# 日本応用地質学会　東北支部

# 第 15 回研究発表会講演集

２００７年7月２０日

日本応用地質学会

東　北　支　部

# 目　　次

日本応用地質学会東北支部　　第 15 回　研究発表会　プログラム


特別講演

中山間地における地震斜面災害　－2004 年新潟県中越地震・2005 年パキスタン北部地震の例－
・・・・・・・・・・・・・　1

八木　浩司　氏（山形大学教授）

発　　表

① 福島盆地北東部における阿武隈川河道と遺跡の変遷　・・・・・・・・・・・・・　2

○村上　智昭（㈱三本杉ジオテック）

② 宮城県北部－石巻湾の内陸地殻内地震に関する考察（１）
－既往調査のレビューと最近の地震発生状況－
・・・・・・・・・・・・・　4

○橋本　修一（東北電力㈱）

③ スラグテストによる地盤の透水性評価事例　－実施および解析上の留意点について－
・・・・・・・・・・・・・　6

○森　　一司・飯塚　康太
（農林水産省東北農政局）

④ 田川ダム左岸岩盤のゆるみ構造に関する調査について　・・・・・・・・・・・・・　8

○村上　昌宏（東北地方整備局
鳴瀬川総合開発調査事務所）

⑤ 宮城県における 1976－2000 年のがけ崩れ災害と地形地質　・・・・・・・・・・・・・10

○今野　隆彦（㈲ジオプランニング）

⑥ 亀裂性岩盤における切土のり面の崩壊事例と地質技術者の役割　・・・・・・・・・・・・・12

○宮路　武・岡崎　紀康
（㈱復建技術コンサルタント）

⑦ 急傾斜地対策工検討事例　－崩壊・崩落機構に着目－　・・・・・・・・・・・・・14

○根本　雅夫（応用地質㈱）

⑧ 玄武岩転石等の落石現場実験　・・・・・・・・・・・・・16

○阿部　大志・高橋　裕樹・高見　智之・原田　政寿
（国際航業㈱）

# 日本応用地質学会東北支部
# 第 15 回　研究発表会プログラム

開催日：平成 19 年 7 月 20 日（金）
会　場：仙台市メディアテーク（スタジオシアター）
講演集：1,000 円
協　賛：東北地質調査業協会

開会

10:00　　開会

10:00～10:10　支部長挨拶（太田）

発表（午前の部）‥‥（座長：谷藤、副座長：銭谷）

10:10～10:30　福島盆地北東部における阿武隈川河道と遺跡の変遷
○村上智昭（㈱三本杉ジオテック）

10:30～10:50　宮城県北部―石巻湾の内陸地殻内地震に関する考察（１）
―既往調査のレビューと最近の地震発生状況―
○橋本修一（東北電力㈱）

10:50～11:10　スラグテストによる地盤の透水性評価事例
―実施および解析上の留意点について―
○森　一司・飯塚康太
（農林水産省東北農政局）

11:10～11:30　田川ダム左岸岩盤のゆるみ構造に関する調査について
○村上昌宏（東北地方整備局
鳴瀬川総合開発調査事務所）

‥‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥

11:30～13:00　（休憩、昼食）

‥‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥

特別講演　　司会：事務局（貝羽）

13:00～14:30　中山間地における地震斜面災害
―2004 年新潟県中越地震・2005 年パキスタン北部地震の例－
八木　浩司　氏（山形大学教授）

‥‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥

14:30～14:40　（休憩）

‥‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥＊＊‥‥‥‥‥‥

発表（午後の部）‥‥（座長：松浦、副座長：当日決定）

14:40～15:00　宮城県における 1976-2000 年のがけ崩れ災害と地形地質
○今野隆彦（(有)ジオプランニング）

15:00～15:20　亀裂性岩盤における切土のり面の崩壊事例と地質技術者の役割
○宮路　武・岡崎紀康
（㈱復建技術コンサルタント）

15:20～15:40　急傾斜地対策工検討事例　－崩壊・崩落機構に着目－
○根本雅夫（応用地質㈱）

15:40～16:00　玄武岩転石等の落石現場実験
○阿部大志・高橋裕樹・高見智之・原田政寿
（国際航業㈱）

総合討論　座長：代表幹事（高見）

16:00～16:30

閉会

16:30　閉会

16:30　副支部長挨拶（橋本）

懇親会

17:00～19:00（場所：飛梅）（参加費 4,000 円、司会　支部長？）

# 中山間地における地震斜面災害
# -2004 年新潟県中越地震･2005 年パキスタン北部地震の例-

山形大学地域教育文化学部　八木浩司

2004 年新潟中越地震，2005 年パキスタン北部地震は，中山間地あるいは人口の多い低ヒマラヤ帯で震源断層直近・直上の山地・丘陵斜面に無数の斜面災害を引き起こした（八木ほか,2004；2005;2006）．筆者は，2006 年 1 月にパキスタン北部地震の被災地域を初めて訪れた際，新潟中越地震の調査で見た斜面災害景観がそのまま現れたことに大きな驚きをもった．小論では， 2005 年パキスタン北部地震に伴う斜面災害例を紹介するとともに，2004 年新潟県中越地震のそれとの類似性を生じさせた地形地質的背景について報告する．

**1.** 地震に伴った浅層崩壊は震源活断層の直近の急斜面・受け盤斜面に集中する．これは，地震時の加速度が斜面上部で大きくなることから，斜面崩壊が起こりやすいことを示している．それらの山地斜面は，全面的に浅層崩壊を起したり，未崩壊部でも斜面上部にクラックが連続して発達する．地表地震断層直近の撓曲崖あるいは段丘面上には，河谷の走向に平行なテンションクラック，斜面構成層（主に colluvium）のトップリングに伴う逆向き小崖が無数に発達している．家屋の倒壊も顕著である．浅層崩壊は，このようなトップリングで谷川に倒れ込んだ斜面構成層が一次的，二次的に関与したものが多い．しかし，断層下盤側や上盤側でも断層線から 1km 以上離れた場所での斜面崩落等は激減する印象が強い．

**2.** 地震に伴う深層地すべりは，泥岩・砂岩互層地域に再活動型の層すべりとして発生している．変位量から判断されるその活動度は，背後斜面の傾斜に依存している，すなわち，50°以上の急崖で地震による再活動が激しい．それらは，パキスタン北部 Jhelum 川本流沿いでは，河川本線の攻撃斜面となっている箇所とも一致し，道路下面にまですべり面が発達していることが道路面の変状からも把握できた．さらに，地質構造的には，受け盤斜面でも岩盤クリープやトップリングから発達した深層すべりが認められた

**3.** 大規模な深層地すべりは，現河谷沿いに急崖を伴いながらも遷急線の上位には相対的に緩やかな斜面が残された位置で発生している．斜面上部に大きな荷重が残され重心が高い位置にあることから，地震による剪断モーメントが下位の急斜面基部で大きくなることで，大規模な深層すべりが発生しやすくなるのであろう．また，平滑あるいは直線的なすべり面を伴う場合は，地すべり運動が高速で大規模化するようである．これは，すべり面が直線的であれば，斜面下方での抵抗が小さくなるのでより，すべりが高速で大規模化しやすいことを示しているのであろう．

# 福島盆地北東部における阿武隈川河道と遺跡の変遷
## -完新世の地形発達-

株式会社三本杉ジオテック　村上智昭

## １．はじめに

阿武隈川は福島県南部の那須山系を水源地とし、福島県の中通り地方を縦断した後宮城県で太平洋に注ぐ延長 239km(流域面積 5400km$^2$)の河川である。

福島盆地北東部は数多くの縄文時代以降の遺跡が分布する地域であるため、遺跡と阿武隈川河道の変遷との関係について検討したので以下紹介する。

## ２.地形概要

福島盆地は南部の信夫盆地と北東部の伊達盆地に分けることができる。信夫盆地における阿武隈川は脊梁山脈水源とする荒川・松川摺上川が運搬する土砂によって形成された扇状地と盆地中央に分布する信夫山により河道が制限され、盆地の東縁を北流している。

伊達盆地では河川による土砂の流入量が少ないため、旧河道の発達が明瞭である。その後阿武隈川は宮城県境の狭窄部を抜けて太平洋に至る。

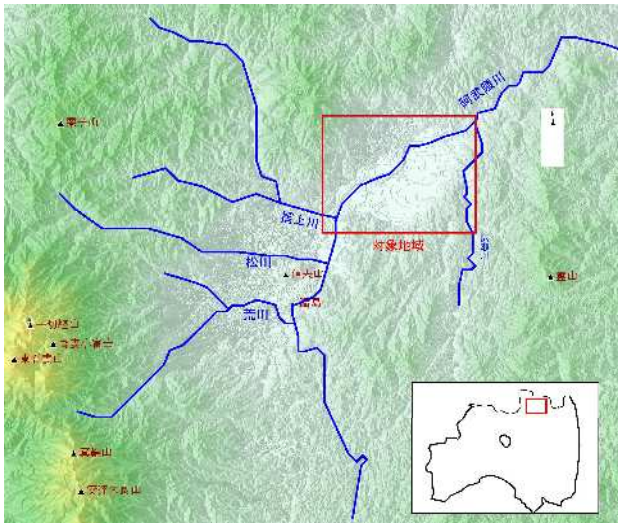



図１　福島盆地の阿武隈川水系

## ３.地質構造

福島盆地は白亜紀の花崗閃緑岩を基盤としている。新第三紀中新世前期に福島盆地の東方山地から噴出した霊山層と呼ばれる玄武岩質溶岩･火砕岩が不整合に覆い、浅海性の砂岩・泥岩を主体とする梁川層が堆積した。

その後西方の脊梁山脈の隆起に伴い福島盆地が形成され、第四紀の未固結堆積物が堆積したと考えられる(図２)。伊達盆地での未固結堆積物の層厚は東縁では 30m程度であるが、阿武隈川の現河道付近では 50～70m程度である。

