

(6)ボーリング調査における岩盤情報と実岩盤の比較

(株)間組	正会員	○蓮井昭則
山口大学工学部	正会員	結城則行
東建地質調査(株)	正会員	北村晴夫
山口大学工学部	正会員	中川浩二

A comparison between the real rocks and geological data by boring

Akinori HASUI, HAZAMA Corporation
Noriyuki YUKI, Yamaguchi University
Haruo KITAMURA, Tokentishitu Co.,Ltd
Koji NAKAGAWA, Yamaguchi University

Abstract

Geological survey by core boring is very important for the planning, design, and construction works. But geological coulums are linear data, so they became utility values by translating into the geological section. Previously, these process has been depended on the geologist. So, we reprot the resalts that we examine actually these process of making geological section by using boring data which different in numbers.

1. まえがき

岩盤を利用した土木構造物の建設に先だって実施されるボーリング調査は概査と精査の両面において利用される調査方法であり、得られる情報は構造物の計画、設計、施工方法を左右する重要な岩盤情報と考えられる。また、その位置や本数(密度)は、トンネルやダムなどの構造物の種類や調査対象により異なっている。一方、ボーリングのデータは線上での情報であり、現地盤の広域的な岩盤状況を表現するためには、2次元的な情報への変換が必要で、岩盤の分野においては経験を積んだ地質専門家の総合的な判断に多くを依存している。

このように、ボーリング調査は構造物の種類や調査内容により異なり、そのボーリングから推定した地盤状況の決定過程には工学的な判断や経験などの側面が内在しているため、与えられる情報や利用方法も異なるはずである。この点、地質情報を提供する側の地質専門家とそれを利用する側の土木技術者間に認識の相違があるように思われる。そこで、著者らは情報の利用者側である一般の土木技術者が十分にそれを認識して、ボーリング調査から得られた情報を利用することは重要であると考えている。

著者らは、けつ岩の採石場において、グラウチングによるグラウト材の侵入形態や岩盤改良効果に関する原位置実験を行った。その際、調査範囲に1 m間隔で11本のコアボーリングを行い、その後、実際に調査断面の岩盤をはぎ取り、実岩盤の実態を肉眼で観察する機会を得た。その中で、ボーリング孔が調査断面の中央部にある場合、中央と両サイドにある場合(5 m間隔)、1 m間隔で11本(ボーリング調査としての限界)の場合について、3名の地質専門家による個別の断面作成を行い、その推定結果と実岩盤を対比した。そして、定性的、定量的な両面から検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

2. 1 実験場所

実験地点は山口県宇部市にあるけつ岩の採石場で、表土が取り除かれた状態にあり、表層部は風化が進んでいる。調査断面の背後には、調査断面と平行して高さ約5mの切り取り面が露出しており、この切り取り面と地表での露頭面の調査（地表踏査に対応）が可能であった。地質は中世代三畳系植生層群に分類されるけつ岩と砂岩の互層構造であり、露頭岩盤で見られた主要節理は層理に沿うもの、斜交、直交するものと多岐にわたり、ボーリング穿孔時には孔壁保護のためにセメンテーションが必要という状況であった。露頭から判断された限りにおいては、実験地点の岩盤には断層などの存在や岩種の極端な変化がなく、また、地下水位は地表面から深さ1～2mの範囲にありほとんど一定であった。

2. 2 実験方法

調査断面の地質状況の推定はボーリング（φ66mm）より採取されたコアから得られた岩種、コアの形状、岩片の硬軟などのデータと、地表踏査により得られた露頭面の地質情報を加味して地質構造、岩級区分や亀裂頻度に関して、ボーリング孔1本（S1）、3本（S1、S2、S3）、11本（全孔）の順で行った。図-1に調査断面（水平距離10m、深さ15m）でのボーリング位置および調査断面背後の露頭面のスケッチを示す。なお、推定には地質専門家の主観が反映され易いため、推定結果をより一般的に考察するために3名の地質専門家による推定を行った。また、亀裂頻度はコアの破碎状況を、岩級区分は田中による分類¹⁾²⁾を細分し、岩片の硬軟と亀裂頻度で分類した。表-1に亀裂頻度の分類を示す。

