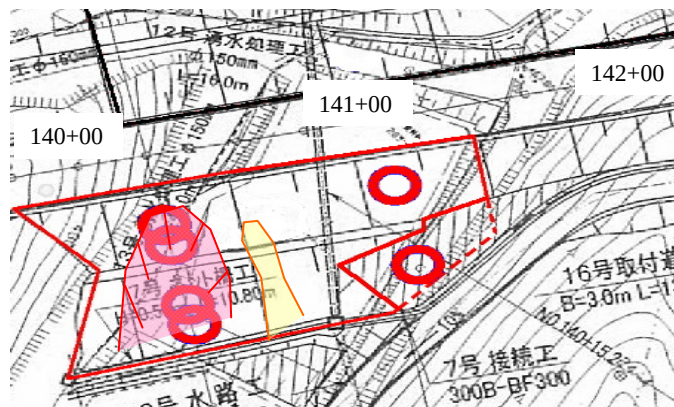
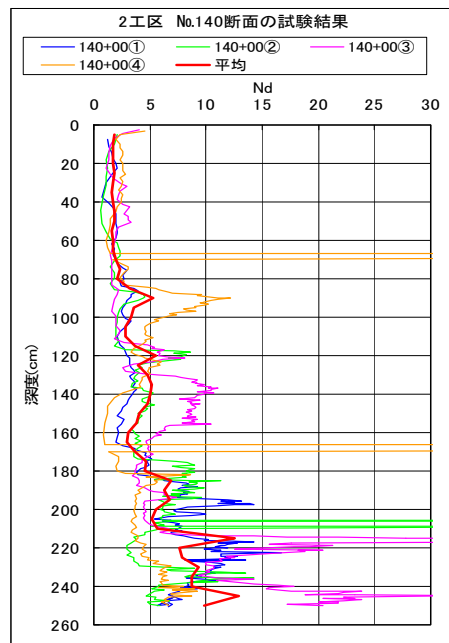
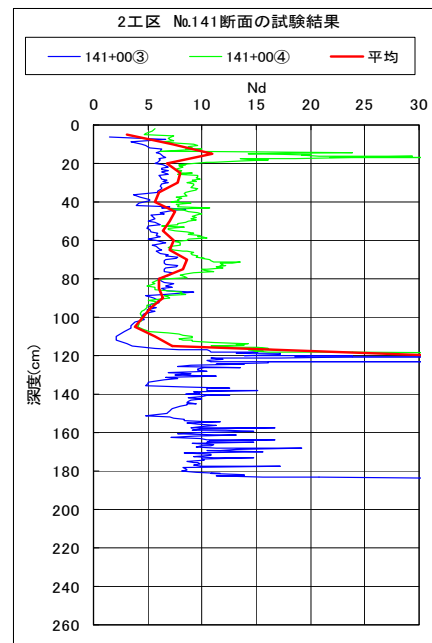


図-6 No.139+10～No.141+8 平面図



No.140 測線



No.141 測線

図-7 郡山農用道 2 工区 No.140 周辺盛土法面の試験結果 (深度 0.05m 毎の平均値を併記)

図-7 に示す試験結果の特徴をまとめる。

- ・崩壊が発生しているNo.140 測線は、深度 1.8m 付近まで Nd 値<5 となっている部分が多い。特に、深度 0.8m までの Nd 値は 1～2 となっており、非常に脆弱である。
- ・崩壊が発生していないNo.141 測線は、試験値の大半が Nd 値=5～10 の高い値を示し、No.140 測線の結果と明確な差が生じている。

### 3. 3 考察 崩壊範囲の Nd 値

試験の結果、崩壊が発生している箇所は、Nd 値<5 のルーズな状態が深度 0.95～1.8m まで連続していた。特にNo.140 測線の変形が著しい箇所では、深度 0.8m までの Nd 値が 1～2 と非常に低くなっている。

Nd 値=>5 まで到達すると Nd 値が徐々に上昇する傾向にあり、局部的に Nd 値=3～4 まで低下する程度である。

崩壊が発生していない箇所では、表層の 0.1～0.2m までが Nd 値<5 の低い状態であるが、それ以深は Nd 値=>5 以上の比較的締まった状態が連続する場合が多く、極度に低下するのは、地下水が確認された部分などに限られる。

これらの状況をまとめると、崩壊が発生する。または、ガリー浸食で地表面が変形した箇所の Nd 値は 5 以下である場合が多く、浅層部から Nd 値が 5 を超えると崩壊が発生しにくい傾向が伺える。

