

⑧ 広島県の「マサ土」

有吉 淳*、藤田 博昭**

ARIYOSHI Kiyoshi*、FUJITA Hiroaki**、出雲建設(株)技術部 広島県東広島市黒瀬橋原北3丁目10番14号

1. はじめに

広島豪雨災害によって被災された方にお見舞いを申し上げますとともに、復興に尽力また支援されておられる方に感謝申し上げます。

広島県には花崗岩が風化して出来た「マサ土」が広がっている。風化が進行した「マサ土」は、降雨の際に強度低下を起こすため、時間雨量が20～30mm以上の降雨があると、斜面崩壊が起きやすい土質である。広島市周辺は人口に比べて平地が少なく、市内を流れる太田川が何度も氾濫・洪水を起こしたため、高度成長期の人口増加による宅地開発の過程で山を切り開いて開発した新興住宅地が多い。そのような経緯もあり、広島県が指定する土砂災害危険箇所が全国最多の約32,000箇所を上る土砂災害の危険性が高い地域である。

近年、雨量指標を用いた豪雨時の斜面崩壊の危険度評価¹⁾が試みられているが、その精度を向上するには個々の斜面の地盤特性を考慮する必要がある。そこで、各種研究機関で様々な調査方法を模索しているが、本稿では広島大学工学部（地盤工学研究室）協力のもと、「マサ土」の特異性とマサ土斜面を対象とした簡易的な斜面調査の方法（※1）を紹介する。

これらの簡易な斜面調査から斜面の力学特性を評価する手法が確立されれば、雨量指標と組み合わせることにより豪雨時の適切な警戒・避難のための判断指標となりうると考えられる。

（※1）：2007年度地盤工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」（第25巻）
「簡易動的コーン貫入試験と軽量動的コーン貫入試験によるマサ土斜面の地盤調査」

2. 「マサ土」とは

2-1) 花崗岩の風化とマサ土²⁾

花崗岩は通称「みかげ石」と呼ばれており、粒子の大きさが数mm程度の石英、長石、雲母などの鉱物からなる岩石である。できた時代は色々だが、中国地方に広く分布しており、石垣や敷石、墓石などに古くから利用されている。

また、花崗岩が風化すると「マサ土」と呼ばれる白っぽくてザラザラした土になり園芸などで広く使われている。このように、花崗岩は人間と関わりの深い岩石でありながら、花崗岩から「マサ土」への風化過程は他の岩石に比べ複雑で、その機構も完全には解明されていない。そして、風化した花崗岩は掘削がしやすく、様々な用途に使用できる反面、災害の危険性も併せ持っている。

花崗岩は一般に、節理と呼ばれる縦や横の亀裂が発達している。その亀裂に沿って水や空気が進入すると、長石や雲母などが粘土鉱物へと変化して「マサ土」化するのだが、亀裂間隔が1m以上の地域では、「コアストーン」と呼ばれる未風化礫（大きいものでは直径数mにも達する）がゴロゴロする特異な地形を形成する。また、亀裂間隔が数cmの亀裂密集帯では、水が岩盤全体に浸透するため風化が進行し、地表から100m以上の深さまで「マサ土」から成る「深層風化帯」を形成する。「マサ土」化が進んだ斜面では崖崩れや土石流などの土砂災害がしばしば発生する。コアストーンが山腹斜面に点在する地域では落石の危険がある。さらに岩石自体は非常に硬質でも亀裂や節理に



写真-1 コアストーンの例 (大きいものは直径2m)²⁾



写真-2 深層風化状況の例 (20m以上)²⁾

表-1 「マサ土」ときれいな砂の基本的性質の比較^{4),5)}

	性質項目	マサ土	沖積砂
一次的性質	土粒子の鉱物種 土粒子の比重 粒度、粒径	質的变化が多い 不均一である 変化しやすい	質的变化少ない 均一である
二次的性質	含水比、間隙比飽和 度、土の構造	水と土粒子の関係が 複雑、土粒子内空隙 が重要	教科書のモデルが適 用できる
工学的性質	透水性、強さ、 圧縮性、 締固め特性	一次的性質と二次的 性質が重要である	主として二次的性質 に依存する

