

7. 地盤防災—地すべり・落石 その他

総 括

長岡技術科学大学 大塚 悟

1. 報 告

本セッションの論文概要を表—1に示す。論文数は計31編である。表では論文を「斜面の安定性評価」, 「落石・斜面の流動」, 「斜面の危険度評価」, 「調査・対策工」, 「その他」の項目に分類した。地すべりや落石に係る論文が多いが, その他にも火山災害や地盤の陥没, 洗掘に対する橋脚の健全度調査に関する報告などが含まれている。

「斜面の安定性評価」では地すべりの残留強度に関する報告が多い。残留強度は斜面のすべり履歴によって局所的に大きなせん断履歴を受けた地盤材料の物性であり, 土質力学でも特異な現象である。これまでに多くの研究が蓄積されているが, 未だに未解明の事項も多い。単に, 残留強度を求めるものではない意欲的な研究が報告されている。「落石・斜面の流動」では落石防護壁に関する多面的な取り組みが報告された。環境にやさしい技術が付加価値となっている。斜面の流動では崩壊に伴う土砂の到達距離や待受け擁壁の効果について斬新な取り組みがある。斜面の防災技術も安定性のみを評価するのではなく, 崩壊現象の引き起こす多様な災害の防止技術が必要になっている。「斜面の危険度評価」では斜面のモニタリングによる崩壊危険度予測に関する報告が多い。モニタリング技術やITの発展により斜面監視手法も年々高度化しており, 活発な技術開発が行われている。「調査・対策工」では事例報告が多い。斜面の不安定化の原因や災害事例の現象を高度な調査技術により明らかにしている。「その他」では火山災害や地盤陥没の調査分析, 空洞充填対策事例が報告されている。

2. 研究ならびに技術動向

地すべりのすべり面における残留強度に関して, 論文1111ではリングせん断試験で通常の試験以上のせん断変位を与えると一定値に落ち着いたかに見えた残留強度が上昇する報告があった。新規性のある実験結果であり, 詳細な分析が望まれる。また残留状態にある地盤材料を一定期間後に再せん断すると強度の回復が見られるが, 不連続面の接触と見られる残留状態にて圧密にも似た挙動が生じる原因解明も合わせて期待したい。論文1110, 1112ではすべり面から採取した不攪乱試料と再構成試料の試験結果の比較が報告された。一方向に大きなせん断履歴を受ける(報告では繰返し一面せん断試験が行われている)となぜ特異なせん断特性を示すのか, 古くて新しい問題に思われる。

地すべりの逆算強度は実務で最もよく用いられる逆解析である。得られた強度が斜面の強度と相関をつけられない点に歯がゆい思いをする技術者は多いと思われる。

表—1 研究内容の分類(31編)

項 目	発表 件数	内 容
斜面の安定性評価	6	地すべりの残留強度(1110), 地すべりの強度回復(1111), すべり面の形態と強度特性の相関(1112), ネパール国の地すべりと強度特性(1113), 簡易三次元安定解析(1114), 多層傾斜面の強度逆算法(1117)
落石・斜面の流動	7	盛土の地震時流動距離(1109), 待受け擁壁の数値解析(1115), 待受け擁壁の土圧解析(1116), 擁壁への落石実規模試験(1118, 1119, 1120), 落石の反発係数(1121)
斜面の危険度評価	7	モニタリング(光ファイバー: 1125, レーザーと光センサー: 1126, 傾斜計: 1127, 写真計測: 1128, ひずみ計: 1129), 崩壊事例の物性・破壊形態(1131, 1132)
調査・対策工	5	風化の進展(1122), 岩盤評価(1123), 写真測量(1130), 堤防の漏水(1139), 斜面の補修技術(1124)
その他	6	火山災害(1133), 空洞充填対策(1134), 地盤の陥没(1135, 1136), 洗掘に対する橋脚の健全度診断(1137, 1138)

論文1117は多層系地盤の逆算強度の方法を提案しており, 崩壊事例に適用して斜面強度との相関を示すことが出来れば, 実務への適用性が大いに期待される。

斜面崩壊予測のための計測技術では, 論文1125, 1128の光ファイバー技術や写真測量技術を利用した大規模・長期の計測システムと論文1126, 1127, 1129のレーザー, 傾斜, ひずみ計測技術を利用した小規模・短期の計測システムが報告された。セッションではコスト, メンテナンス, 精度, 信頼性, 適合性について活発な討議が行われた。対象斜面に応じた適切な計測システムの開発が必要である。また, 論文1131, 1132では室内試験結果に基づいて地盤の物理・力学特性を合理的に考慮した斜面の危険度評価技術の高度化を検討している。斜面の危険度を表すハザードマップでは地形的な情報が専ら用いられることが多いことから, 地盤情報の活用に関する研究の進展が期待される。

調査では論文1130が写真測量技術を用いて洪水直後の破堤地形の把握技術の提案を行っており, 災害直後の機動的な技術として着目された。災害考古学への活用も大いに期待される。また, 対策工に関しては論文1124にて斜面の補修方法に関する実験的検討が報告された。斜面の維持管理は今後ますます増加するが, 補修時に斜面の安定性が低下している事例も想定されることから事故を未然に防止する技術開発も必要である。