最後に、調査断面の地表面から深さ2.5m～9.5mの範囲を露出させ、目視によって地質構造、岩級区分と亀裂頻度を観察し、ボーリングによる推定結果と比較した。また、その結果を定量的に検証する目的で調査断面を50cm格子の要素に分割し、格子毎に実断面と推定断面を比較することによって、ボーリングの密度による地質推定精度の数値的な分析を試みた。

表-1 亀裂頻度の分類

破碎状況	節理分布の状況	コアの状況
a	非常に少ない	短棒状（5cm以上）
b	やや少ない	岩片状（1～5cm）
c	やや多い	細片状（1cm以下）
d	非常に多い	コアなし

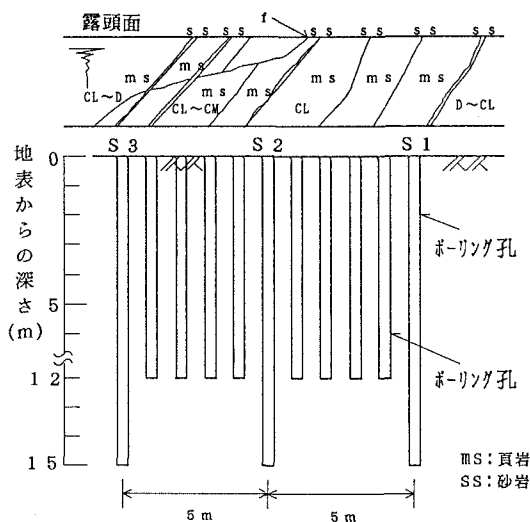


図-1 ボーリング位置

3. 実験結果および考察

3. 1 実岩盤の観察

はぎ取りによって露出した岩盤を写真-1に、観察された地質区分を図-2に示す。地質の層理面は走向傾斜 N80°E45°N程度で、調査断面は地層の層理面にはほぼ直交する位置にあった。実岩盤ではけつ岩を主体にし砂岩薄層が20cm～50cmの厚さで図中の右上から左下に向けて数条確認された。岩級区分を図-3に示すが、岩盤はCM級岩盤を主体にし、一部に層理面と平行にCL～D級岩盤が層状に分布していた。また、実際のはぎ取り面で観察した亀裂のスケッチを図-4に示すが、卓越する亀裂系は層理面に沿う亀裂、層理面を鈍角で切る鉛直性の亀裂、層理面に共役な亀裂で、一部に粘土を薄く狭在していた。

3. 2 推定断面の特性

ボーリング調査に基づいた地質断面の推定は3名の地質専門家によって個別に実施したが、推定結果の傾向は同様であるため、そのうちのある地質専門家による結果を代表例とする。ボーリングコアによる地

質情報から推定された地質区分を図-5に、岩級区分を図-6に、亀裂の頻度をコアの破碎状況で示した代表例を図-7に示す。各図において（a）はボーリング孔1本の場合を、（b）はボーリング孔3本の場合を、（c）はボーリング孔11本の場合での推定結果である。

ボーリング孔が調査断面の中央部に1本存在し、このデータによって岩盤内部の状況を推定する場合には、岩盤情報は外挿となる。また、地質や亀裂、岩級区分などの分布は連続性のある、等厚の分布が基本となる。そのため、情報の不連続性（分布の終了・終端、層厚の変化など）については判定できない。ボーリング孔が調査断面の中央部、両端部の3本の場合、岩盤情報の推定は内挿となり、推定された情報は当然のことながら、ボーリング孔1本の場合に比べて地質構造、岩級区分や亀裂の頻度の連続性や規模などの形状に関する変化をより適正に推定できている。

ボーリング孔を調査断面に1m間隔で11本実施した場合は、特殊な周辺状況を除いて、ほぼボーリング調査での限界と考えることができる。この場合、岩盤情報の連続性や分布形状などは実状に近い精度で正確に捉えることができると推定される。しかし、実岩盤では分布に不連続性は見られるものの、11本のボーリングで推定された結果よりシンプルなものとなっている。これは、実岩盤では巨視的に観察できるのに対し、ボーリングによるデータが局部的なものになることに起因していると思われる。そのため、データが集積されるほど複雑なモデルになっている。

