



Doctoral Thesis

Geologie und geotechnisches Verhalten der jungen Vulkanite Islands mit besonderer Berücksichtigung der petrographischen Einflüsse

Author(s):

Oddsson, Björn

Publication Date:

1984

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000322408> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

8. Juni 1984

Diss. ETH Nr. 7498

G E O L O G I E U N D G E O T E C H N I S C H E S V E R H A L T E N
D E R J U N G E N V U L K A N I T E I S L A N D S
M I T B E S O N D E R E R B E R U E C K S I C H T I G U N G
D E R P E T R O G R A P H I S C H E N E I N F L U E S S E

A B H A N D L U N G

zur Erlangung des Titels eines

DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Björn ODDSSON

Dipl. Phil. II der Universität von Zürich

geboren am 1. November 1951


von Island

Prof. Dr. C.M. SCHINDLER, Referent

Prof. Dr. J.G. RAMSAY, Korreferent

Prof. Dr. K. KOVARI, Korreferent

1984



KURZFASSUNG

Die rasch zunehmende Erschliessung der Wasserkraft in den jungen Regionen Islands verlangt nach besserer Kenntnis der Geologie und der geotechnischen Eigenschaften der Gesteine. Während den letzten 3.1 M.J. haben sich diese Gebiete durch Krustenneubildung in der aktiven Vulkanzone, dem subaerischen Teil des mittelatlantischen Rückens entwickelt. Die Gesteinsabfolge ist heterogen und die Lagerungsverhältnisse sind komplex, dies bedingt durch den Beginn der pleistozänen Vereisung und häufige klimatische Schwankungen. Die Vulkanausbrüche ereigneten sich zeitweise unter den Gletschern, bauten eine unruhige Topographie auf, die während den Warmperioden durch subaerische Vulkanite eingedeckt wurde. Ein systematischer Aufbau dieser Serien ist im regionalen Umfang skizziert und detaillierter an Hand zweier Beispiele (Sigalda, Surtsey) genetisch erläutert. Typisch ist eine grosse Vielfalt der Gesteinsarten, die alle, namentlich Intrusiva, Pillow-Laven, Hyaloklastite und subaerische Laven, von identischer chemischer Beschaffenheit sein können. Eingeschaltete Wechsellagerungen von Tillit und unreifen Konglomeraten, die ebenfalls häufig einen lokalen Charakter aufweisen, werden als "waterlain tills" gedeutet.

Eine Auswahl typischer Gesteine wurde eingehend petrographisch und felsmechanisch untersucht. Die felsmechanischen Laborversuche umfassten einaxiale Druckversuche, indirekte Zugversuche (Brazilianer), Abrasivitätsversuche (nach Cerchar) und Triaxialversuche mit kontinuierlichen Bruchzuständen. Der Einsatz dieser Methode erwies sich als unerlässlich zur Bestimmung der Scherparameter (φ und c für die Höchst- und Restfestigkeit) der zahlreichen Gesteinsvarietäten, dies weil im Vergleich zum konventionellen Triaxialversuch ungleich mehr Information von jedem Prüfkörper gewonnen wird. Die schlechtesten Varietäten konnten nur bodenmechanisch getestet werden. Ultraschallmessungen lieferten eine gute Korrelation mit der einaxialen Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul sowie mit der Porosität der Hyaloklastite, während für die Basalte kein entsprechender Zusammenhang besteht.

Eine grosse Variation des mechanischen Verhaltens wurde festgestellt für diese Gesteine, die bisher in technischer Hinsicht wenig untersucht wurden obwohl sie weltweit die häufigsten Gesteine sind. Die Ergebnisse

werden petrographisch im Detail interpretiert, wobei alle wichtigsten Einflussfaktoren teils qualitativ teils quantitativ erfasst sind. Selbst geringe petrographische Abweichungen können sich stark auswirken, so etwa auf die Festigkeit. Andere technische Eigenschaften wie z.B. die Abrasivität der Basalte ist von denselben Gegebenheiten unabhängig. Die betrachteten Gesteinsarten widerspiegeln allerdings nur einen Bruchteil des Spektrums der Vulkanite, wenngleich sie über 90 % der in Island aufgeschlossenen entsprechen.