図２　地質構造断面図

## ４.遺跡の分布と河道の変遷

昭和 50 年の空中写真を用いて､地形判読を行った結果 R1 から R6 まで少なくても６回の河道の変化があったと考えられる。河道変遷と遺跡の分布を図３に示す。

伊達盆地の遺跡では旧石器時代のものが最も古く、東北道付近の山間部に若干の分布が確認されている。

縄文時代の中期(約 4500 年前)には河川や沢と近接する箇所に定住するようになったと考えられ､R1 付近と扇状地の沢付近に分布が確認されている。

弥生時代には盆地南部の後背湿地中の自然堤防に集落を作り稲作をしており、旧河道は R1～R2 と想定される。

古墳時代は主に R3 によって形成された段丘面に古墳群を形成したものと想定される。

奈良・平安時代になると段丘ばかりでなく低地にも遺跡が分布するようになり､R4 付近に分布が確認される。

R5,R6 付近には遺跡の分布はなく、ほぼ同じ幅で蛇行している｡R6 は大正時代のショートカット工事により現在の河道となっている。

## ５.盆地の未固結堆積物

北西斜面から供給された藤田層は AT 火山灰の分布等から約２万年前に扇状地を形成し、盆地を覆っていたと考えられる。この地層以深の洪積層はボーリングコアでは凝灰岩や火

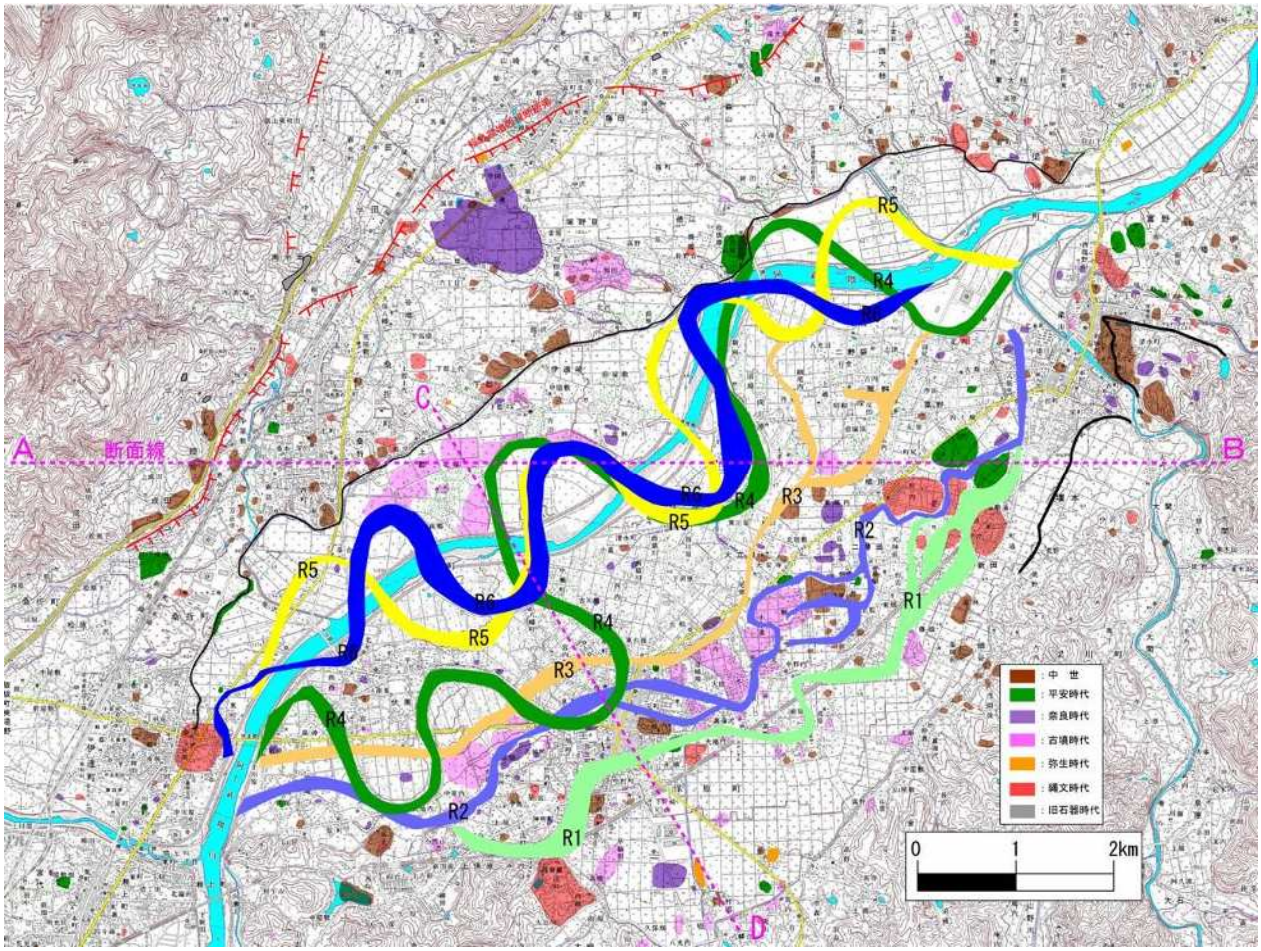



図３　伊達盆地の河道変遷と遺跡の分布

山岩の礫を多く含み青灰色であるため地下水には鉄分を含む傾向にある。

その後、阿武隈川による下刻が始まり藤田層を浸食すると共に砂礫を堆積したと想定される。この砂礫は深度 6～10m程度まで分布し褐色であるため、飲用に適した地下水が確保できる。

完新世には気候が温暖になり河川の水量が増加し河川争奪が顕著になったものと想定される。旧河道が交差する地点では粗粒砂が河床礫の上位の礫層を覆っており、河川堆積物の重なりが確認できる。

不明瞭な旧河道では河床堆積物を砂質シルトが覆っている。

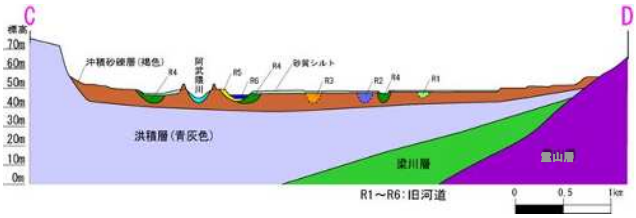



図４　第四紀層地質断面図

６．まとめ

伊達盆地においては完新世以降に河道変遷が顕著になり、河道の発達とともに人類文化も発達したことが判った。

人類は阿武隈川の河道付近で生活しその恩恵を受けたが、縄文時代の遺跡から洪水の痕跡が確認されていることから、洪水災害という問題があったのは今も昔も同様と想定される。

参考文献

1) 福島県教育委員会(1996)福島県遺跡地図. 中通り地方
2) 上村雄介(2003)福島盆地の最終氷期末期以降の地形発達史. 日本地理学会 2003 年度春季学術大会要項集
3) 福島県地質調査業協会(1993)福島県地盤・地質調査資料集
4) 福島県(1999)土地分類基本調査. 関・桑折

# 宮城県北部－石巻湾の内陸地殻内地震に関する考察（１）
## —既往調査のレビューと最近の地震発生状況—

東北電力株式会社　土木建築部　橋本　修一

１．はじめに

地震は，その発生様式等に着目して①プレート間地震，②海洋プレート内地震そして③内陸地殻内地震と３タイプに大別される。このうち，③の発生する場所・規模・時期の評価については，地形学，地質学，測地学，地震学など関連する領域の総合的かつ合理的な理解が得られることが望ましい。

2003 年 7 月 26 日発生の宮城県北部地震の前後に，宮城県北部から石巻湾にかけて，各種の地質構造調査が実施され，また，歴史地震の再評価もなされている。これらの調査結果をレビューし,最近の地震活動をあわせて,当地域の地下構造と内陸地殻内地震の発生環境を考察する。

２．地質構造発達史的理解

地殻変動の歴史は地質分布，地質構造，地形に記録される。

本地域の地質構造の骨格は,リフト期(15Ma まで)の引張応力場での高角度大規模正断層群の形成，その後の中立的な応力場を経て，３Ma 以降の圧縮応力場を反映して褶曲や逆断層が発達することで概ね決定されている。上記の高角度正断層により形成された地溝・半地溝には，巨大な礫岩を含む粗粒相が堆積している。一関から石巻平野にかけての地域がこれら半地溝の東縁に相当し，地溝内を埋積した堆積物の一部は須江丘陵，日和山，旭山丘陵，松島丘陵に露出している。

現在につながる東西圧縮応力場で生じた逆断層や撓曲は，上記の高角度正断層の一部が反転・再活動したものである。したがって，主にリフト期に形成された断裂系,いわば「古傷」と,それを被う堆積物の変形の解明が内陸地殻内地震を理解する基本となる。

３．歴史地震の再評価

歴史地震として知られている 1900 年と 1962 年の宮城県北部地震は,いずれも伊豆沼付近が震源とされていた。

一方,武村(2005)[1)]は上記 2 地震について，震源域が重なって数十年間に 2 度も発生することや，1900 年の地震は M=7 としては被害が

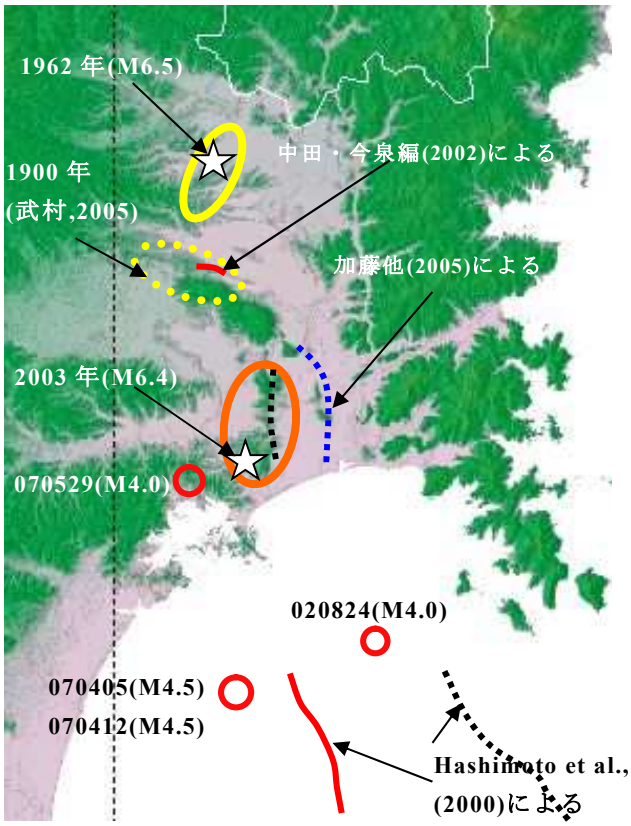



図　宮城県北部～石巻湾の主要な地震活動と地質構造要素

少なすぎるなど疑問があったことから，地震規模と震源位置を再検討した。1900 年地震の被害資料，震度分布，観測地震記録を再検討した結果,1900 年の地震の規模は M6.5 程度，震源は小牛田付近，1962 年と 2003 年の 2 つの地震の震源域の間を埋めるように起こっていた地震である可能性が高いとしている。