囲まれた岩塊が崩壊やすべりを起こすこともある。

2-2) 特殊性³⁾

「マサ土」は、基本的性質として鉱物組成の変化が多いこと、砂質土であっても分布地域や採取場所によって鉱物の組み合わせが異なり粘性土の性質を見せることがあること、また風化の進行の程度によって粒径や、強度、透水性が著しく異なることがあることにその特殊性がみられる。また、「マサ土」は特に自然状態と攪乱状態とでは、その性質がかなり違うという特殊性を有している。自然状態では、もとの岩石としての構造組織が残っていて、土砂化した後も粒子のかみ合わせがあるため、見かけ上、粘着力成分がかなり存在する。一方、切り取って攪乱すると完全に砂質土になって粘着力成分を失ってしまうため、崩壊しやすくなるという特性がある。

2-3) マサ土斜面の安定性³⁾

「マサ土」は特に水に弱い土質である。特に粗粒花崗岩は、粘土鉱物の流出によって土砂化（「マサ土」化）した際に、砂質土となり粘着力成分を失うことにより流水の影響を受けて浸食崩壊しやすくなる。

斜面安定の問題、特に自然斜面の安定解析は、土質力学の教科書通りにいかないことも多い。例えば、一般に崩壊を起こす表土層の透水性は下層の基盤と異なっており、「マサ土」や軟岩層に比べてかなり大きいため、基盤上面に地下水が形成されすべりなどの崩壊が発生する。しかし、軟岩状の「マサ土」層も見かけとは違って透水係数が $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ よりも大きいことが多い。これは下層の軟岩層にも水がしみこむことを意味し、時としてその地山から出た水が崩壊に影響を与える可能性が指摘されている。2014年の広島豪雨災害における土石流の発生においても、このようなメカニズムの可能性が指摘されている⁶⁾。

3. 軽量動的コーン貫入試験による「マサ土」斜面の地盤調査⁷⁾

雨が降ると、その一部は地中に浸み込んで地下水となり、時間をかけて徐々に川や海へ流れ出す。このような土

壌に含まれる水分量は急には減らないため、何日も前に降った雨による水分量が土砂災害の発生に影響を及ぼす。そこで、気象庁では、平成20年より大雨及び洪水警報・注意報等の基準に、土砂災害発生と対応の良い新たな指標（土壌雨量指数）を導入した。これまでの大雨警報・注意報の発表と比較して、土の中に貯まっている水の量を考慮した土壌雨量指数を新たに基準に用いることにより、さらに土砂災害の危険性に対応した警報等の発表が可能になった。

しかし、雨量のみによる評価では、個別の斜面の危険性は分からない。そこで、個々の斜面の地盤調査の方法が検討されている。以下では、広島大学構内にある「ががら山」において、新しいタイプの軽量動的コーン貫入試験機（図-1）（フランスで主に盛土の施工管理を目的として開発された試験法）を自然斜面の地盤調査に適用した事例を紹介する。