3. 3 推定結果と実岩盤の定量的比較

ボーリング孔数（孔間隔）の違いによる推定断面の精度を定量的に検討するために、調査断面の地質、岩級区分、亀裂の頻度について、はぎ取り観察とボーリングコアによる推定状況を数値化し比較した。

数値化の方法は調査断面を50cm×50cmの格子に分割し、地質区分、岩級区分、破碎状況で用いた分類の占める割合を求め、その割合に各分類ごとに定めた重み値を乗じて求める

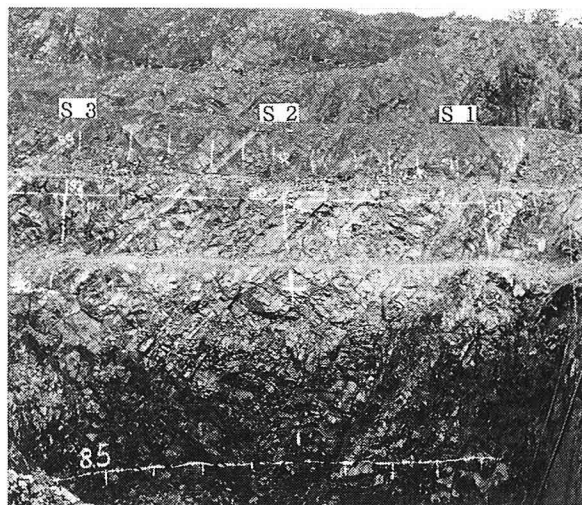


写真-1 はぎ取り状況

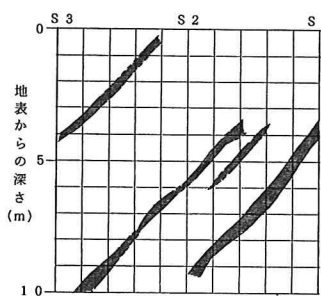
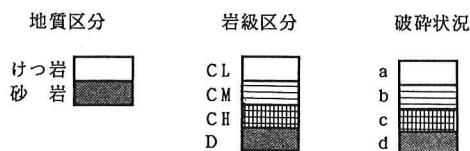


図-2 地質区分
(実岩盤)

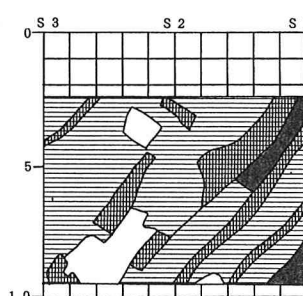


図-3 岩級区分
(実岩盤)