ただし、Nd 値=>5 であっても、地下水が浸透する部分は、0.2～0.3m の厚さで盛土材の強度が低下しているため、将来的には不安定化する可能性を有している。

崩壊の発生しやすい Nd 値<5 となる原因は、以下の理由が考えられる。

- <素因>
- ・盛土材量に細粒な粒子が多く、強度が低い。
  - ・転圧不足により強度が低い。
  - ・盛土内に地下水が浸透しやすい状態にあった。
- <誘因>
- ・崩壊の発生により緩みが生じた。
  - ・ガリー浸食に伴う盛土材量の流出で緩みが生じた。
  - ・地下水または地表水が浸透し緩みが生じた。

### 4. まとめ

千葉県館山市、及び福島県郡山市における農用道盛土法面崩壊地において SH 型貫入試験により、表層崩壊の滑り面の把握を行った。

結果、次のようにまとめることができる。



|                    |        |           |
|--------------------|--------|-----------|
| 崩壊で移動した範囲          | (移動層)  | Nd 値=1～2  |
| 崩壊や浸食・地下水の浸透で緩んだ範囲 | (準移動層) | Nd 値=3～5  |
| 当面の健全を保てる範囲        | (不動層)  | Nd 値=5 以上 |

今回の試験の対象となった盛土材は、砂質土、マサ土（礫を含んだシルト質中～粗砂）が主体であり、排水性が良好で、高強度を得られやすい材料として知られている。

試験の結果から、Nd 値=5 程度を境に安定と不安定に大別できる傾向が得られているが、仮に、低強度な粘性土を盛土材とした場合は、不安定化の境となる Nd 値が 5 より小さな値となることが予想されるため、対象となる盛土材の種類や状態により、見直す必要がある。今後の調査により明確にして行きたい。

以上の調査結果より、郡山農道盛土法面に対しては著しくルーズな箇所に対しジオアンカーによる補強を行った。福島県は東日本大震災の本震、及びその後直下型の余震が発生しているが、ジオアンカーによる補強箇所は地震後も安定を保っていた。試験結果による崩壊深の設定が妥当なものであったと判断できる。



写真-10 ジオアンカー補強盛土箇所



写真-11 無補強盛土箇所

## 引用文献

- 1) SH 型貫入試験調査基準 <http://www.hyoudoken.jp/pdf/technical/cyousa-kijyun.pdf>
- 2) 内田太郎(2005)簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料 No.261, 23pp.
- 3) ジオアンカー補強土工法カタログ <http://www.geo-anchor.com/img/kataroq05.pdf>
- 4) (公社)地盤工学会(2013)地盤調査の方法と解説,二分冊の1 317PP
- 5) 川満一史(2002) 改良型簡易貫入試験機の開発, SABO Vol.73 16pp.
- 6) 山下勝・吉岡英幸・漆崎隆之・長谷川秀三・内田太郎 (2004) : 急傾斜地対策事業における風化土層厚の把握と対策検討例、平成 16 年度砂防学会研究発表会講演集
- 7) 新実光一郎, 鈴木真一, 伊藤俊行, 中野裕司(2007)盛土法面における補強アンカー工法の施行事例について, 第 58 回農業農村工学会関東支部大会講演集 31pp.