４．変動地形の分布

中田・今泉編(2002)[2)]によると，加護坊山北方の段丘面に延長数 km の活断層（撓曲）が判読されている。しかし,それ以外の場所では,変位が確実に後期更新世以降に及んでいると判断される地形は認められていない。

また，2003 年の震源断層の地表延長部付近においても，従来手法での変動地形は判読されていないことからも,バックグラウンド地震規模以上を予測することは難しい。

５．最近の地質構造調査

5.1 東大地震研究所による調査

加藤他(2005)[3]等は，2003年宮城県北部地震の震源域・旭山丘陵から須江丘陵にかけての東西測線で大型起震車１台による反射法地震探査を行なった。その結果，地溝東縁をなす高角度断層(須江断層)の下方延長が余震分布とよく一致するとの見解を得て，同断層の深部が 2003 年の震源断層になったものと判断した。

5.2 産総研による調査

山口他(2004)[4]等は，上記測線の南方数キロメートルから海岸線までの間で，大型起震車他を震源とする３測線の反射法探査を行なった。このうち，北端測線では加藤他(2005)と概ね同様の地質断面解釈を行なった。一方，北端側線で明瞭に確認された旭山撓曲は中央部測線では不明瞭となり，南端測線では再び傾斜が確認される断面を示した。

5.3 海上保安庁による調査

海上保安庁海洋情報部(2003)[5]は沿岸海域海底活断層調査の一環として，仙台湾におけるスパーカによる音波探査の結果を公開した。これによると，宮戸島南東方からNNW-SSE方向に長さ30km強の範囲に東落しセンスの『第四紀(160 万年前以降)に活動したことがある構造』が記されている。

5.4 東北電力による調査

橋本(2003)[6] は旭山丘陵南方の沖積平野において，旭山撓曲自体が大塩背斜の翼部とほとんど区別できなくなる測線があることを示した。

一方，Hashimoto et al.(2000)[7]は石巻湾に，中村(1992)[8]が反転テクトニクスで説明した２列の断層系に相当する断層を確認し，その一部について第四紀後期の活動性を評価した。これは海上保安庁(2003)が記載した断層の一部に相当する。両者の評価延長の違いは,音波探査記録の年代解釈の相違に基づく。この問題を解決するには，海底地質試料を直接採取し，地質年代を決定する必要がある。

## ６．考察－地質構造と地震活動－

6.1 陸域

2003 年 7 月地震の余震メカニズム解(海野ほか，2004[9])から,震源域では北部の①NW 走向 SE 傾斜，中央部の②NS 走向 W 傾斜，南部の③ENE 走向 N 傾斜の３系統の断裂系の存在が示唆される。①,②の活動による累積が加護坊山ドーム，旭山撓曲・須江断層の方向と規模を決定づけていると考えられる。構造の規模(長さ)はいずれも 20km 程度と見られる。旭山撓曲の主部では鮮新統まで顕著に影響するが，丘陵南方で緩やかになり，一旦は解けるものとみられる。産総研南端測線に認められる地層傾斜は大塩背斜の翼部の可能性もあり，撓曲の影響はあるとしても少なくとも表層まで及んでいないように見える。解決するには同地域でのより詳細な調査が必要となる。

③方向の顕著な地質構造や地形は認められないが,余震分布の南限は今年 5 月 29 日発生の M4.0 を含め明瞭に区切られること,その南方隣接海域で高重力異常域が西に張り出すことなどから,震源断層の南方延長を阻む何らかのバリアが存在するものと思われる。

6.2 海域

2007 年 4 月に石巻湾で発生した地震(M4.5,d=12km)は,メカニズム解から想定される圧縮軸は概ね東西であること,断層面は 30－40° 西側傾斜であるが，地震発生層下部で断層面は緩傾斜となる傾向があることを考慮すると,既評価の断層の地下深部の一部が破壊したものと考えて矛盾はない。

## ７．おわりに

既往の調査結果と地震活動から宮城県の内陸地殻内地震の規模を考察した。その過程で見えてきた課題を解決するため，現在，詳細な地表調査に加え複数測線での反射法地震探査，海域も含めたボーリング調査を実施している。今後，それらの調査結果を踏まえて，当該地域のより合理的な内陸地殻内地震の評価を行なうこととしたい。

参考文献

1)武村雅之(2005)：地震，Vol.58. pp.41-53.
2)中田高・今泉俊文編(2002)：東大出版会.
3)加藤直子他(2005)：月刊地球, Vol.27, No.2, pp.139-143.
4)山口和雄他(2004)：物理探査学会第 111 回学術講演会論文集，pp.57-58.
5)海上保安庁海洋調査部(2003)：http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAIYO/FAULTS/sendai/sendaimain.html
6)橋本修一(2003)：日本地震学会講演予稿集，2003 年度秋季大会，P185.
7) Hashimoto, S., et al.(2000) : GeoEng2000
8) 中村光一(1992)：構造地質，No.38, pp.3-45.
9) 海野徳仁他(2004)：地震，Vol.56. pp.425-434.

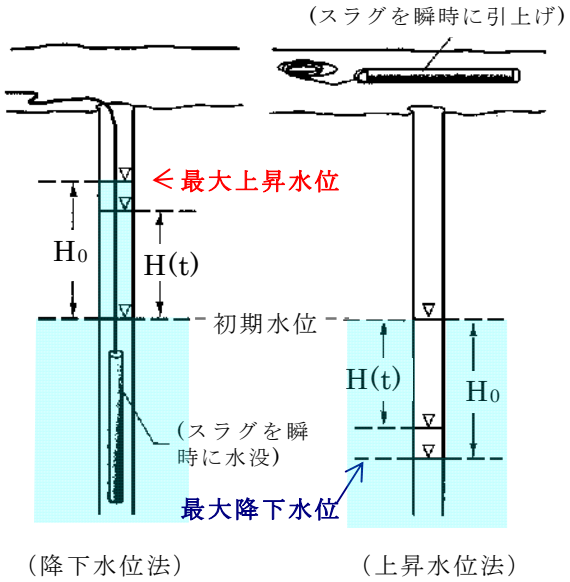
# スラグテストによる地盤の透水性評価事例

## －実施および解析上の留意点について－

東北農政局農村計画部資源課　○森一司・飯塚康太

## １．はじめに

スラグテスト(slug test)は、ボーリング孔や井戸の水面下にスラグ（棒状の物体）を瞬時に水没させ（または引上げ）て孔内水位を $H_0$ まで上昇（または降下）させ、その後の水位の経時変化 H(t)を測定して地盤の透水係数を求める方法である（図－１）。




図－１　スラグテスト模式図

特別な機材を必要とせず、少人数で短時間に実施でき、既存孔も利用可能であることから、地下水汚染シミュレーションモデルを作成する場合など、多少精度は犠牲にしても、広範囲に多数のデータを収集する場合に適している。海外では極めて一般的に行われているが、わが国では報告例が少ないことから、現地で実際に試験を行い、実施および解析上の留意点について検討した。

## ２．試験方法

水位計は In-Situ 社製の水圧式自記水位計 miniTROLL を使用し、0.5 秒間隔で水位を自動記録させた。スラグは長さ１ｍで３種類の径の塩ビ管(VP25, VP30, VP65)に砂を充填して作成し、採水器用深度目盛り付ロープにより昇降させた（写真－１）。

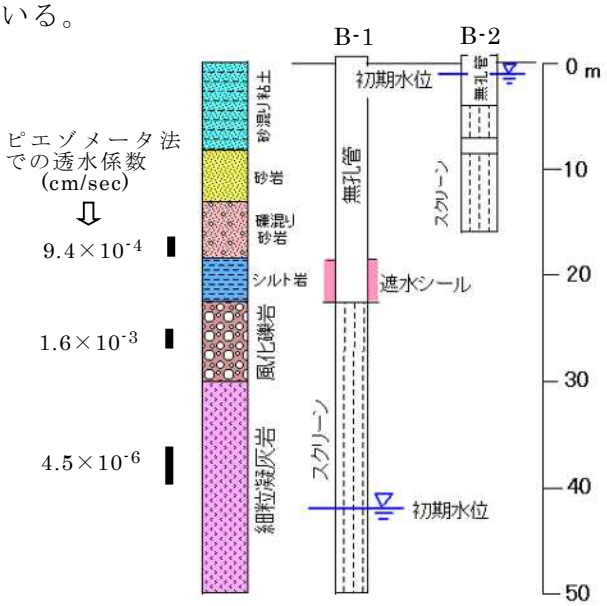
## ３．試験結果

試験は全て既存のボーリング孔および井戸を利用し、地下水開発調査での調査ボーリング孔および試掘井（Ａ地区）、アースダムの浸潤線観測孔（Ｂ地区）、建設中のロックフィルダムの地下水位観測孔（Ｃ地区）の３地区で行った。本要旨では紙幅の関係から、Ａ地区での測定結果のみについて述べる。

写真－１　スラグテスト実施状況

＜地質状況と試験孔の構造＞

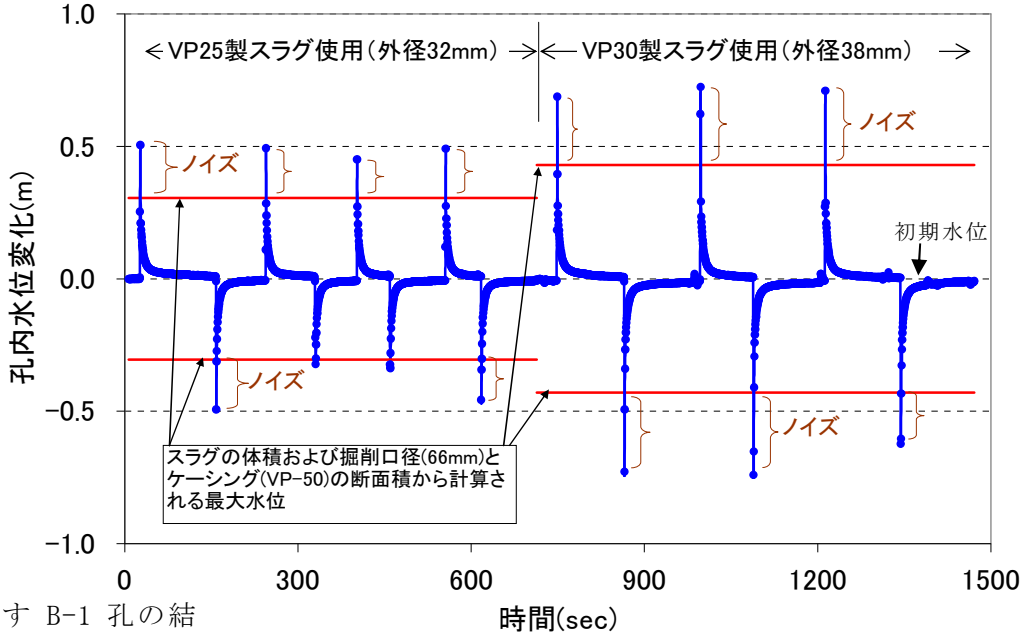
Ａ地区は山形県西村山郡大江町に位置し、鮮新世の堆積岩が分布する。調査ボーリングは下部の凝灰岩および風化礫岩を対象とした深度 50m の B-1 と上部の砂礫層を対象とした深度 16m の B-2 の２孔が隣接して掘削された（図―２）。掘削孔径は 66mm、ケーシングは VP50（内径 51mm)、スクリーン区間は直径 5mm の丸穴が 10cm 千鳥の間隔で４列穿孔されている。