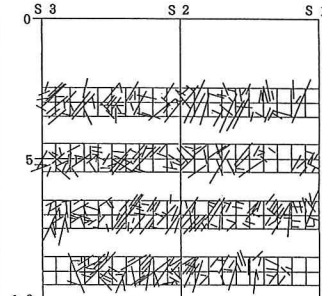
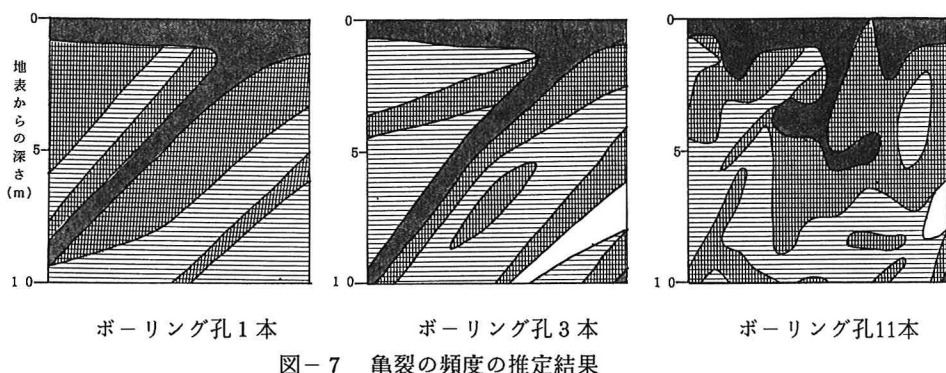
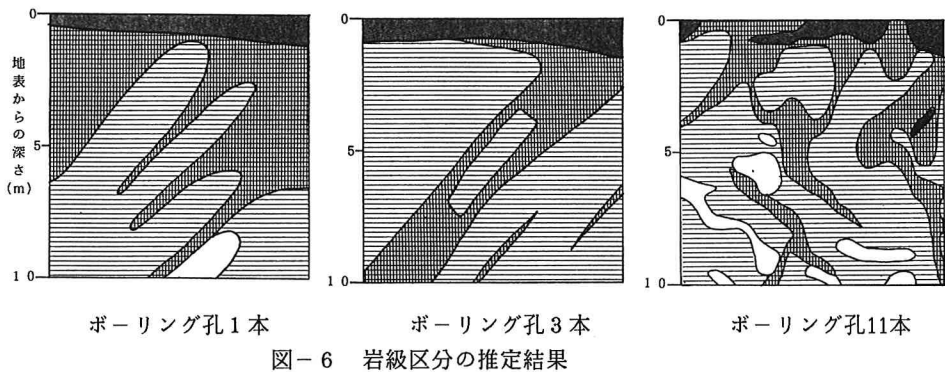
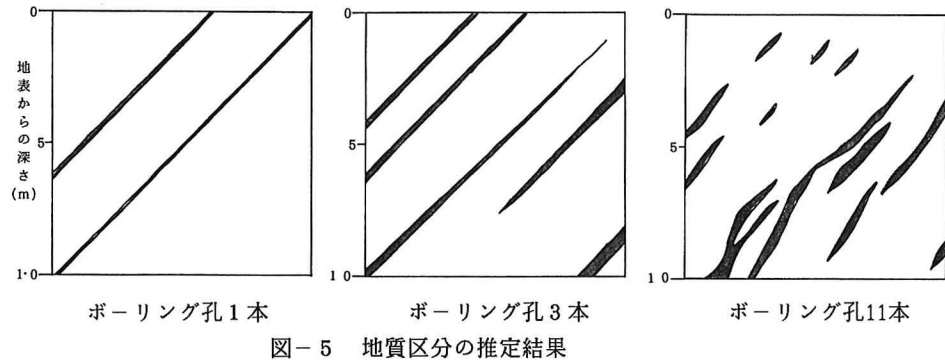
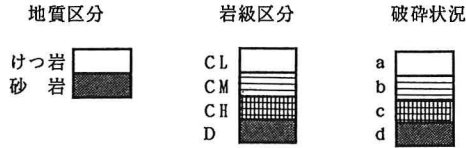


図-4 亀裂スケッチ
(実岩盤)

もので、各格子毎の推定結果と実岩盤の差を評価値とした。したがって、評価値がゼロであれば、推定岩盤と実岩盤が一致しているか、あるいはほぼ妥当な推定を行っていることを意味している。評価値がプラス側に大きい場合には推定結果より実岩盤の方が、地質では砂岩層がちに、岩級区分では良好に、亀裂の頻度では亀裂が少ないことを表している。

3名の地質専門家による推定結果を実岩盤と比較した結果を図-8に示す。地質に関してはボーリング孔の本数の増加とともに総合評価値がプラスからマイナスに転じており、ボーリング孔の増加とともに砂岩層が少なく推定されている傾向にある。岩級



区分ではボーリング孔1本の場合には地質専門家の主観を反映してバラツキが大きい、ボーリングの追加により推定精度が向上し、ボーリング孔3本では全体的に同等の精度で推定されている。一方、亀裂の頻度に関しては、図の推測例ではボーリング密度の増加による精度の向上はそれほど認められない。