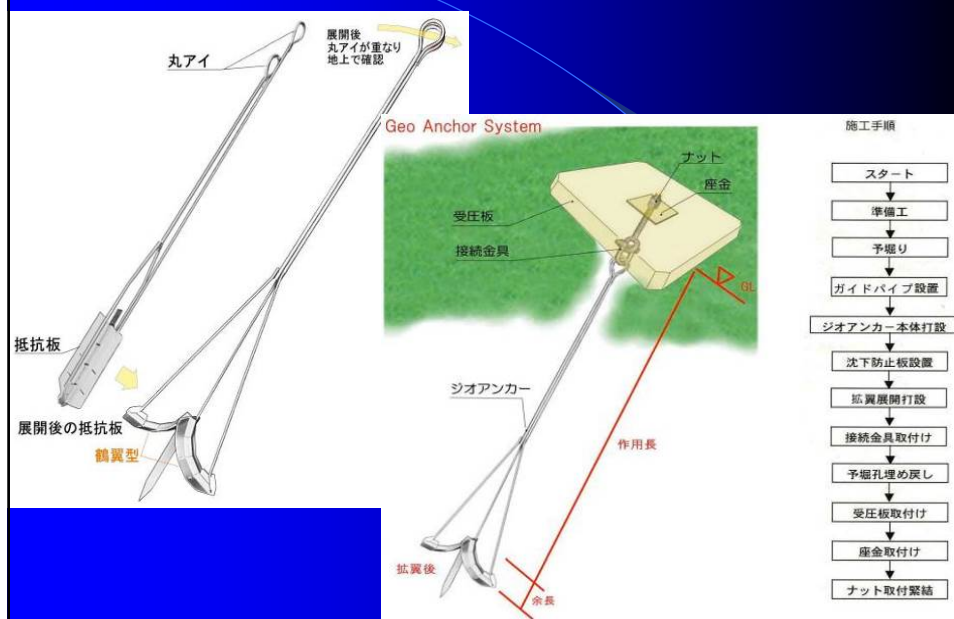
H25.10.04.  
第10回地盤工学会関東支部研究発表会

A0192

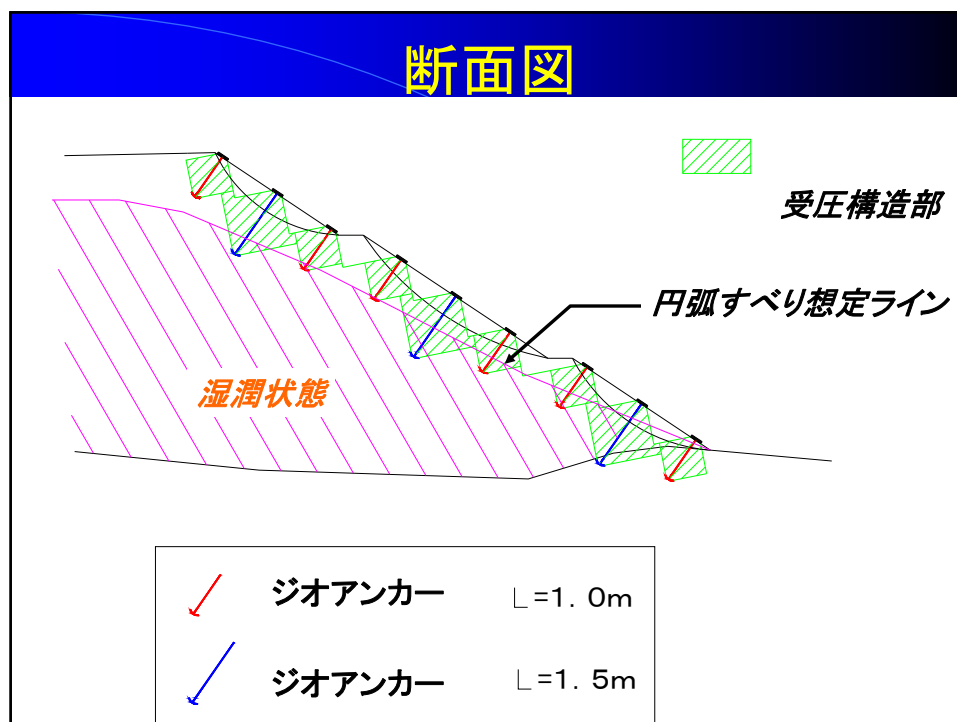
## SH型貫入試験による 盛土の崩壊深推定について

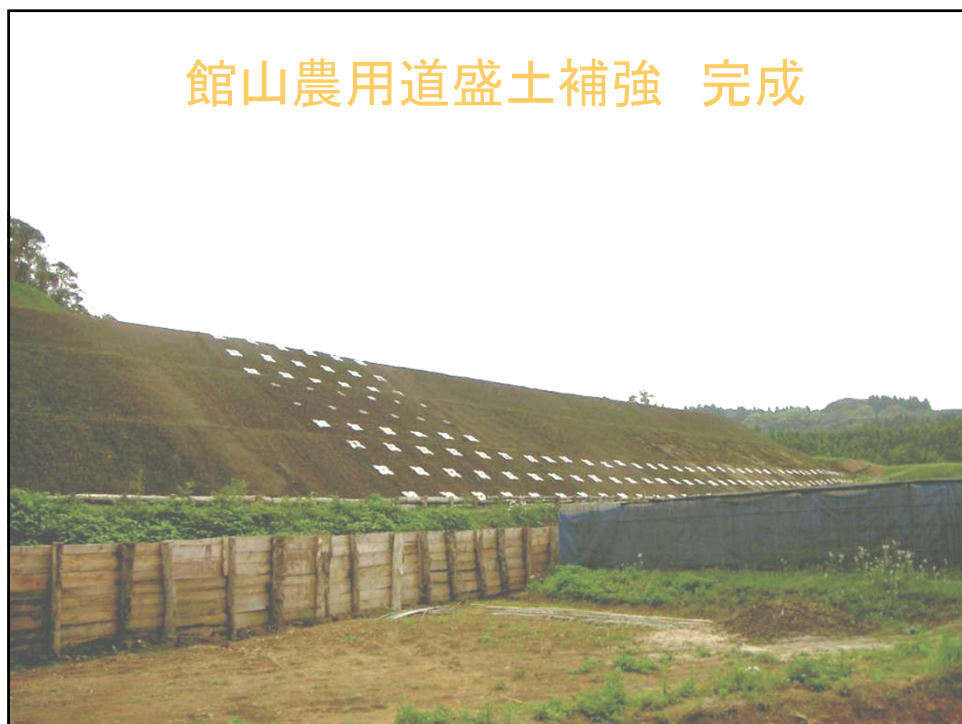
中野裕司 中野緑化工技術研究所  
安部隆博 (有)安部技研  
猪俣景悟 ダイトウテクノグリーン(株)  
本間友芳 (有)ランドサーチ