この試験機は、その貫入抵抗値（ q_d ）を用いて「マサ

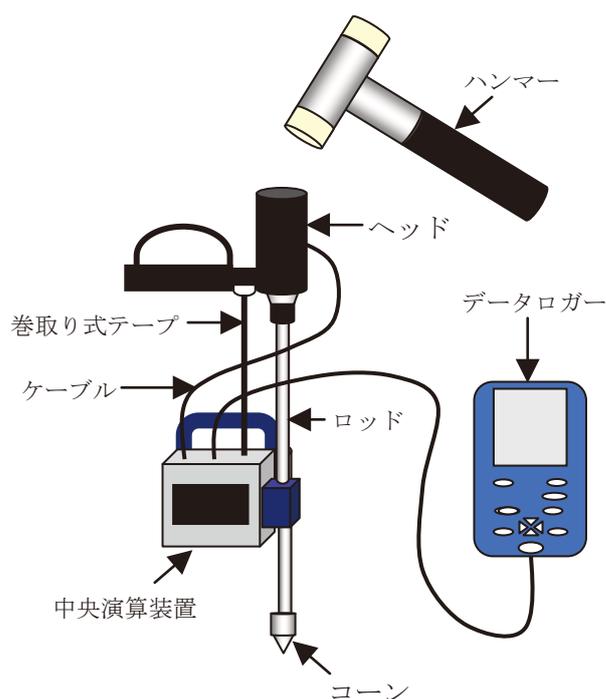


図-1 軽量動的コーン貫入試験機

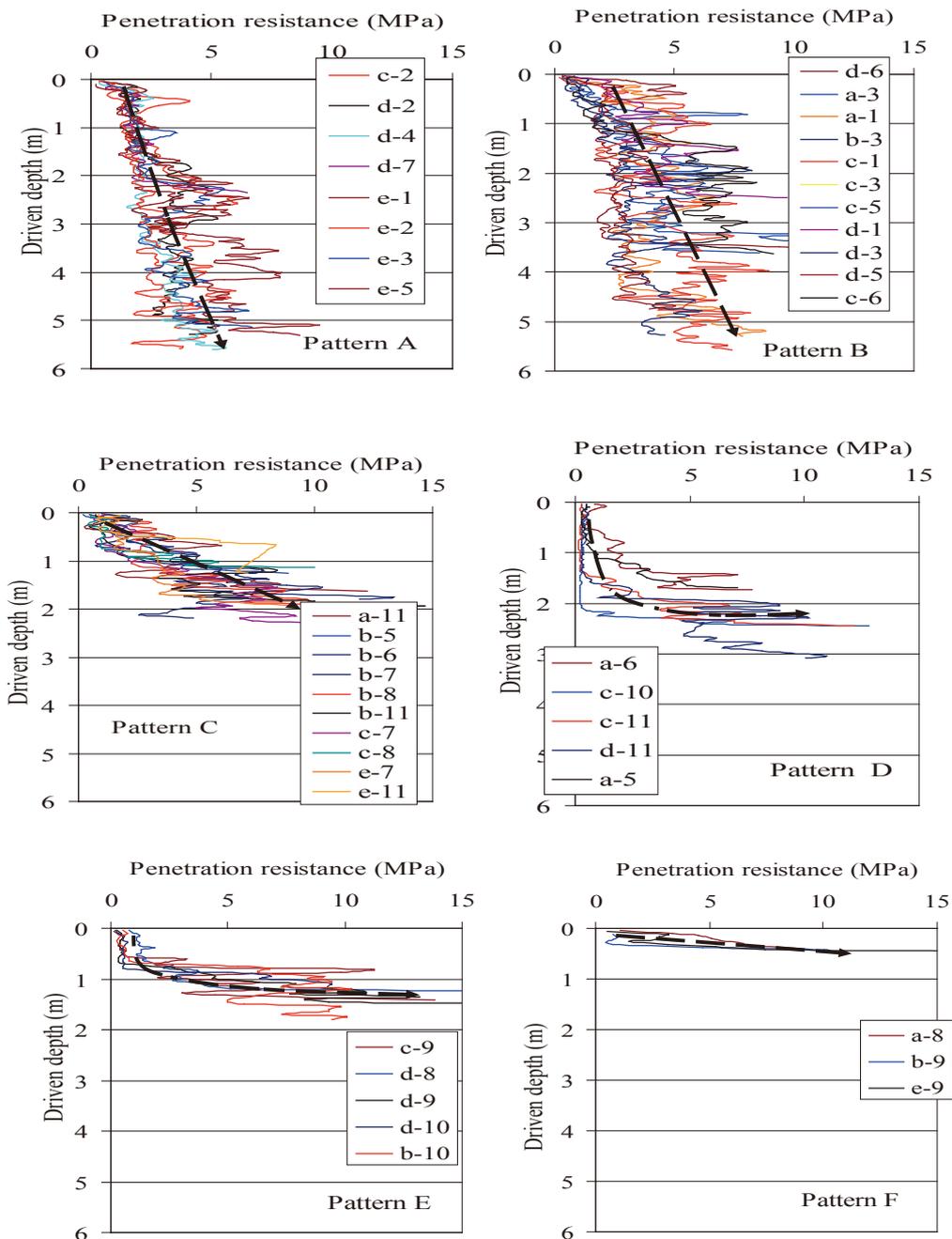


図-2 貫入抵抗値-深度関係のパターン分類⁷⁾

土」の強度定数を推定する手法である。「ががら山」における調査結果では、軽量動的コーン貫入試験の貫入抵抗値-深度関係は、図-2に示すようにA～Fの6つのパターンに分類できる。そして、このパターン分類によって斜面崩壊しやすい場所をある程度把握できる可能性が示されている。それぞれのパターンの概要は下記のとおりである。

- ・パターンA、B、Cは風化途中の花崗岩で、表層に近いほど風化が進んでいるため、貫入抵抗値が小さくなっていると考えられる。
- ・パターンD、Eは未風化の基盤上に移動土砂が緩く堆積したもので、移動土砂量によってD、Eのように緩い層の厚さが異なっていると思われる。
- ・パターンFは、既に風化層が移動したためか地表面付近まで未風化の層が広がっている。

これらの分類において、パターンD、Eのように基盤面の上で実際に貫入抵抗値が小さくなっている地盤は、基盤面を滑り面として崩壊が発生しやすく危険度が高い。特に、パターンDの地盤では、移動してきた土が表層に緩く堆積していると考えられる。そして、このように緩く堆積している土は、降雨の影響などで再度移動する可能性がある。実際に、試験地で軽量動的コーン貫入試験の貫入抵抗値から地盤の強度定数を推定し、長大斜面を仮定した安定解析を行った結果をみると、豪雨時の安全率が1以下となるのはパターンD及びパターンAの地盤条件においてであった。このことから、パターンD、次にパターンAの地盤が広く分布している区域が危険度の高い区域と推定できる。