図－２　Ａ地区の地質と試験孔構造

＜測定結果＞

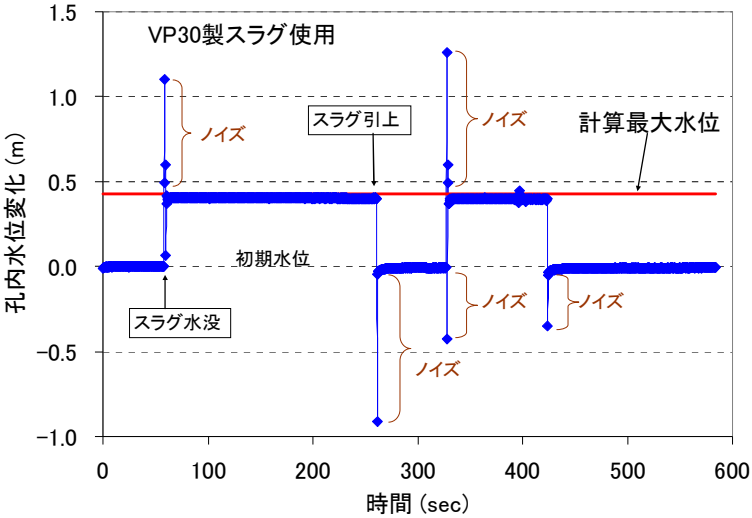
試験は VP25 と VP30 製のスラグを使用し、降下水位法と上昇水位法を連続して複数回繰り返した。B-2 孔での測定結果を図－３に示す。一時的に上昇または下降した孔内水位は、数分のうちに初期水位まで回復しており、透水係数が比較的高いことがわかる。




図－３　Ｂ－２孔試験結果

一方、図－４に示す B-1 孔の結果では、スラグ水没によって上昇した孔内水位はほとんど変化することなく横這いで推移し、スラグ引上げ後は瞬時に初期水位まで戻っている。この結果から深部の細粒凝灰岩は難透水性であると判断できる。

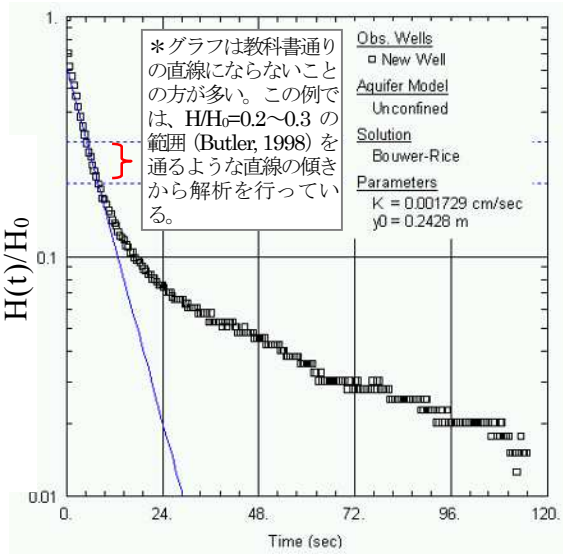
なお、いずれの図でも、スラグの水没および引上げ直後に観測された最大水位は、スラグ体積と掘削断面積およびケーシング断面積から計算される水位よりも大きくなっている。これはスラグが水中で動くことにより正負の動水圧が発生したためと考えられ、解析に必要な最大水位 $H_0$（図－１）を決定する際には注意が必要である。




図－４　Ｂ－１孔試験結果

＜解析結果＞

スラグテストの解析法には、Hvorslev 法、Cooper et al. 法、Bouwer and Rice 法、Dagan 法、KGS 法などがあり、帯水層条件（不圧 or 被圧）、井戸貫入条件（完全貫入 or 部分貫入）、孔内水位とスクリーン区間との位置関係の３要素に応じて最適な方法を選ぶ必要がある。B-2 孔での測定データを、４種類の方法で解析した結果、透水係数は $0.6 \sim 2.4 \times 10^{-3}$ cm/sec の範囲の値となり、既往データとも調和的であった。また、降下水位法よりも上昇水位法（図-１）の方が高めの値が得られた。




図―５　Ｂ－２孔 Bouwer and Rice 法解析例

４．参考文献

Butler. J. J. Jr : The Design, Performance and Analysis of Slug Tests, Lewis Publisher, CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 1998.

# 田川ダム左岸岩盤のゆるみ構造に関する調査

東北地方整備局 鳴瀬川総合開発調査事務所 調査設計課　村上昌宏

## 1. はじめに

田川ダムは、鳴瀬川水系田川（宮城県加美郡加美町宮崎）に計画中のロックフィルダムで、「洪水調節・流水の正常な機能の維持・かんがい用水の補給・水道用水の確保」を目的とした多目的ダムである。

当ダムは、平成４年度から直轄で実施計画調査を行ってきた。

本報告は、田川ダムで存在が確認された「ダムサイト左岸岩盤ゆるみ構造」について、その地質調査の概要と調査結果について報告する。

図－１　田川ダム位置図

## 2. 田川ダムの地形・地質

田川ダムは、宮城県北部奥羽山脈の東側斜面に位置し、周辺の地形は、左岸と右岸で非対称である。左岸側は標高 300～500m、河床からの比高 100～200mの起伏のなだらかな丘陵地で、地すべり地形を抱えている。右岸側は安山岩の貫入岩体が分布し、円錐状の急峻な峰を形成している。

地質的には、新第三紀の凝灰岩層や堆積岩が広く分布し、ダムサイト周辺は、硬岩・軟岩・未固結地盤が分布する複雑な構造となっている。

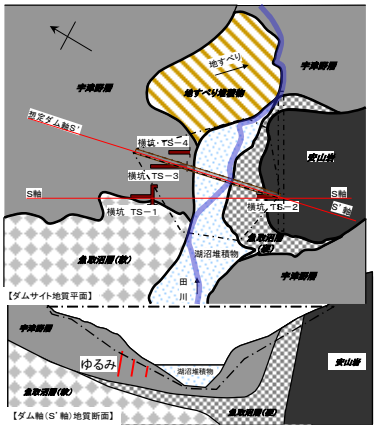
### 2. 1. 田川ダムの地質状況

田川ダムの地質は、基盤岩（新第三紀形成の堆積軟岩で砂岩主体）と湖沼堆積物及び河床堆積物の被覆層に大別できる。基盤岩は、下位から、塊状で軟質な魚取沼層、良く固結しているが割れ目が発達し、ブロック状にゆるみを伴う宇津野層、岩片は固結緻密だが節理が発達している安山岩貫入岩から成る。また、未固結の厚い被覆層として、左岸直下流の地すべり崩積土および旧河道の堰き止めにより形成された湖沼堆積物（最大厚 35m）が分布している。

### 2. 2. 地質上の問題点

田川ダムのダム軸検討に向けた調査から、ダムサイト周辺には、地質的に以下の課題が、明らかになった。

①湖沼堆積物への対処：　Ｎ値２～４の粘土・シルトを主体とした軟弱層が堆積（最大厚ｔ＝35m、全量掘削除去する計画）。




図－２　ダムサイト地質構造略図

③左岸直下流地すべりへの対策：Ｓ'軸では、堤体下流ロック敷の一部が地すべり崩積土を基礎とするレイアウトとなる。上流ダムサイト側の河床部側掘削時の土塊の表層すべり対策が必要。

③左岸岩盤の宇津野層中に生じた地山のゆるみ対策：　左岸の宇津野層には、山側傾斜の高角度の開口割れ目（最大 30cm 開口）と谷側傾斜の低角度割れ目の組み合わせから成る、ブロック状のゆるみ構造の存在が明らかになった（高透水ゾーンを避けたダム軸設定と基礎処理方法の検討が必要）。

### 2. 3. 左岸岩盤のゆるみ調査の目的と必要性

調査の目的は、比較ダム軸検討に向け、左岸岩盤のゆるみの範囲・性状を整理・検討し、安全性や経済性を考慮した基礎掘削線となるよう、検討することである。

また、ゆるみ範囲とダムサイト直下流の地すべりとの関連について、調査が必要となっている。

## 3. 左岸岩盤ゆるみの調査手法

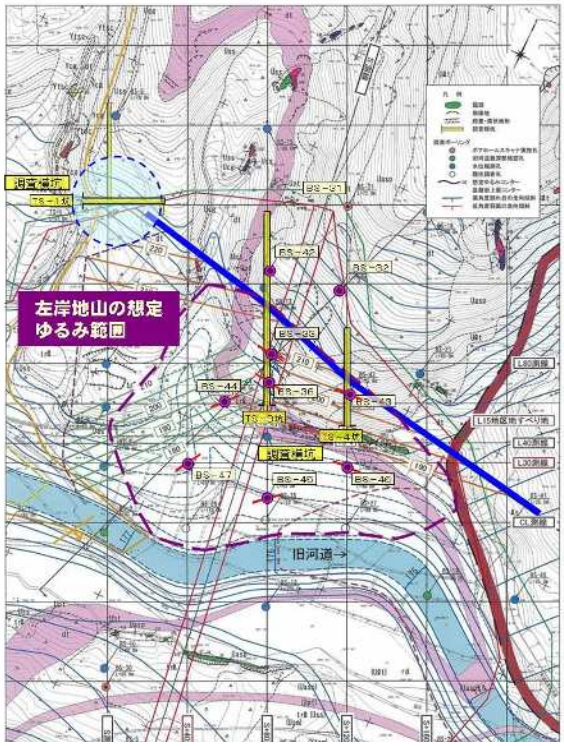
田川ダムの左岸岩盤ゆるみは、横坑調査から、構造的に、東西走向で南側及び北東走向で南東～東側の谷側に傾斜する低角度割れ目と東西方向に山側に傾斜する高角度引張割れ目の組み合わせで形成された、ブロック状のゆるみとして想定された。