## ジオアンカー補強土工法

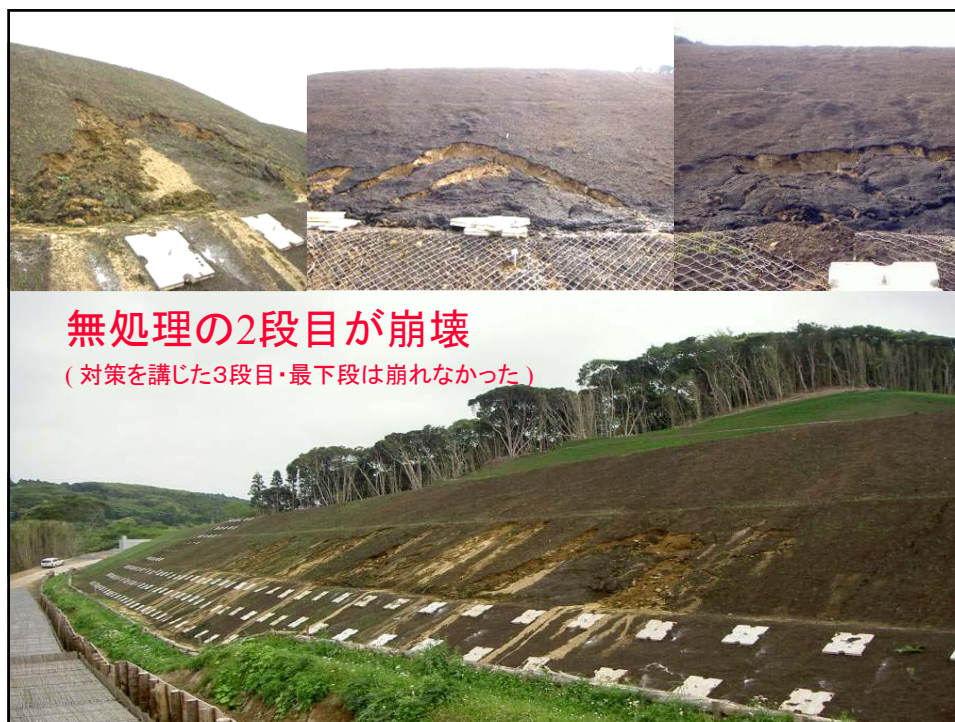










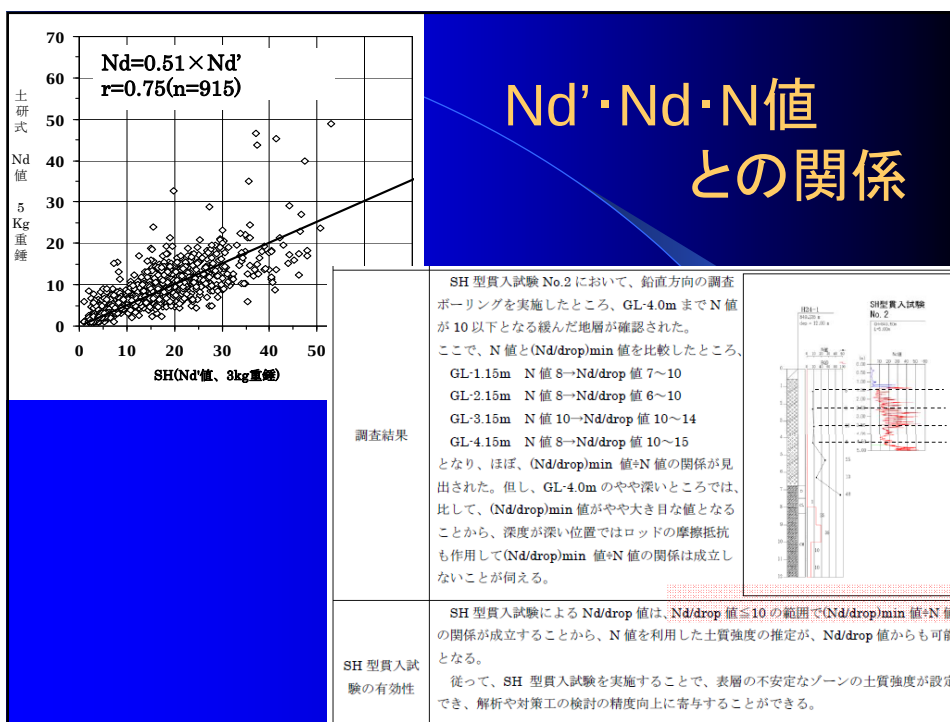




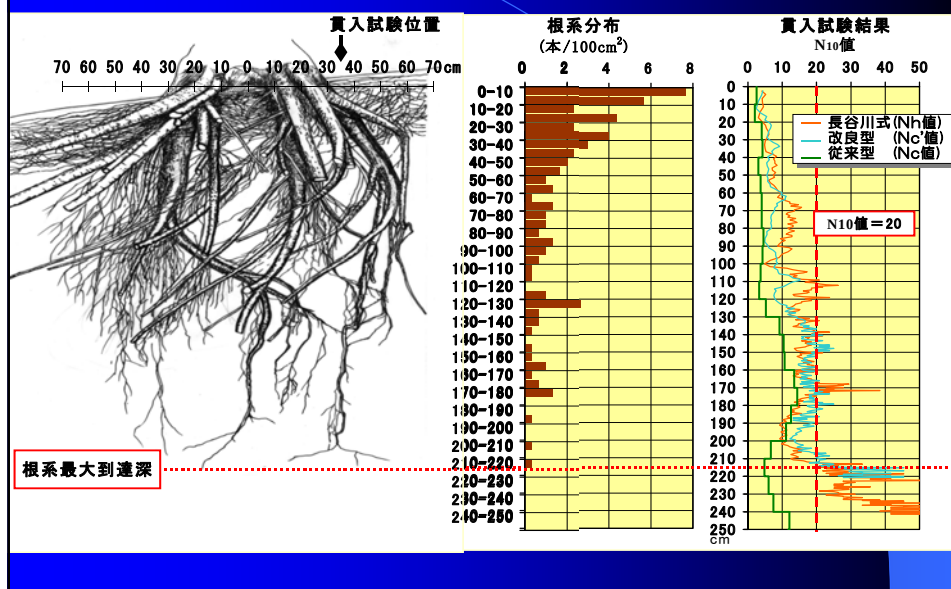
## 改良型動的簡易コーン貫入試験機：SH型貫入試験機

### 潜在すべり面・根系分布深さの把握

貫入試験機の構造比較



## 根系発達と貫入抵抗値との関係

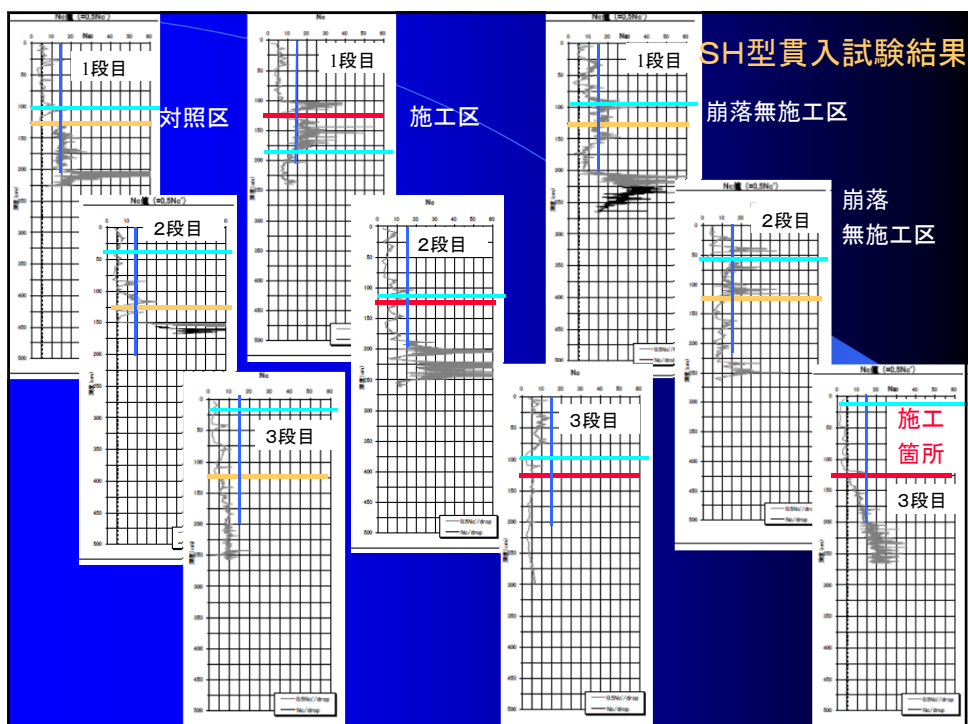