その他では論文1135, 1136が火山灰台地上を走行する鉄道線路下の陥没頻発箇所における地下水位計測結果と室内試験結果から, 陥没発生のメカニズムの検討を行っている。抜け出した細粒分の追跡調査の有無や試験条件, 地質に関する数多くの質問があり, 地盤陥没に関する関

総 括

心が高いように思われた。

3. 将来への展望

近年、集中豪雨の増加に伴い各地で土砂災害が多発しており、斜面の危険度評価や安定対策がますます重要になっている。一方で、地震災害の危険度も指摘されており、これらによる地盤災害に対する防災技術の発展に関する期待と責務は大きい。実務に供する技術開発を目的

に、本セッションの各報告が更に発展されることを期待したい。

最後に本稿を取りまとめるに当たり、各セッションの座長を務められた東北大学の京谷孝史先生、横浜国立大学の谷和夫先生、神戸大学の鳥居宜之先生から貴重なメモをいただきました。ここに感謝の意を表します。

8. 地盤環境—調査技術・処理技術
体積物質の特性および処理技術

総 括

熊本大学 椋木 俊文

1. 報 告

表一1は、本部門で講演された内容を分類している。本部門では、さまざまな調査・処理技術が発表されているため、グループ分けすると細分化されてしまう。そこで、表一1では研究対象としている汚染物質や対象地域による分類を行った。ただし、数編の調査・処理技術に関する内容のものについては、調査技術・処理技術という項目でまとめさせていただいた。

2. 研究ならびに技術動向

本部門では、揮発性有機化合物（VOC: Volatile Organic Compound）や重金属の浄化・処理技術が注目された（小計16編）。うちVOCについての7編は、浄化技術に関する内容であり、日本国においてもVOCと重金属による地盤汚染が深刻であることを物語っている。この他に、数値解析による難溶性有機溶液（NAPL: Non-Aqueous Phase Liquid）の地盤内の2次元挙動評価や希釈BTEX水溶液の物質輸送パラメータを評価する研究成果の報告、そして地上空気経路によるVOCの環境リスク評価を行うための揮発フラックス算定方法の提案がなされた。

重金属汚染については、粘土の吸着特性を利用した技術のほか、石炭灰からの重金属の溶出特性を実験と数値解析により評価する研究も発表された。また、植生の根部サクション効果による地盤下方への水分移動抑制効果を期待したファイトレメディエーションの成果も報告された。ダイオキシンの処理については、600～700度の熱分解法が可能なシステムによってダイオキシンを8割以上分解することに成功したという報告の他に、シアン汚染にはアルカリ洗浄剤が効果的であることやフッ素についてはハイドロタルサイト様吸着剤を高圧噴射攪拌工法によって注入する技術、建設発生土から溶出する砒素の長期溶出特性が報告された。

一方、干潟の研究については、これまで底質土のAVS (Acid Volatile Sulphide) 値を改善することを目的

表一1 研究内容の分類（35編）

項 目	発表 件数	内 容
VOC	9	原位置嫌気バイオによる浄化（1152, 1153）、微粒子鉄粉による浄化（1154）、鉄系還元剤による浄化（1155）、界面活性剤による処理（1160）、呼吸鎖キノン組成法によるモニタリング手法（1161）、数値解析によるDNAPLの挙動評価（1178）、実験と数値解析によるBTEX水溶液の物質輸送評価（1179）、揮発フラックスの算定評価方法の検討（1180）
重金属	7	懸濁粒子の物理化学特性（1163）、有明粘土の吸着特性（1172）、ファイトレメディエーション（1151）、土壌の溶出特性（1173）、粘土ライナーの物質輸送特性（1177）、石炭灰からの溶出特性（1175, 1176）
ダイオキシン	4	減圧還元加熱分解法による無害化処理（1156, 1157）、過熱蒸気法を用いた浄化（1158）、セメントによる固化封じ込め処理（1159）
シアン 砒素 フッ素	3	シアン汚染地盤の原位置洗浄処理（1146）、フッ素吸着剤の効果の評価（1147）、建設発生土中の砒素の溶出特性（1174）
干潟 ヘドロ	6	ヘドロの曝気浄化（1164）、堆積物中の金属類の濃度測定（1165）、有明干潟のAVSの評価（1166, 1167）、生態地盤環境の性能設計（1168, 1169）
調査技術 処理技術	6	土壌浄化（1148）、水平掘削と地下水浄化工法（1149, 1150）、X線CTを使った微生物挙動の可視化（1162）、パイプジャケットによる砂ろ過法（1170, 1171）

とした研究発表が注目されてきており、これらの研究では、長期にわたる（少なくとも3年間）現地計測からの貴重なデータが蓄積されてきている。さらに今回は、生態地盤環境の性能設計を提案するという力学的視点から干潟の堆積構造に迫る研究報告がなされた。

新しい調査技術については、従来の位置探知システムからジャイロセンサをドリルに取り付け、より正確な水平掘削によって、掘削部の浄化や地盤改良を可能とする技術開発が発表された。また、地盤内部の微生物群の挙動を調査する基礎的研究としてマイクロX線CTスキャナを使用した研究が登場した。処理技術としては、沖縄の赤土を対象にパイプジャケットの砂ろ過工法が紹介