そこで、①TS-3 坑の高角度割れ目の連続方向からゆるみ範囲を想定する　②ボアホールスキャナ[1]で高角度開口割れ目より、谷側の範囲に低角度弱面の有無を確認する　③開

[1] ボアホールスキャナ：調査ボーリングにおいて、岩盤部の孔壁画像を撮影し、3 次元的な地質情報が得られる試験法

口割れ目と透水性の関係を把握する

上記①～③の手順で、ゆるみ範囲の確認を行った。




図－３　ゆるみに関する既往調査位置図

## 4. 調査結果のまとめ

田川ダムの左岸岩盤のゆるみ構造について、調査結果をまとめると次のようになる。

### 4. 1. 成　因

①ゆるみは、固結度の高い宇津野層に存在する節理面や小断層等の弱面が浸食の影響や地震動等によって不安定化したもの

②旧河床レベルより深部の開口割れ目が①の性状と同様であり、構造運動の影響で潜在的な開口割れ目が、浸食の影響で不安定になった範囲に生じたもの

③ゆるみは、田川ダムサイト直下流地すべりの素因となっている地層より深部であり、一連のものではない

### 4. 2. 構　造

①ゆるみの構造は、大きく 3 面（東西方向に連続する高角度割れ目（山側に 90～60°）と、東西走向で上流側へ傾斜する低角度面（谷側に 30～40°）、北東走向で下流側へ傾斜する面（谷側に 30～40°））の組み合わせから成り、10～20m規模のブロック状のゆるみが生じている

②谷側末端部のブロックから順にゆるみ始め、背後へ拡大しているものと想定される

③高角度開口割れ目は、20cm ほど開口しているが、割れ目周辺の地層にはほとんど変位は認められず、移動量は少ないと考えられる

### 4. 3. 性　状

①高角度開口割れ目の面には凹凸があり、引っ張りによって生じたものと判断できる

### 4. 4. 範囲・規模

①ゆるみの範囲は、最大幅 150m、奥行き 120m、地表からの厚さ 20～25m程度

②旧河道から 40m程度の範囲が開口割れ目が発達する大きなゾーン、そこから、OP－３までの範囲が十数m～二十数mのブロック状にゆるんだ範囲

### 4. 5. ダム軸と掘削線の検討

背面の安定性の問題から、このような不安定なゆるみの範囲を避けるには、ダム軸を上流側に設定することになるが、軟質な魚取沼層の粗粒砂岩が基礎となる問題がある。したがって、魚取沼層軟質部を出来るだけ避け、かつ宇津野層のゆるみの掘削除去を最小限にとどめることが可能な範囲でダム軸の選定を行う必要がある。

### 4. 6. ボーリング削孔及びボアホールスキャナによるゆるみ調査の有効性の評価

①横坑調査を実施する場合に比べ、経済的な負担が軽減される

②連続性を想定したゆるみの範囲をとらえたボーリング孔の配置計画が可能となった

③ゆるみの方向、連続性、範囲などに対する、調査の容易性と調査結果の信頼性を高める

## 5. あとがき

全国的に良好なダムサイト適地が少なくなってくる中で、地形地質条件が田川ダムと同様に、様々な弱層部を避けながら施工せざるを得ない状況が十分予想される。

本調査手法は、ダム軸の検討や基礎掘削を考慮する場合にその安全性や経済性・施工性を考慮する手法として、他の岩盤にも有効であると考える。

# 宮城県における1976-2000年のがけ崩れ災害と地形地質

有限会社ジオプランニング　　今野隆彦

## １．はじめに

1976 年～2000 年の宮城県におけるがけ崩れ災害の記録から，地形・地質の特徴と降雨に対するがけ崩れ発生の特徴をまとめた。

## ２．収集データと宮城県の土砂災害の割合

データは，宮城県土木部のまとめた資料 [1] から土砂災害に関する部分を抽出して使用した。がけ崩れ・土石流・地すべりについては全データ 542 箇所から合計 482 箇所のデータを採用した（災害種類や災害箇所の詳細が不明のものを除外した）県内の分布状況を図 2,1 に示す。宮城県の土砂災害は仙台近郊と

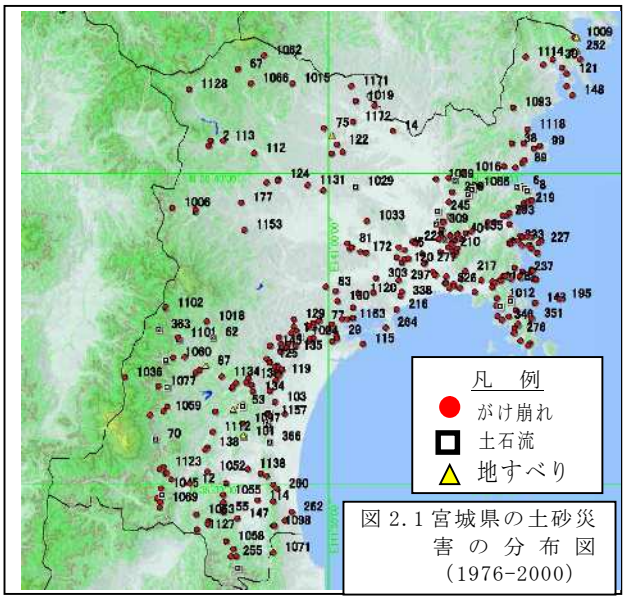



図 2.1 宮城県の土砂災害の分布図（1976-2000）

牡鹿半島地区地に多く分布していることがわかる。これらの地形･地質的特徴について検討した。

資料中には土砂災害に関する用語が不統一のまま使用されており，用語に不統一が見られるが，できるだけ実態を尊重しながらがけ崩れ，土石流，地すべり，盛土崩壊，擁壁倒壊の 5 種類に区分した。

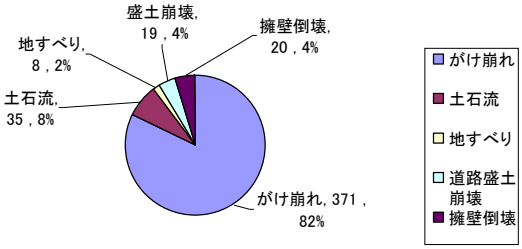



図2.2　宮城県土砂災害区分図（1976-2000年）

図 2.2 のようにこれまでの土砂災害ではがけ崩れが全体の 82%と卓越する。

## ３．がけ崩れの特徴

### （１）地形的特徴

宮城県のがけ崩れの特徴を第三紀層地域（仙台近郊）と中・古生層地域（女川・雄勝）で資料に基づき,現地調査を行って比較した。がけ崩れの地形的特徴を評点方式で比較すると図 3.1 のようになる。図中，新第三紀層，第四紀層の岩質はアルファベット小文字で表示し，中･古生層は大文字で示した。

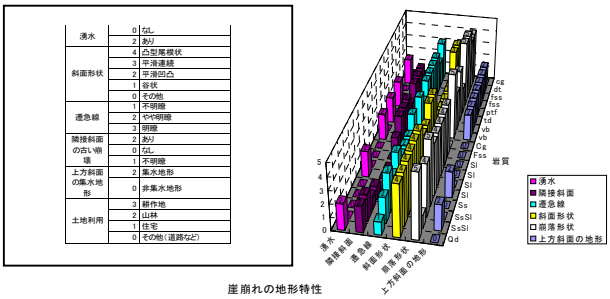



図 3.1　がけ崩れの地形的特徴

地質記号　アルファベット小文字は新第三紀，第四紀層，大文字は中・古生層
cg:礫岩，dt:崖錐，fss：細粒砂岩，ptf:軽石凝灰岩，td：段丘堆積物，vb：火山角礫岩，Cg：礫岩，Fss:細粒砂岩，Sl:粘板岩・頁岩，SsSl：砂岩頁岩互層，Qd：石英閃緑岩

がけ崩れの地形的特徴としては

①斜面形状は，第四紀・新第三紀層ではほとんどが谷状地形を示す。これに対し，中・古生層ではほとんどが凸形尾根状斜面である。

②遷急線は第四紀・新第三紀層で一部不明瞭であるがほぼ明瞭なものが多く，中・古生層でやや明瞭が多い傾向がある。

③崩壊形状は角形が多く馬蹄形がこれに次ぐ。

④上方斜面の地形は，第四紀・新第三紀層ではほとんどが集水地形であり，中・古生層ではほとんどが非集水地形である。ただし，表面水が集まりやすい水路工や道路の排水があり，これを含めれば表面水に大いに関係している。

さらにがけ崩れの幅，長さ，傾斜などの規模を図 3.2 に示す。

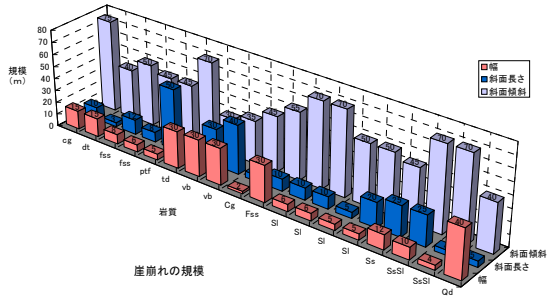



図 3.2　がけ崩れの規模

①がけ崩れの幅は，第四紀・新第三紀層では 5～30m 程度で中・古生層に比べやや大きい（平均幅 17m)。中・古生層では一部大きいものがあるが,これを除くと 2～12m である。