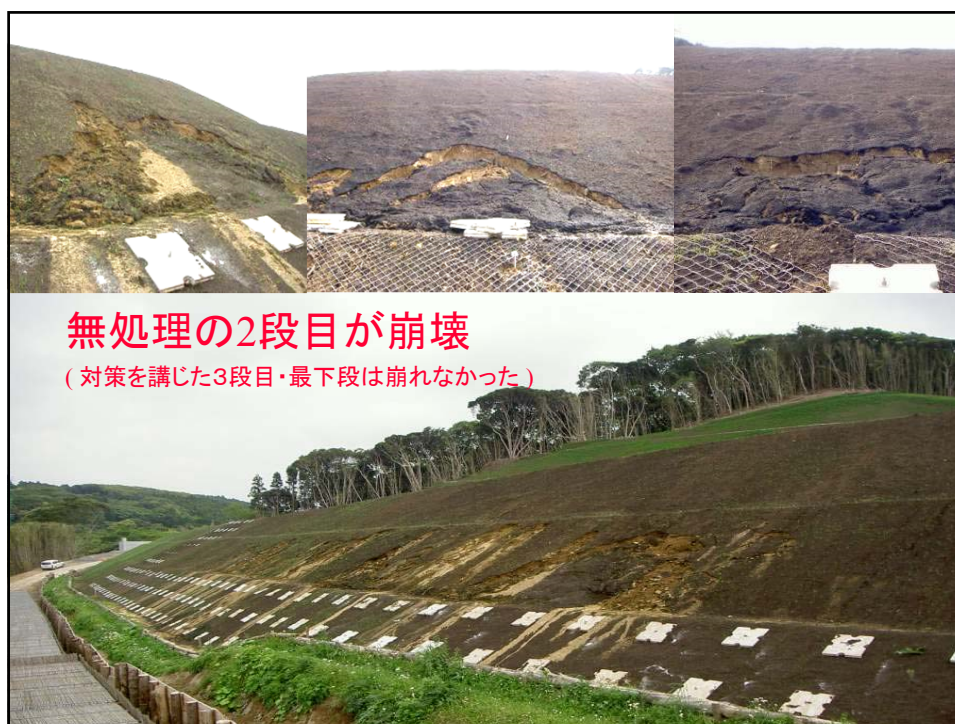


## SH型による表層崩壊すべり面の予測

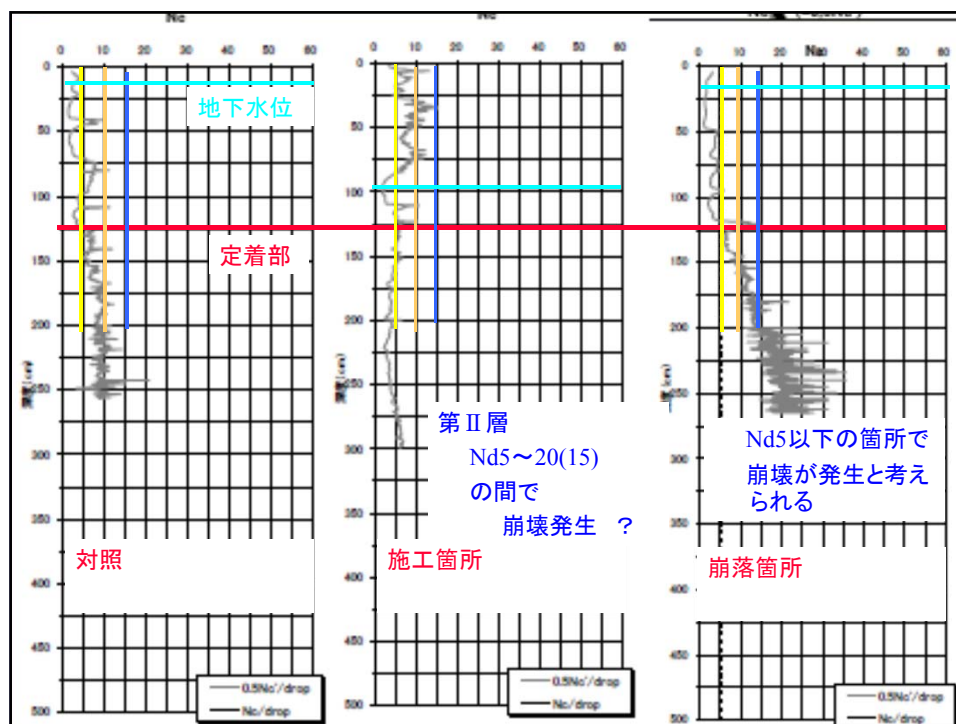


国総研資料第261号・表土層調査技術研究会

| 名称   | 特徴                                                  |
|------|-----------------------------------------------------|
| I層   | 表層付近に存在するNd/drop値が5以下で深さ方向のNd/drop値の変動が極めて小さい層      |
| II層  | I層の下に存在しNd/drop値が5~20で変動する層 ← 潜在すべり面                |
| III層 | II層の下に存在しNd/drop値が20~50の範囲で変動し深さ方向のNd/drop値の変動が大きい層 |
| IV層  | Nd/drop値が50以上のSH型貫入試験では計測できない層                      |



