

グラウチングによる岩盤の力学的改良効果に関する実験的研究

Experimental Studies on Improvement of Deformation and Strength of Rock Masses
by Grout Treatment



宇津木慎司 Shinji UTSUKI *

要 旨

グラウチングは、従来からダム基礎岩盤やトンネル・地下空洞周辺岩盤などの力学的特性および遮水性の改良を目的として広く適用されている工法であるが、既往の研究や施工現場において力学的改良効果に関する定量的な評価が十分になされておらず、現在においてもその効果が土木・岩盤構造物の設計に考慮されていない。これに対して、本論文においては、ダム基礎を例に、グラウチングによる岩盤の力学的改良効果を定量的に評価し、改良効果を考慮するための調査・設計・施工システムを構築することにより、効率的かつ効果的な土木・岩盤構造物建設を実現することを目的として、種々の検討を実施した。

以下に、本論文で得られた結論について述べる。

第1章においては、本論文の研究対象であるグラウチング工法について、用語の定義や現状と課題を整理するとともに、それに対する既往の研究を総括した上で、本論文の研究目的および内容構成を示した。

第2章においては、第1章に示したグラウチングに関する現状と課題、そしてこれに対する本論文の目的を踏まえ、グラウチングによる岩盤の力学的改良効果を定量的に評価するための原位置および室内における確認試験の方法を考案した。

第3章においては、グラウチングによる岩盤の変形特性に関する改良効果を定量的に評価するために、原位置岩盤試験結果を用いて岩盤の「固密化」に関する検討を実施した。その結果、岩盤の初期状態が不良なほど改良効果が大きいことが認められ、強風化岩相当の岩盤 (C_{L1} 級) が弱風化岩相当 (C_{L2} 級) の変形特性まで上昇することが明らかになった。

第4章においては、グラウチングによる岩盤の強度特性に関する改良効果を定量的に評価することを目的として、検討を実施した。まず、4.1節に示した原位置岩盤試験結果および4.2節に示した室内における割れ目を模したせん断試験結果より、粘着力が 0.3~0.5MPa 程度、上昇することがわかった。なお、内部摩擦角については、分離した割れ目の供試体とインタクトブリッジを設置した供試体では前後で変化が認められなかったものの、挟在物を挿入した供試体では最大 10° 程度の上昇が確認できた。

第5章においては、上述した岩盤の変形特性および強度特性に関する改良効果の定量的評価結果をもとに、グラウチングによる物性値の上昇をダム基礎設計に考慮するための具体的な方法を示した。まず、グラウチングによる岩盤の力学的改良効果を考慮したダム基礎岩盤の設計せん断強度について、変形特性に関する改良効果が明瞭であった強風化岩盤 (C_{L1} 級) について、強度特性に関する検討で確認された粘着力が 0.4MPa 程度上昇することを考慮する具体的な事例を示した。また、改良効果を考慮したダム基礎設計方法については、既往の設計方法に上述した物性値の上昇を適用する方法について詳述し、5~10%程度の堤体掘削体積とともに、堤体コンクリート打設量を同時に低減できることを述べた。

第6章においては、ダム建設における既往の調査・設計・施工に関する実施内容および課題を整理するとともに、効率的かつ効果的なグラウト注入を実施し、岩盤の力学的改良効果をダム基礎設計・施工に考慮することを目的とした、調査・設計・施工システムに関する具体的な項目について詳述した。

今回提案したグラウチングによる岩盤改良の高度化を目的とした調査・設計・施工システムについては、ダム基礎設計・施工を例に具体的な実施項目を検討したものであるが、他の土木・岩盤構造物においても、グラウチングの目的や施工方法などを考慮した上で本システムを適用できると考えられる。

キーワード：ダム基礎、岩盤、グラウチング、力学的特性

*土木設計部

「京都大学大学院学位論文 2012.3」の要旨を掲載

Summary

The grout treatment is to inject cement milk from the borehole at the dam foundation in order to improve the mechanical properties and permeability of rock masses. The effect of improvement about the mechanical properties are gained by cement fulfilled to the joints, and as a result, it can be made rock masses "hard", "homogenized", and "unified". However, at the dam sites in Japan, the effect by grouting has been verified only from the permeability tests outcome, and there are not enough examinations about the mechanical properties. Therefore, regardless of many construction results such as the consolidation grouting, the rise of mechanical properties by grouting has not been considered in the dam foundation design in Japan. On the other hand, I executed in-situ experiments at the dam sites in many kinds of rock types before and after grouting. In this paper, the effect of improvement about the deformability of rock masses is examined quantitatively in detail.

As the result of tests before and after grouting, the rise of the modulus is admitted in almost all the points, so it is clear that the rock masses are made hard by grouting. And it is also seen the tendency roughly that the effect of improvement is small when the modulus before the grouting is large originally, on the other hand, it is large when the modulus before grouting is small originally. And it is remarkable in CL-1 class so that the modulus of deformation is improved to CM class at all the measurement points. Moreover, about the comparison of rock types, it is clear that the igneous rocks are made harder than the sedimentary rocks.

To make rock masses homogenized is to make variety of the mechanical properties small after grouting. The ratio of the modulus of deformation before and after grouting is small as the modulus before grouting is large originally, on the other hand, it is large as the modulus before grouting is small. As a result, it is clear that rock masses are made homogenized by grouting.

To make rock masses unified is to make joints fulfilled with cement, and the difference between the modulus of deformation and the modulus of elasticity is made small after grouting. At many measuring points, D/E ratio after grouting is larger than before grouting, so it is thought that, as the joints are fulfilled with cement, the difference between the modulus of deformation (D) and the modulus of elasticity (E) is made decreased and as a result, it is clear that rock masses are made unified after grouting.