

天然スレートに存在する石目の乾湿繰り返しに対する性状

正会員 ○下屋敷朋千*1 同 二木幹夫*1*2 同 犬飼達雄*1*3
同 菅谷憲一*1*3 同 余川弘至*1*3 会員外 遠藤司*4

天然スレート 石目 乾湿繰り返し 点載荷試験

1. はじめに

天然スレート(粘板岩)は、元々粘土が長い年月をかけて固結したもので、その固結度合いが新しいものから、泥岩、頁岩、粘板岩、千枚岩と呼ばれている。頁岩までは一般的に堆積岩(川の流れや湖・海の底に堆積したもの)とされているが、粘板岩は、長い年月による変成作用を受けているため、変成岩と区分されている。

天然スレートは古い岩石であるため、非常に硬いという特徴がある。また一方で、堆積したときの面(層理面)に沿ってスレート劈開という連続面があり(変成作用により粘土鉱物ができた面)、その面から分離しやすいという特徴から板状の石材として古くから宮城県の玄昌石、雄勝石など屋根瓦や敷石などに利用されている。

上述のように、天然スレートにはスレート劈開という分離面が存在する。多くの場合、層理面に沿った方向にスレート劈開が発達するため、この方向には剥がれやすい特徴がある。ただし、この面とは異なった方向に発達する節理面(以下、本報では石目と記す)などにスレート劈開が発達するケースもある。

石目は必ずしも容易に分離するものではない。しかし、天然スレートの石目に長期的な乾燥と湿潤の繰り返しが作用した場合に、石目に強度低下等の劣化が生じるかどうかについては明らかでない。本報ではこの石目に着目し、実際に屋外で使用されている天然スレートに対し強制的に乾湿繰り返しの環境条件を与え、乾湿繰り返しに対する石目の強度性状について報告するものである。

2. 試験概要

2.1 供試体

本報で用いた天然スレート(スペイン:ガリシア産)は、平成10年8月より外装材として建物に使用されていたもので(東海地方:建物北面に施工)、天然スレート1枚の寸法は幅450mm、長さ390mm、厚さ25mmである。

施工されて12年経過した天然スレートのなかから目視により石目が認められるもの3枚を取り外し、そこから各々石目有り、無しの小片(約幅48mm、長さ140mm、厚さ25mm)を切り出して供試体とした。使用した天然スレートの1例を写真1に示す。

2.2 試験方法

試験は、110℃で乾燥(24時間)、水浸漬(24時間)を1サイクルとした乾湿繰り返し試験(旧日本道路公団規格

「岩の乾湿繰り返し吸水率試験方法(JHS 111-1992)」を行った。本条件では、吸水した水分は十分に蒸発し、完全な乾燥状態に近くなる。つまり、夏場など高温状態が数日継続した状態を考慮するものである。さらにこの繰り返し試験では、11回の乾燥、水浸漬を繰り返し、途中段階における石目に対する強度試験を実施し、繰り返し過程において強度の低下を確認することとした。この強度の確認方法としては、少ない試料で効率的に強度を捉えるために、点載荷試験(地盤工学会基準「岩石の点載荷試験方法(JGS 3421-2005)」)にて確認することとした。

【点載荷試験】

本試験で求める点載荷強さの概要を以下に示す。

$$\text{点載荷強さ } I_s: I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

P : 破壊荷重 (N)

D_e : 等価コア径 (mm) ※

※二つの載荷点を含む供試体の最小断面の断面と等しい面積を有する円の直径

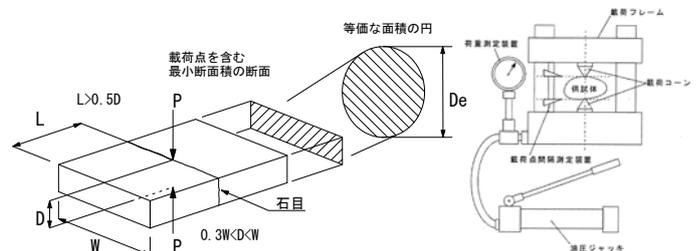


図1 供試体及び試験装置の概要

3. 試験結果及び考察

試験結果を表1、図2に示す。

初期段階の点載荷強さを比較すると、石目の箇所と石目のない箇所における強度では大きな差は認められなかった。その後乾湿繰り返しの回数が進むにつれ、各々初期強度に対して強度が低下し、11サイクル後でNo.2は約半分、No.1及びNo.3では約70%の強度となった。ここで、乾湿2回目において初期強度より大きな値が得られているものがあるが、これは完全に同一の供試体ではないために生じた差と見なすことができる。