次に、広島県内で過去に豪雨災害の発生した呉市、広島

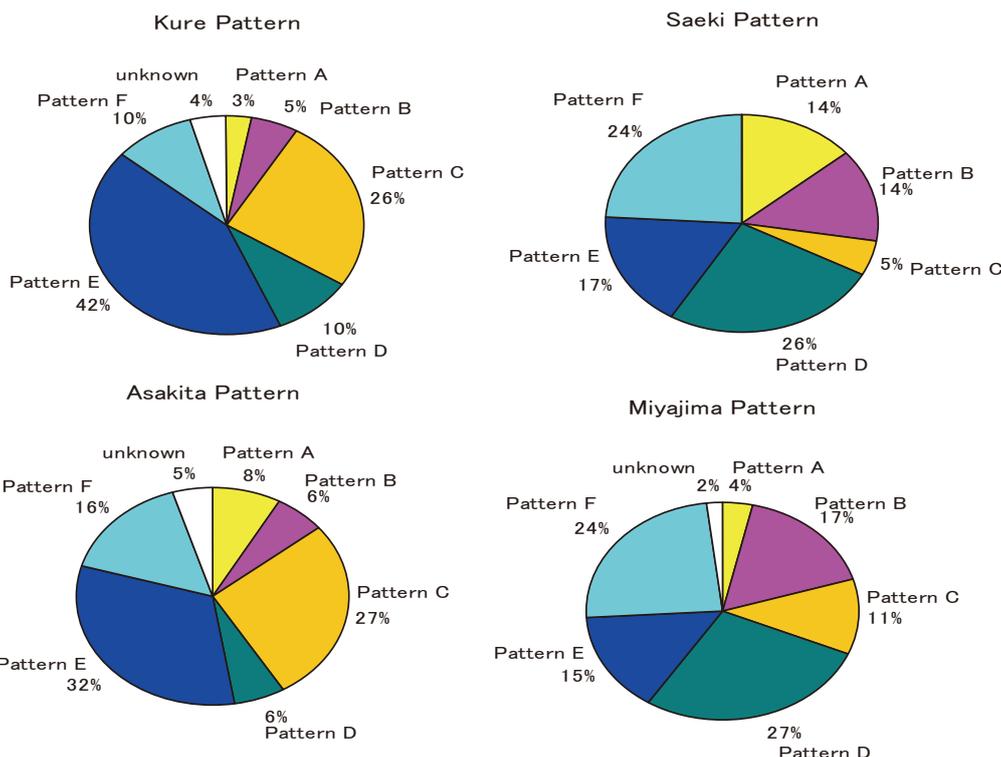


図-3 各調査地点のパターン割合⁷⁾

市安佐北区、広島市佐伯区、廿日市市宮島町の自然マサ土斜面について、各パターンの割合を調査した結果を図-3に示す。この調査は、(社)地盤工学会土質工学セミナー（広島地域）の活動として実施されたものである。「ががら山」と同様のパターンが他の調査地点でも確認されており、このようなパターン分類により危険区域の抽出がある程度まで行える可能性がある。

以上、軽量動的コーン貫入試験によって得られた地盤強度のパターン分類の例を示した。個々の斜面の危険度を評価するには、地盤強度だけではなく斜面の傾斜角や降雨の頻度、地形の集水性などをさらに検討する必要があるが、軽量動的コーン貫入試験による地盤強度の把握は、最初の一步として有効な手段であると言えよう。

4. おわりに

これまで戸建て住宅を手掛ける我々地盤会社は、不同沈下を起こさないための地盤調査や地盤改良工事を探求してきた。関係各位の研鑽により地盤会社及び技術者のスキルは向上してきたと自負するが、昨今の甚大な自然災害を目の当たりにすると、さらに一歩踏み込み、その宅地が置かれている現状やそのバックグラウンドを適切に評価できるようにしなければならないと考える。そのためには地盤会社の持つ豊富な経験と大学等学術研究機関の持つ高度な知識を結び付け、新たな調査方法や対策工法を模索し、広く公共の利益となるよう連携を深めることが今後より一層重要になると考える。

〈参考文献〉

- 1) Shinji Nakai・Yasushi Sasaki・Masahiro Kaibori・Takeo Moriwaki: Rainfall index for warning and evacuation against sediment-related disaster : reexamination of rainfall index R_f and proposal of R_f , SOIL AND FOUNDATIONS vol.46, pp.465-475, 2006.
- 2) 小笠原洋：わかりやすい地質百科，花崗岩の風化，中国地質調査業協会，
URL. <http://www.chugoku-geo.or.jp/geology/chugoku/001>
- 3) 藤井俊逸：道路設計課，真砂土の特性，1999.
URL. <http://www.fujii-kiso.co.jp/section/road/harayama/kakiken-plus/tokusei.html>
- 4) 土質工学会編：日本の特殊土（改訂版），1980.
- 5) Nishida, K.: Peculiarities of properties and problematic behavior of residual soils, International Symposium on Problematic Soils, Preprint, pp.62-81, 1998
- 6) 土木学会中国支部：土木学会・地盤工学会・平成26年広島豪雨災害緊急合同調査団調査報告書，2014.
http://www.jsce.or.jp/branch/chugoku/_userdata/Publish/H26-10-Hiroshima.pdf
- 7) 土井豆聡之，土田孝，加納誠二，中井真司，竹内次郎：簡易動的コーン貫入試験と軽量動的コーン貫入試験によるマサ土斜面の地盤調査，地盤工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」，Vol.25, No.1, pp.17-23, 2007.