②斜面長さは第四紀・新第三紀層で 3～50m, 中・古生層で 4～25m となっている。

③斜面傾斜は第四紀・新第三紀層で 30～75°，中・古生層で 45°～70°となっている。

（２）がけ崩れの地質

がけ崩れの基盤地質と崩壊物質は図 3.3 に示す。

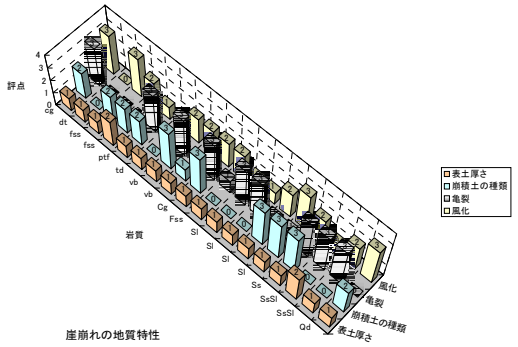



図 3.3　がけ崩れと地質

①表土の厚さは一部やや厚く 0.1～0.5m のものがあるが，ほとんどは 0.1m 未満である。

②崩積土の種類では，第三紀の地層では砂質系のものが多く，中・古生層では礫質のものが多い傾向がある。これは基盤岩の固結度の違いによるものであろう。

③亀裂状況では，受け盤，流れ盤に関係なく急立した傾斜を有する割れ目が卓越する。

④風化状況では新第三紀層，第四紀層で風化～強風化したものでがけ崩れが多く，白亜紀以前の中・古生層では割れ目風化～強風化までさまざまな風化状態の岩盤が崩壊している。

４．がけ崩れと降雨条件

これまでのがけ崩れの箇所から規模がやや大きく（幅 10m 又は崩壊土砂量 10m$^3$ 以上）崩壊時間が明瞭なものを選んで，降雨条件を調べた。

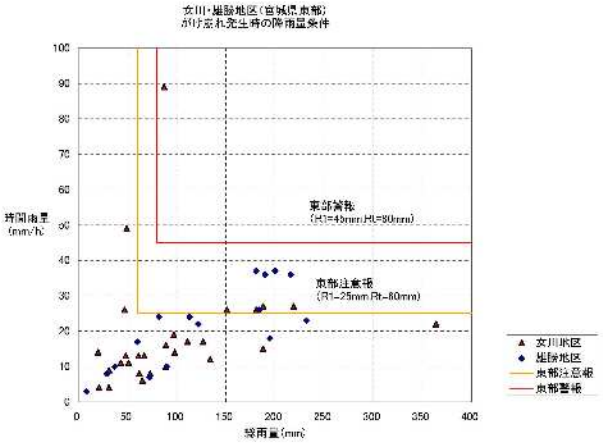



図 4.1　時間雨量と総降雨量とがけ崩れ
（女川雄勝地区）

図 4.1 に示すように現在の宮城県の注意報と警報の基準以下で実際のがけ崩れが発生している。

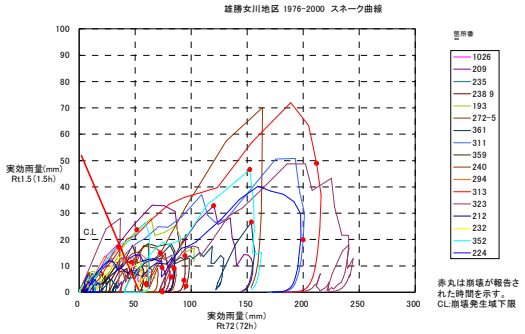



図 4.2　実効雨量によるスネーク曲線
（女川雄勝地区）

図 4.2 には実効雨量[2]（半減期 1.5 時間および 72 時間）と崩壊発生時刻（赤丸）を示す。ここでも，かなり小さい雨量で崩壊が発生していることがわかる。

５．まとめと展望

宮城県の過去のがけ崩れデータの地形・地質的特徴と降雨条件について検討した。今後，地形・地質も含め土砂災害データの一元管理が専門技術者の下で行われることが必要で，このデータの蓄積と再解析により，がけ崩れの発生の場所と時間（降雨条件）の関係とともに，より信頼性の高いハザードマップが構築可能と考える。

参考文献

1) 宮城県（2000）：平成 12 年度土砂災害警戒避難基準雨量検討業務委託　報告書

2) 寺田秀樹，中谷洋明(2001)：土砂災害警戒避難基準雨量の設定方法，国土技術政策総合研究所資料，No5, 2001，p56

# 亀裂性岩盤における切土のり面の崩壊事例と地質技術者の役割

株式会社復建技術コンサルタント　○宮路武・岡崎紀康

## １．はじめに

のり面・斜面調査の目的は，選定された路線上およびその周辺に分布するのり面・斜面に対し，ボーリングや弾性波探査等による地質調査を実施し，崩壊機構の推定とその安定度の検討を行うとともに，調査結果に基づいた適切な対策工の設計を行うことにある。

のり面の調査および解析は，代表断面を選定して実施されることが一般的であるが，今回報告する「地質構造が複雑な地域」では，調査結果と実際の地盤条件が異なることが多く，のり面変状も数多く発生している。

本報告は，亀裂性岩盤における道路のり面の変状事例を紹介するとともに，地質技術者の役割について思案したものである。

## ２．本路線の概要

・本路線は北上山地の南方に建設中の道路で，対象区間は延長約 7.4km である。このうち切土区間は約 6.4km を占めており，2～7 段の切土のり面が計画されている。

・当該地区の地質は，中生代三畳紀の地層からなり，粘板岩が主に分布する（一部に砂岩あるいは粘板岩との互層も分布する）。

・本区間の地質構造は北北東―南南西に発達し，断層や褶曲構造も確認できる。また，ひん岩等の岩脈類も比較的多くの区間で認められる。

・本ルートの最大の特徴は，道路縦断方向が地質構造と同方向に計画されている点にある。

## ３．のり面変状の事例

### ３．１　事例-①

1)本工区ののり面に分布する地質は，粘板岩，砂岩およびこれらの互層からなり，左側のり面は偽傾斜 25°程度の流れ盤，右側のり面は受け盤になる。

2)右側のり面は受け盤構造で，安定勾配切土が可能であったため，対策工は「ラス張り+植生基材吹付工」とした。

3)左側のり面は角度 25°の流れ盤が顕著であり，小規模な法面崩壊が数箇所で発生した。流れ盤を呈する弱線は層理面からなるが，粘土等の挟在層が認められなかったため，大規模な地すべり性崩壊ではなく，各小段規模の崩壊を想定した。

4)左側のり面の対策工は「吹付法枠+ロックボルト工」とした。また，流れ盤斜面においては掘削法面を長期間放置すると，斜面の不安定化が急速に進行するため，「各段毎の逆巻き施工」で対応した。

図-3.1　事例-①　地質状況と対策工法概念図

### ３．２　事例-②

1)本のり面は橋脚基礎掘削の際の仮設のり面で，1 段目が 1：0.5 勾配，2 段目が 1：0.8 勾配で施工されていた。のり面を構成する地質は粘板岩であり，偽傾斜 30 度の粘土化した流れ盤層理をすべり面としたのり面崩壊（幅 13m 程度）が発生した。

2)対策工法はアンカー工が採用された。

床堀仮設のり面の安定性評価は，岩の硬さ（風化度）によって簡易的に決定されている場合が多く，地質構造（弱線の性状や分布形態等）を反映して検討した例は少ない。仮設のり面であっても，中古生層に代表される亀裂性岩盤が分布する場合には，地質構造を踏まえた解析が必要である。

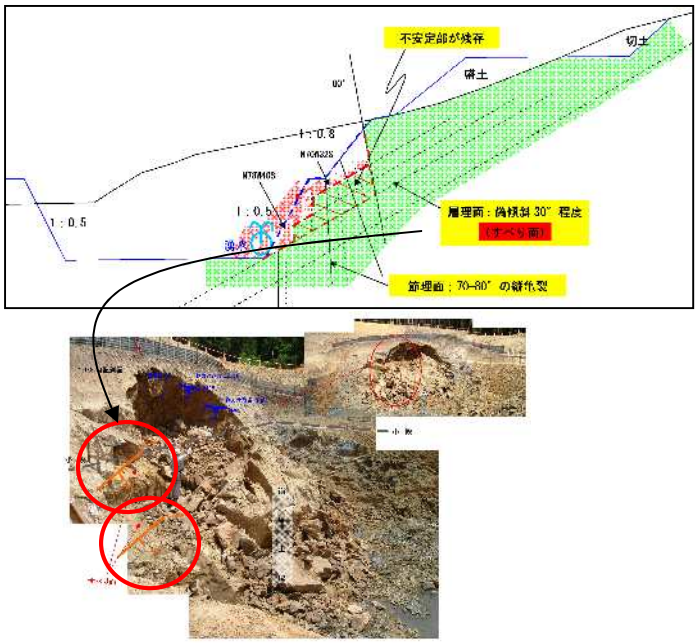



図-3.2　事例-②　地質状況と対策工法概念図

### 3．3　事例-③

1)本のり面には偽傾斜 30°～35°の流れ盤状の層理が発達していたため，対策として緩勾配切土（1：1.5 勾配）を施した区間である。1：1.5 勾配切土でのり面の安定は保たれていたが，その後，道路縦断排水工設置のため，法尻部に深さ 1.5m 程度の掘削が行われた。法尻部を掘削したことにより，流れ盤に沿ったのり面崩壊が発生した。

2)対策工法は，1 段目に「吹付法枠工+ロックボルト工」を行い，2 段目は「1：1.8 勾配切土」とした。本例のように，流れ盤対策として「緩勾配切土」を実施した箇所の法尻部を急勾配切土等で改変するとのり面変状を引き起こす可能性が高い。こういった箇所では道路縦断排水工の位置をのり面に影響を及ぼさないように修正するか，または法尻の掘削を考慮した崩壊形態を想定し，構造物対応する等の対策が必要になる。

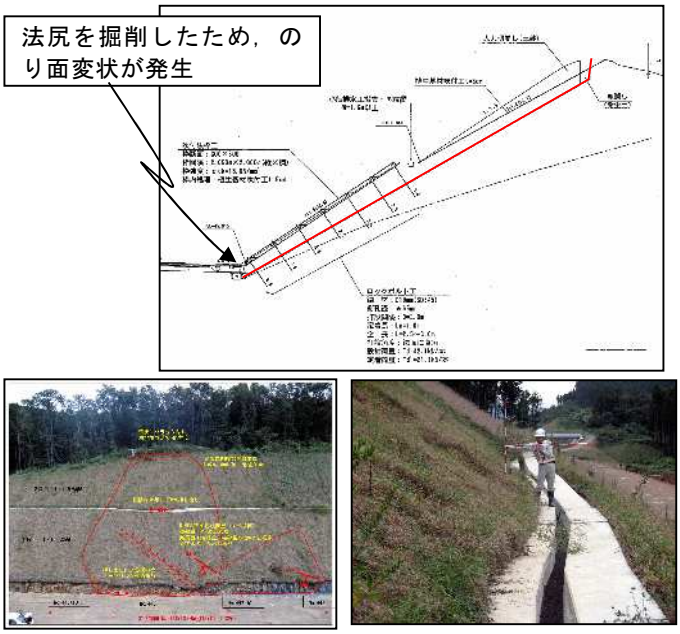



図-3.3　事例-③　地質状況と対策工法概念図

### 4．変状発生状況と調査設計段階の検討結果の比較

1)調査設計段階では，これらの地質構造（地質の硬・軟，亀裂の発達状況，層理面の流れ盤・受け盤等）を考慮した法面勾配として施工していたが，実際の施工法面の地質を見ると，沢を挟んで始点側と終点側の工区では，全く異なった地質構造となる等，複雑な地質状況（層理面の変化が主であるが，これに伴う亀裂面の発達状況も変化等）となっている。