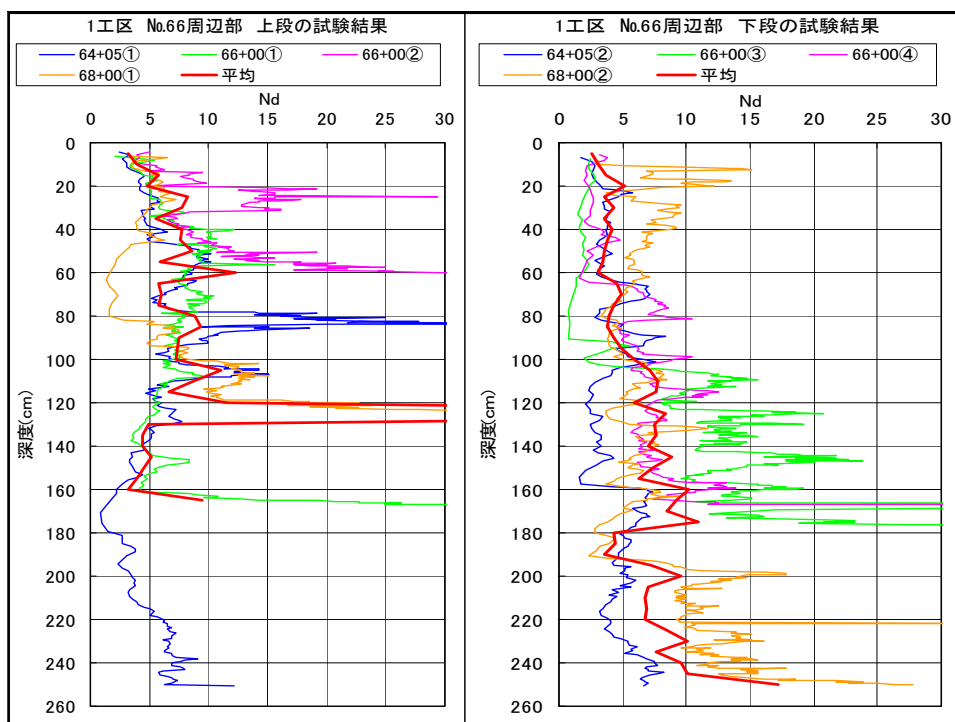
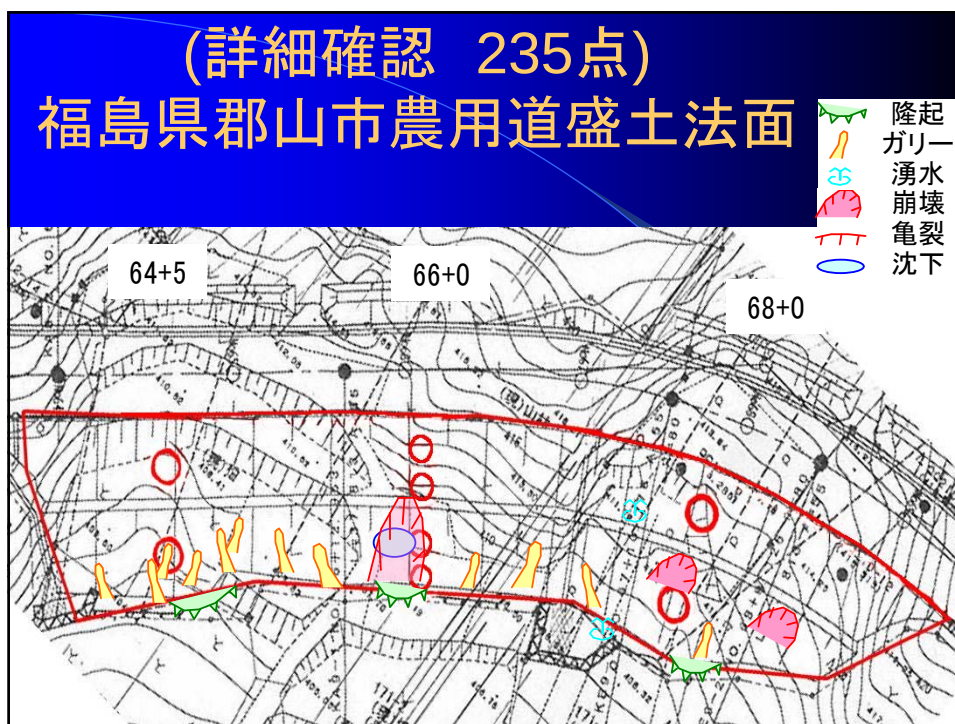


