

VI-175

発泡ウレタンを用いた岩盤亀裂接着工法の開発

ショーボンド建設(株)	正員	本山 圭祐
ショーボンド建設(株)	正員	木下 昌樹
ショーボンド建設(株)	正員	温泉 重治
北海道開発局開発土木研究所	正員	中井 健司
北海道開発局開発土木研究所	正員	佐藤 昌志

1. はじめに

岩盤の亀裂には、表面に開口部を持つ開口亀裂と、内部に発達した潜在亀裂が存在する。その亀裂内部へ雨水等が侵入し水圧、氷圧等が作用することにより劣化、風化が助長され岩盤の安定性が損なわれることが、大小規模の崩落に至る原因の1つとなることも考えられる。

そこで崩落の危険性のある岩盤を、除去する工事を行う上で、施工時の安全性を確保する対策として、開口亀裂へ注入材を充填し、岩盤の安定を図る工法が有効と考えた。

一般に、セメント系、エポキシ樹脂系接着材などの既存の注入材料を用いる場合、注入を行うためにはシーリング材が必要となる。しかしながら、岩盤亀裂への注入では、高所作業となるなど施工上の制約条件が多く、施工時の装備を可能な限り軽微にする必要があると思われる。

本研究は、施工時の装備が軽量で遠隔での作業が可能であるなどの特徴を有する発泡ウレタンに着目し、開口亀裂へのシーリング材としての適用性についての基礎的な資料を得ることを目的に検討を行ったものである。

2. 実験概要

シーリング材としての発泡ウレタンの基本的な物性を得る目的に、図-1に示すような自然岩を用いた供試体を作製し、一軸引張試験およびせん断試験を実施した。実験に用いた自然岩は、積丹半島西部の神恵内地区より採取した水冷火砕岩である。発泡ウレタンはプレミックスタイプのもので、空気中の水分に反応して発泡硬化するものを用いた。供試体の作製に際しては、現場における接着面の状態を模擬するため、接着面を湿潤状態として作製するものとした。また、比較のため乾燥状態のものについても同様の実験を行うこととした。各試験とも供試体数は3体とし、計12体の供試体を作製した。ここで、ウレタンによる接着に際しては、発泡圧で供試体に変形を生じないように、また、接着材幅10mmが確保されるように供試体を固定して作業を行った。供試体の養生は、室内で10時間以上静置した後、各試験を行った。

一軸引張試験は、供試体の両端に鋼板と鉄筋を溶接した治具をエポキシ樹脂系接着材により取り付けて実施し、最大荷重および破壊面の観察を行った。

せん断試験は、圧縮試験機上に図-2に示すような試験器具に供試体を設置し、加力する方法で実施した。一軸試験同様、最大荷重および破壊面の観察を行った。

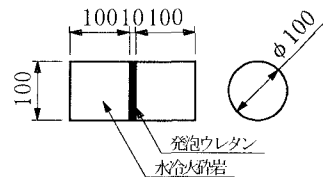


図-1 実験供試体(単位:mm)

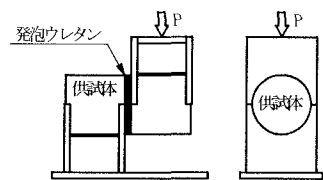


図-2 せん断試験器

キーワード: 発泡ウレタン, 岩盤亀裂, シーリング材

連絡先: 〒003-0004 北海道札幌市白石区東札幌4条2丁目1-6 TEL(011)822-8045 FAX(011)841-3252

3. 実験結果および考察

引張試験の結果を表-1に示す。供試体の破断までの状況を比較すると、乾燥状態で注入した供試体では、引張荷重が最大耐力を指した後、荷重が低下し変位のみが増加し破断に至った。破断は発泡ウレタンと岩の接着界面付近で発泡ウレタンが引き裂かれるような破断面となり、発泡ウレタンの凝集破壊となった。

湿潤状態で注入した供試体では、破断までの状況は前者と同じであったが、破断は発泡ウレタンと岩との接着界面で亀裂が入る剥離状の破断性状となり、発泡ウレタンと岩の界面での破壊となった。

引張強度の平均値は乾燥状態の供試体で、 1.3kgf/cm^2 、湿潤状態の供試体で、 1.2kgf/cm^2 となり、顕著な差異は認められなかった。以上のように、破壊性状に差異を生じたものの、引張強度は、接着面の乾湿状態には左右されない結果を得た。

せん断試験の結果を同様に表-1に示す。供試体の破断までの状況は、いずれの供試体も、載荷直後から載荷方向に追従するような発泡ウレタンの変形が生じ、破断に至った。供試体の破断の状況は、乾燥状態で接着した供試体では、発泡ウレタンと岩の接着界面付近で、発泡ウレタンが引き裂かれるように破断されていた。

湿潤状態で注入した供試体も、発泡ウレタンと岩の接着界面で破断したが、破断面を観察すると載荷方向に滑るように破断された形跡があり、破断時に接着面が下方向に引張られるように伸びた状態となっていた。

せん断強度の平均値は両供試体タイプともに、 0.5kgf/cm^2 であり、引張試験と同様に、破壊性状に差異があるものの、せん断強度は、接着面の乾湿状態には左右されない結果を得た。

4. シール材としての適用性

上述の材料試験結果に基づき、シール材としての適用性について検討を行った結果について以下に述べる。

岩盤亀裂への注入に際しては、注入圧力による岩盤の崩落を防止するために、自然流下による注入となる。また、せん断抵抗面を1断面に想定すると、単位幅あたりの注入材の水頭圧とシール材の抵抗との関係は、①式のとおりととなる。

$$\rho h t = L \tau \cdots \textcircled{1}$$

ここで、 ρ : 注入材比重

h : 注入高さ (cm)

t : 岩盤亀裂幅 (cm)

L : シール材のせん断抵抗幅 (シール深さ) (cm)

τ : シール材のせん断強度 (kgf/cm^2)

①式に実験で得られたせん断強度を代入し、注入高さ 10.0m となる無機系の注入材を注入したと仮定し、シール深さ L について整理すれば②式となる。

$$L = 4 t \cdots \textcircled{2}$$

別途実施した発泡ウレタンの吹きつけ実験からは、亀裂幅 1cm 程度でおよそ 20cm 程度のシール深さが確保されており、発泡ウレタンのシール材としての適用は、十分可能であるものと考えられる。また、非常に軽量で作業性がよいことから、場合によってはシール材のみならず、注入材としての利用についても適用できるものと思われ、施工時に生じる発泡圧が岩盤の安定性に与える影響、一定強度を得るためのウレタンの最低厚さ等について今後さらに検討していきたいと考えている。

5. まとめ

施工上、種々の制約条件がある岩盤亀裂への注入工法のシール材として、施工性に優れる発泡ウレタンに着目し、その適用性についての基礎的な資料を得ることを目的に、検討を行った結果をまとめると以下のとおりである。

①一軸引張およびせん断試験の結果、接着面の乾湿の影響は、破壊性状に違いがあるものの、強度の顕著な差異は生じない。

②発泡ウレタンのシール材としての適用は、十分可能であるものと考えられる。

表-1 各試験結果

	引張試験 kgf/cm^2	せん断試験 kgf/cm^2
乾燥状態	1.3	0.5
湿潤状態	1.2	0.5

※各値は3供試体の平均値である