2)更に，事前の地質調査では把握の難しい，小規模なひん岩の貫入（貫入面付近は一般的に弱線となっている場合が多い）や断層破砕帯の分布もあり，岩盤崩壊の他に規模の大きい地すべり性の変状も発生している。

3)このような地質状況の他に，深部の掘削に伴う地山の除去による応力開放の影響を受け，亀裂面の緩みが顕在化している。

4)事前調査におけるボーリング，弾性波探査は点あるいは線の情報であり，標準横断（代表断面）の検討には価値があるが，個々の亀裂および崩壊には即していないことが多い。事前調査において地盤全てを対象とすることは不可能であり，このような複雑な地質状況の変化を詳細に把握するためには，施工時の調査が重要になる。

### 5．地質技術者の役割

・地質技術者は，路線周辺の地質的特徴を「設計技術者」「施工業者」「発注者」に正しく伝承しなければならない。事前調査の限界についても説明し，施工段階での対応（留意点）を具体的に示す必要がある。

・本路線では「設計技術者」「施工業者」「発注者」を対象として，「現場勉強会（切土のり面編）」を実施している。流れ盤および受け盤亀裂や楔亀裂，のり面の湧水状況やｼｰﾙｺﾝｸﾘｰﾄのひび割れの見方，その他崩壊した法面の事例等を現地で指導している。現場勉強会の実施は，法面の安全（安定）確保および日常点検の徹底につながったものと考える。

・地質（節理）構造が変化に富んだ亀裂性岩盤では，事前調査のようなマクロ的な判断のみでは，安全かつ経済的な施工は難しい場合がある。この解決には「のり面を見て判断する」という地質技術者の役割が多大であり，各自の経験の水平展開も加えることで，社会貢献に供するものがあると考える。

（参考文献）

1)日本道路協会：道路土工―のり面工・斜面安定工指針，H11
2)社団法人地盤工学会：切土法面の調査・設計から施工まで

# 急傾斜地対策工検討事例

## －崩壊・崩落機構に着目－

応用地質株式会社　東北支社福島支店　　根本雅夫

1.はじめに

我が国には膨大な数の土砂災害危険箇所が存在し、それらは今後も増加していくと考えられている。このため、全ての箇所でハード対策（対策工事の実施により危険箇所を安全な状態にすること）を実施するには膨大な時間と費用がかかることから、近年の土砂災害防止法の制定にみられるように、ソフト対策（「危険の周知」や「警戒避難体制の整備」などにより、国民の生命身体・財産などを守ること）を強化する方針となってきている。

一方、危険度が高い箇所や保全対象が多い箇所などについては、優先度の高い箇所から順番に、少しずつハード対策も進められているが、このような風潮の中でのハード対策には、安全・安心の確保はもちろんのこと、安価に施工できるような工夫も常に求められる。

本報告では、そのような観点に立って実施した急傾斜地対策工検討の事例を紹介する。

2.急傾斜地対策工の例

急傾斜地における斜面の崩壊機構は、分布地質の特性や地形状況などによって様々な形態が考えられるが、それらに応じて各種の対策工が提案されている。以下に一例を示す。

①切土工

斜面を安全な勾配に切土し､安定化を図る。

②アンカー工及び切土補強土工

急勾配の長大斜面など、必要抑止力が大きくなる場合、不安定部をアンカーで斜面に拘束し、斜面の安定化を図る。必要抑止力が小さい場合には、切土補強土工が用いられる。

③擁壁工

長大斜面でない場合や、斜面下部の安定が問題となる場合の崩壊防止を図る。

④待受式対策工

斜面下端と保全対象の間に平場がある場合崩壊土等を待ち受け、対策工で受け止めることによって保全対象の防護を図る。

⑤落石対策工

岩盤崩落が懸念されず、落石のみが想定される場合､除石工等で保全対象の防護を図る。

3.現地状況及び技術的な問題点

現地における斜面状況は以下のようであった（図.1：矢印部分の岩盤部)。

1)比高約 20m､斜面勾配 70 度以上の長大かつ急勾配斜面。

2)ハンマーの打撃で金属音を発する位に硬質なドレライトからなる。

3)高角度と低角度の節理が発達し、積み木を積み重ねたような緩み岩盤となっている。節理間隔は、斜面上部で 5～20cm、下部で 10～50cm 程度である。

4)弾性波探査の再解析、踏査及びボーリング調査結果より、地山深部まで割れ目が開口して緩み領域となっていることが分かった。

5)斜面下端と保全対象は近接しており、待受対策が可能となる平場は無い。

このような条件より、前節に示した対策工のうち、①及び②のアンカー工による単独工法案もしくは併用案を考えた｡しかしながら、以下の理由により、いずれも不適であると判断した。

①について：

岩盤部を軟岩と評価し、標準安定勾配を 1：0.8 とした場合、切土量が大きくなり、急傾斜地対策工としては現実的ではない。

②のアンカー工について：

深部まで緩んでいるが、節理により岩盤は積み木を重ねたような状況にあり、現実的にも急勾配で自立しているため、必要抑止力が大きくなるような大規模岩盤崩落は想定し難い（次節で詳細を示す)。

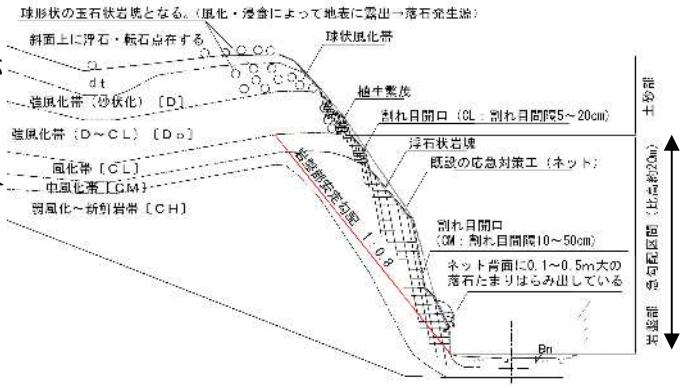



図.1　概略断面図

（※図中矢印部分が本発表対象の岩盤部）

表.1　弾性波探査速度と岩盤状況

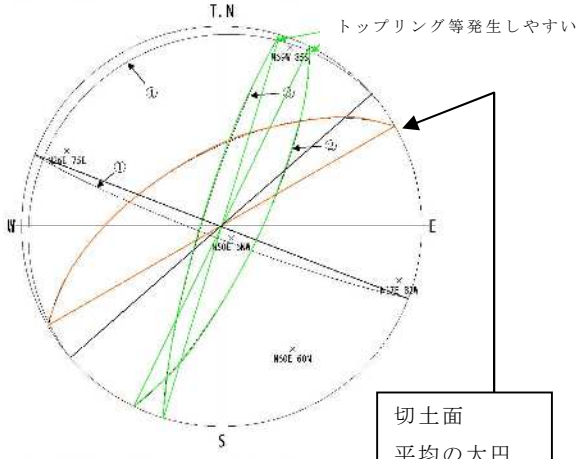
| 弾性波速度層区分 (km/s) | 深度 (m) | 岩質・岩盤状況 | 岩級区分 |
|---|---|---|---|
| 0.3 | 1.60 | 表土・崖錐堆積物<br>緩湿じり粘性土 | 未固結堆積物<br>c t |
| 0.3～0.5 | 5.10 | 強風化帯～強風化帯<br>角礫～岩片状，割れ目に砂状物質がある<br>が，岩芯まで風化軟質化。 | D |
| 0.5～0.7 | 8.90 | 風化帯，岩芯まで風化変色しているが，<br>岩石自体硬質。割れ目間隔3～10cm程度。<br>密入結土性がある。 | C L |
| 0.7～1.3 | 10.00 | 中風化帯。割れ目沿いで風化進行している岩片状崩落。一部無風化石片がある<br>が，割れ目間隔10～20cm程度。 | CM |

写真.1　急傾斜地に分布する岩盤状況写真

4.解決策

地表踏査により、落石の形態や割れ目とのり面の関係を丹念に調査し、対策工の検討を以下のように実施した。

1)②、③の節理は切土法面に対して、トップリングまたはバックリングが発生しやすい割れ目条件にあるが、これに加え④の低角度節理と①の高角度節理が発達することから、四角方形状に岩塊化しており、深部にまですべり面が及ぶような円弧すべりは発生しにくい状況である。




［ウルフネット：下半球投影］

節理①　：高角度節理

節理②③：走向は 30～40 度で切土面と斜交

節理④　：低角度節理

図.2　のり面と卓越する割れ目との関係

2)地山は深部割れ目が開口して緩み領域が深くまで及んでいるものの、勾配 70 度以上の急崖を形成している（写真.1)。

3)現地で確認される節理の割れ目間隔は概ね 1m 以下であり、また落石は最大長 1m 程度であることから、1 回の崩壊（落石：抜け落ち)は表層約 1m 以内の範囲で発生し、徐々に崖地は後退する。

写真.2　割れ目の状況

・ 以上のことから、**対策対象範囲及び工法としては、浮石・オーバーハング等を除去した上で、原則表層 2m 程度「表層 1m（1 回の崩壊における発生想定範囲）＋1m（次の崩壊発生想定範囲)」を対象とした抑止工が妥当である**と判断し、アンカー工等に比べて経済性に優れる切土補強土工（法枠＋ロックボルト）による対策を提案した。