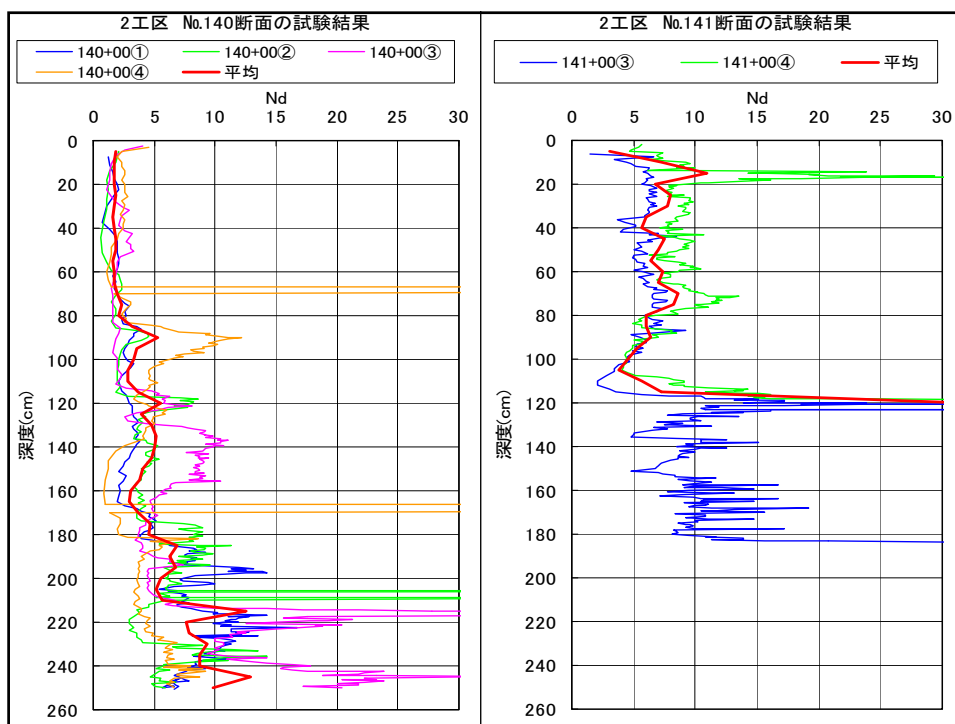


## 館山農用道盛土 まとめ

- 地下水位: 最上段は100cm程度以上と低く  
最下段は99~27cmと高い
- 自由長部: 礫当たりと考えられる箇所を除くと  
Nd5以下~15以下の箇所が多く不安定  
下段部ほど軟質となっている。  
崩落箇所の表層50cmまでは、Nd2以下  
表層1mまでは、Nd5以下、軟質
- 定着部 : Nd1~6でも効いている。

結論: 地下水位が高く、表層50~100cmの緩みが著しく、Nd5以下の部分が崩落したものと考えられる。  
最も脆弱な崩壊区3段目に崩落が発生していないのは、ジオアンカーの効果によるものと見なすことができる。







## 郡山農用道盛土 まとめ

- 崩壊が発生している箇所は、Nd値5以下が0.95～1.8mまで連続
- Nd値5に達すると、Nd値が上昇する傾向
- 0.2m以深がNd値5以上が連続する場合、崩壊が発生していない。
- Nd5以上であっても、地下水が浸透している場合は、強度低下が予想される不安定化する可能性を有している。

## まとめ 盛土崩壊深推定

砂質土・マサ(標を含んだシルト質中～粗砂)

- ・移動層 Nd値1～2 崩壊で移動した範囲
- ・準移動層 Nd値3～5 崩壊や侵食・  
地下水の浸透で緩んだ範囲
- ・不動層 Nd値5以上 当面の健全を保てる範囲

### 今後の課題

低強度な粘性土を盛土材とした場合は、不安定化の境がNd値5より低くなる可能性がある。  
今後の調査により、明らかにしていきたい。

## 東日本大震災後の状況



福島県は、直下型の余震があり斜面崩壊が多発した。  
ジオアンカー補強土により補強した農用土法面は、  
軟弱な地盤状体であるにも係わらず安定状態を保った。



## 無補強箇所の被災



コンクリートのり枠工は孕み出し、  
経費の関係で補強不要とした盛土箇所  
(問題はあるそうだが、当面の補強の必  
要性引くし)は、変状が発生している。