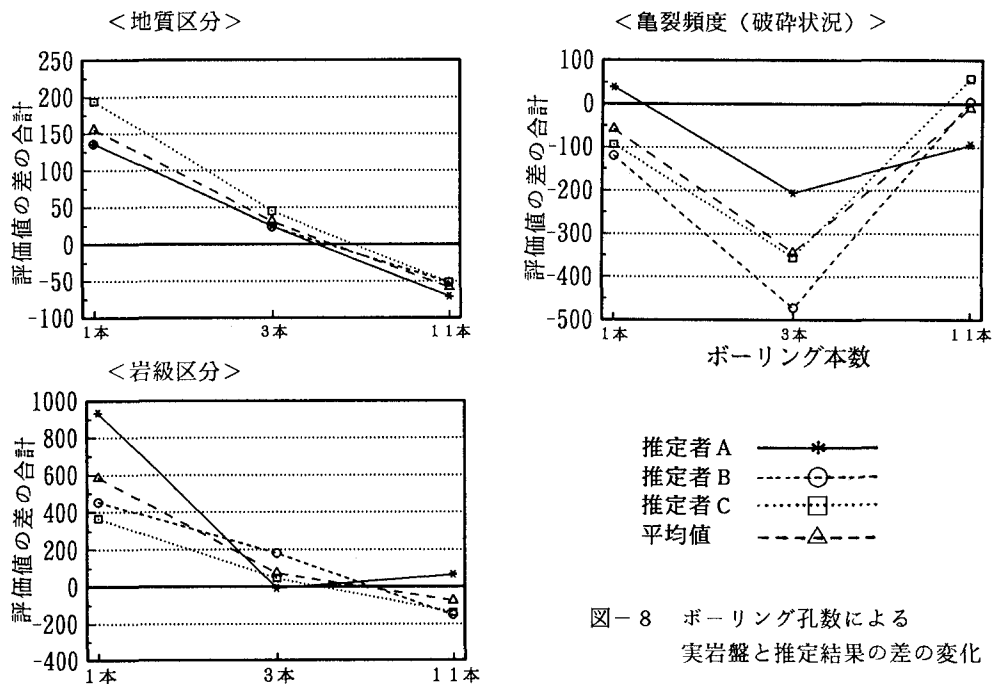


図-8 ボーリング孔数による
実岩盤と推定結果の差の変化

4. まとめ

本実験では地質状況の変化に乏しい堆積岩地山を対象にボーリング孔数の相違に伴う地質断面の推定過程および推定精度について定性的かつ定量的に検討した。対比した地質情報は地質区分、岩級区分ならびに亀裂の頻度であり、その結果、ボーリングの孔数（孔間隔）により得られる岩盤情報の傾向に違いが見られることが確認された。すなわち、ボーリングデータから得られる地質情報は孔数が多くなると当然情報量自体は多くなり、一般的に実岩盤との適合性も向上するが、必ずしも比例関係にあるのではなく、限界があること、また、項目（亀裂の頻度）によっては適合率が低下する場合もあることなどが判明した。

したがって、コスト面からみてもボーリングによる地質情報には適量があり、ただ多く実施すれば建設する構造物の計画・設計・施工に有益な情報を多く与えられるというものではなく、対象とされる岩盤の地質状況（連続性、不整合や断層、しゅう曲など）により、ボーリング配置や密度を使い分けることが必要であると思われる。

5. あとがき

本実験はある地点の岩盤に限ったものであり、地質状況が異なれば他の傾向が現れる可能性が十分考えられる。このような試みは事前の地質調査の精度およびその限界を把握する意味でも有用であり、これらの地質情報を利用する側の土木技術者も上記のような特質を十分に認識して実用に供することが重要と考える。本研究は（株）間組、宇部興産（株）、川崎地質（株）、日本基礎技術（株）、ダイヤコンサルタント（株）、山口大学の共同研究として実施した実験結果の一部を用いたものである。最後に研究にご協力を頂いた（株）奥村組山崎泰典氏に深謝の意を表します。

参考文献 1) 田中治雄：土木技術者のための地質学入門、山海堂、pp. 28-36、1964 2) Muller, L. : Der Felsbau, Erster Band, pp. 246-252, 1963