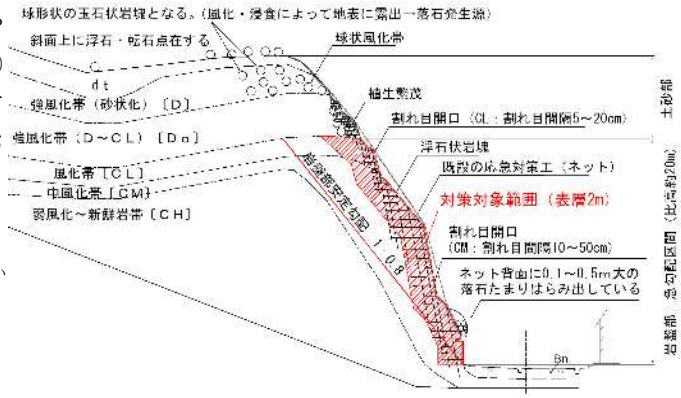



図.3　岩盤部における対策対象範囲

なお、土砂部については、「安定勾配(1:1.2)による切土＋密着型落石防護網による浮石・転石の固定」とした。

5.おわりに

今後の急傾斜地対策工には、多様化する社会の要望を満たすことがこれまで以上に強く求められる。工法選定にあたっては、一般的な手法を単に用いるのではなく、各急傾斜地が有する特有の条件を充分に考慮して行うことが重要である、と考える。

# 玄武岩転石等の落石現場実験

国際航業株式会社　○阿部大志　高橋裕樹　高見智之　原田政寿

## １．はじめに

男鹿半島の急斜面で亀裂入りの玄武岩の転石を実際に落石させて落石の軌跡をビデオカメラ撮影して運動速度や回転数を解析した。その結果､斜面勾配 20 度未満の斜面では落石エネルギーが急速に衰える実験結果を得た。

## ２．落石現場実験概要

実験現場の斜面と転石について次に示す。

（１）斜面概要

標高約 300ｍの斜面で平均勾配は 38 度である。斜面には植生が生えていたが実験を行ったのが春先で植生の繁茂はなかった。

（２）玄武岩の転石

落石実験に用いた転石は標高 238ｍの位置に位置する。**写真１**に示されるように形状は、扁平で四角～五角柱状で 0.8ｍ、幅 0.5ｍ、高さ 0.55ｍである。転石は片手で容易に動く状態であり､接地面状況は長軸 60cm､短軸 40cm、深さ 1～6cm であった。

転石は玄武岩溶岩で微細亀裂が入っている。転石は角礫混じり土砂の玄武岩溶岩の強風化岩盤に乗った状態であり、地面のくい込みはほとんど無かった｡転石は体重 60kg の人間が両手を添えて動かした。

写真１　実験対象となった転石

## ３．実験結果

落石軌跡の実験結果を**図１**にまとめた。転石を動かした直後は短軸方向の回転が主体の運動を呈して斜面上を回転落下した。鉛直距離で５ｍ移動したところで落石は、**写真２**に示すように小岩片に細分化して飛散した。最大飛散高さは 3.5ｍ、最大跳躍水平距離は 22ｍであった。斜面を回転しながら落下した遠心力によって飛距離が増したものと考えられる。

写真２　細分化し飛散した落石

飛散した後の主要な落石の運動は長軸・短軸の複合回転となり、斜面をリバウンドして落石した。跳躍高は 1.6ｍ以下である。さらに水平距離で 42ｍの位置で再度小片となって岩片が飛散した。このときに岩片は最大高 3.9ｍ、13ｍの飛散運動をしている。斜面勾配が緩やかに変化するところで飛散した落石の多くは停止していた。これらの落石の大きさは 50cm 程度でブロックとなっていた｡落下時間と水平移動距離の関係を**図２**に示した。落石開始から約 14 秒で停止した。

## ４．まとめ

当該斜面での落石現場実験では、落石途中で玄武岩自体が細片化して飛散し、芯の部分はリバウンドする運動形態を示した。扁平形状の落石も、回転して遠心力が増すと回転しながら直線的に斜面を駆け下った。緩斜面では回転力が低下して、平面の移動方向が変化する｡飛散した落石も斜面が 20 度となった緩斜面で停止した。停止した斜面は落石の溜まった崖錐である可能性がある。

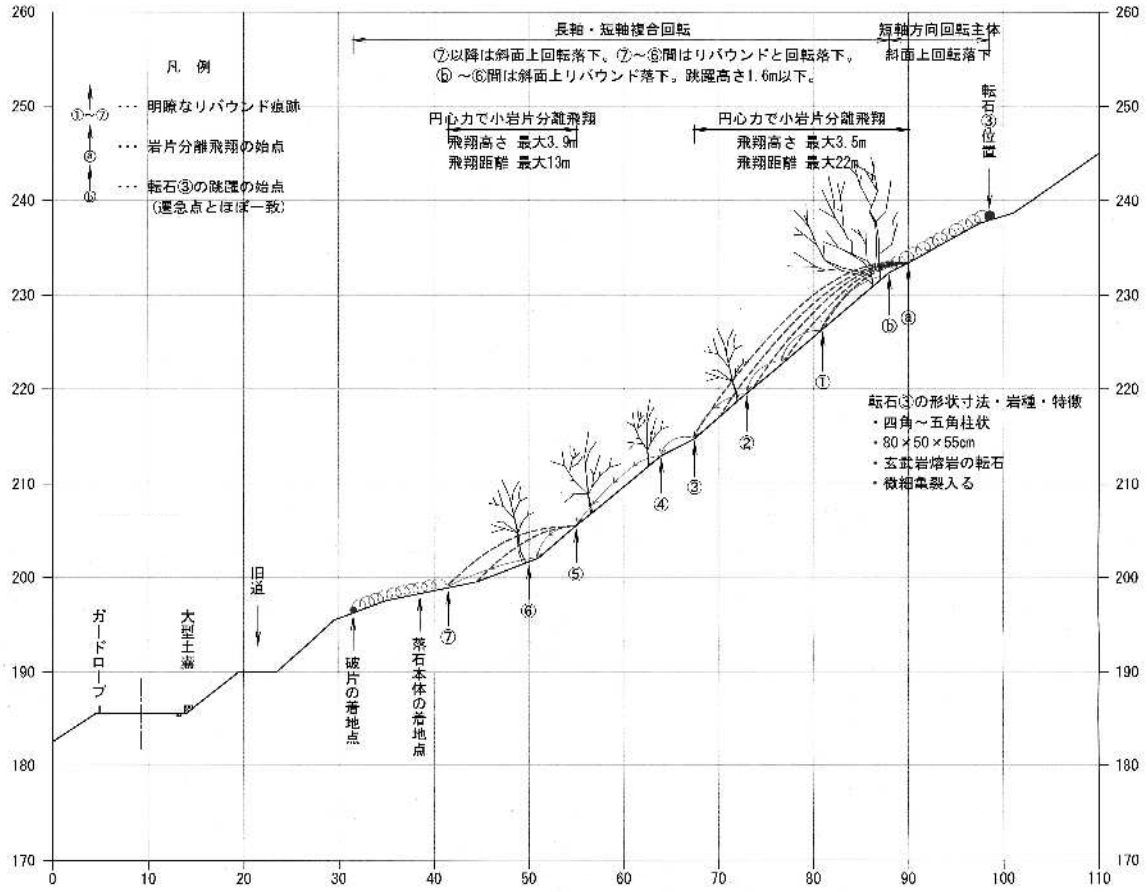



図１ 落石軌跡と斜面着地点

S=1:500

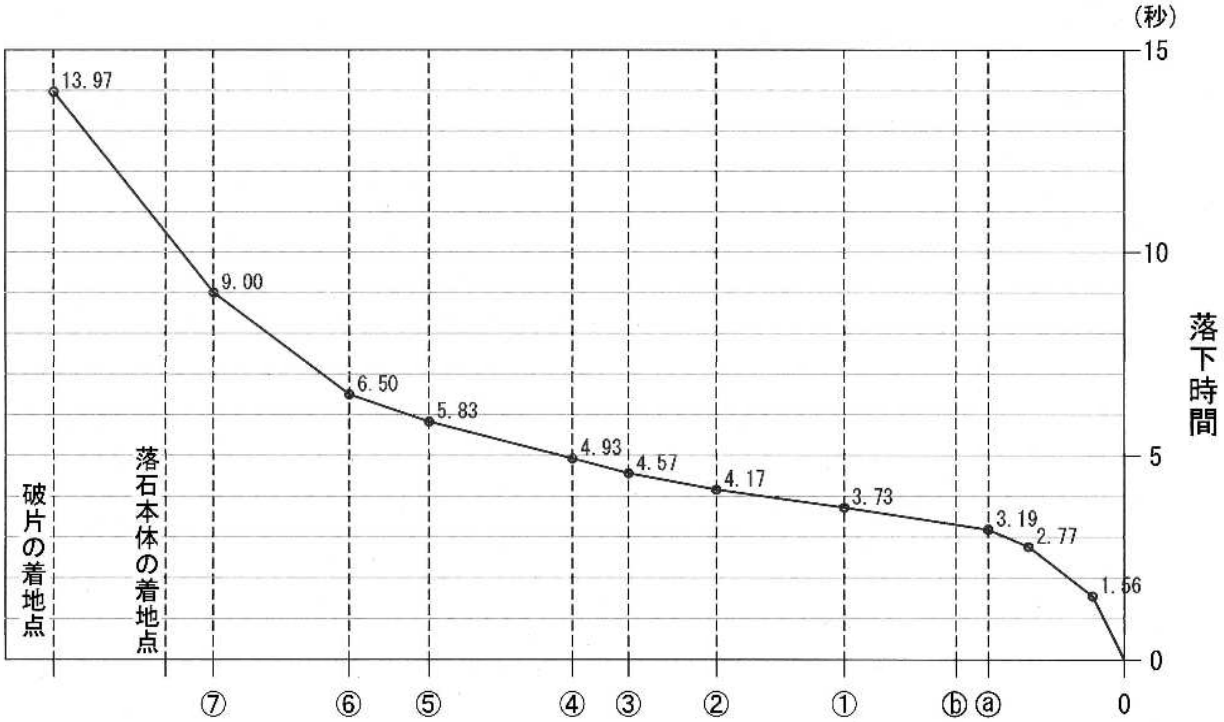



図２ 落下時間と水平移動距離

日本応用地質学会　東北支部
第 15 回研究発表会講演集

平成 19 年 7 月 20 日発行

編 集　日本応用地質学会東北支部事務局

応用地質株式会社　東北支社　内

仙台市宮城野区萩野町 3-21-2　TEL:022-237-0471
学会 E メール : jseg_tohoku@yahoo.co.jp
ホームページ:http://wwwsoc.nii.ac.jp/jseg/tohoku/