Die mechanischen Eigenschaften der Hyaloklastite sind von der variablen Porosität und Korngrößenverteilung, aber auch massgeblich von der ungewöhnlich rauhen Kornbeschaffenheit und der Palagonitisierung beeinflusst. Die Palagonitisierung ist eine in den Hyaloklastiten weitverbreitete Umwandlung des Gesteinsglases, die schon bei pedogenetischen Verwitterungsbedingungen stattfindet und begleitet ist von verkittenden authigenen Mineralausscheidungen (Smektite, Zeolithe, Calcit und Opal). Die Wirksamkeit dieser Prozesse kann dadurch abgeschätzt werden, dass vor 18 Jahren in Surtsey ausgebrochene Pyroklastika heute eine einaxiale Druckfestigkeit bis zu 40 MPa infolge hydrothormaler Palagonitisierung erlangt haben! Neue petrographische Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Umwandlungsgrades und der sekundären Mineralausscheidung werden vorgestellt. Vergleicht man frische Basalteinheiten, so bleiben auch nach Berücksichtigung der Porosität erhebliche Unterschiede des mechanischen Verhaltens. Es wurde u.a. nachgewiesen, dass glasige Ausbildung, starke Verzahnung und sperrige Struktur sowie das Fehlen von Einsprenglingen mit guter Spaltbarkeit die Festigkeit i.a. steigert.

Wechselbeziehungen zwischen den petrographischen Einflussfaktoren werden diskutiert und gezeigt, dass bei Verwitterung der Gesteine einige Ergebnisse der petrographischen Synthese in ihr Gegenteil umschlagen können. Daher muss das gesamte petrographische Erscheinungsbild unter Berücksichtigung der Genese beurteilt und die Auswirkungen der verschiedenen Einflussfaktoren gegen einander abgewogen werden. So betrachtet ergänzen die präsentierten Ergebnisse die nach wie vor unerlässliche aufgabenbezogene technische Prüfung.

Der Einfluss der Struktur des Felsens im Massstab der Bauwerke auf die mechanischen Eigenschaften ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

ABSTRACT

Harnessing of hydropower within the youngest volcanic formations of Iceland has necessitated a better understanding of the geology and the geotechnical behavior of the rocks exposed. These strata were generated by crustal spreading during the last 3.1 m.y. in the active zones, along a part of the mid-Atlantic ridge which runs right across the country.

The rock suite is very heterogenous and the structural complex relates to the onset and development of a glacial environment. Thus the eruptions took place in subaquatic facies beneath Pleistocene glaciers and built up rough topography, which at intervals (corresponding to interglacials and interstadials) was burried by subaerial volcanics. The geological setting is discussed on a regional basis and described genetically in more detail for two localities (Sigalda and Surtsey). The series are characterised by several different rock types (intrusions, pillow-lavas, hyaloclastites and subaerial lavas) all of which typically occur within each subaquatic volcanic unit (= one eruption). Tillites with interstratified immature conglomerates, which also may be of local character, usually separate these volcanic units. They are interpreted as waterlain tills.

A variety of typical rocks were carefully examined petrographically and subjected to mechanical testing. These tests included uniaxial compressive-, brazilian-, abrasivity- and continuous failure state triaxial tests. This new method was essential to determine apparent cohesion and angle of internal friction for the numerous rock varieties, as the failure envelope can be measured with, in principle, a single test specimen. The weakest rocks were mechanically tested using techniques employed in soil analysis. Ultrasonic pulse measurements revealed correlations with some of the data.

Technical parameters deviated widely and depended on small but significant petrographic differences. For the hyaloclastites porosity, size-distribution, scoriaceous grain shape and grain roughness together with palagonitization are the most important factors influencing the mechanical properties of the material. Palagonitization is already in a pedogenetic environment a widespread alteration processes accompanied with cementing authigenic mineral deposition. The strength is thus generally

increased by weathering! New methods are developed to measure the alteration grade quantitatively. An increase of basalt strength can be correlated with low porosity and absence of spathic phenocrysts, and with strong interlocking or glassy textures. Other parameters may be differently influenced or as for instance basalt abrasivity be independent of the same features. It is important to notice that the relationships may change or even reverse, as occurs when the rocks become weathered. Therefore the petrographic examination must be comprehensive and all possible influences considered referring to the geotechnical problem. The presented interrelationships should be regarded as a valuable supplement to mechanical testing which obviously remains indispensable. The influence of the structure of the rock mass on the mechanical properties is beyond the scope of this work.