No.1については、1枚のスレートに数本の石目が確認



写真1 天然スレート例

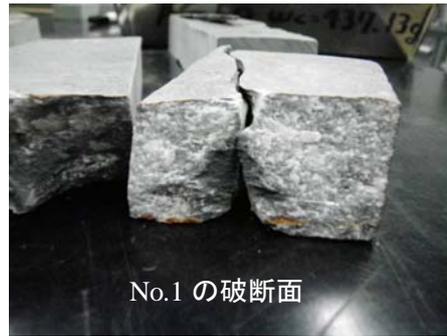


写真2 破断面の状態 (No. 1)

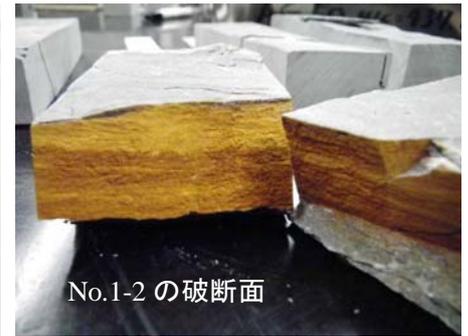


写真3 破断面の状態 (No. 1-2)

表1 試験結果

供試体	繰り返し回数	点荷強さ (N/mm ²)	石目無しに対する強度比(%)	乾湿繰り返しによる強度保持率(%)
No.1	石目無し	8.3	100	-
	乾湿0回	7.8	94	100
	乾湿2回	9.0	108	115
	乾湿4回	8.0	96	103
	乾湿6回	6.5	78	83
	乾湿8回	6.3	76	81
	乾湿10回	6.4	77	82
	乾湿11回	5.8	70	74
No.1-2	乾湿0回	1.4	17	-
	石目無し	10.0	100	-
	乾湿0回	7.6	76	100
	乾湿2回	9.4	94	124
	乾湿4回	5.6	56	74
	乾湿6回	5.0	50	66
	乾湿8回	4.3	43	57
	乾湿10回	4.9	49	64
No.2	乾湿11回	3.6	36	47
	石目無し	8.1	100	-
	乾湿0回	7.9	98	100
	乾湿2回	8.1	100	103
	乾湿4回	8.4	104	106
	乾湿6回	8.4	104	106
	乾湿8回	7.4	91	94
	乾湿10回	7.0	86	89
No.3	乾湿11回	5.5	68	70

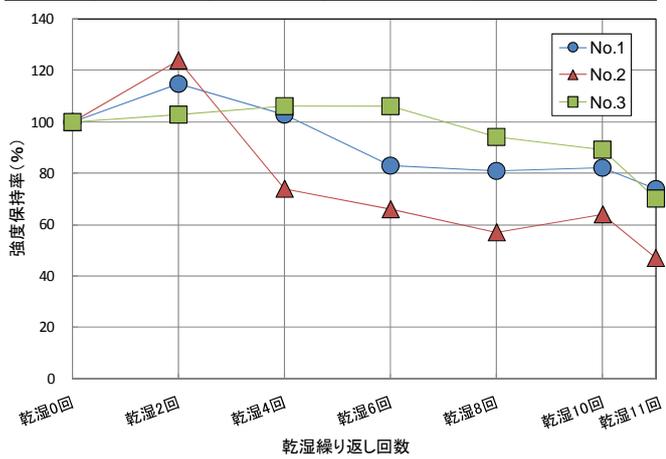


図2 乾湿繰り返し回数と強度保持率

されたため、他の石目についても強度の確認を行った (No.1-2)。その結果、石目のない箇所に比べ、約 17%の低い強度であった。供試体の破断面を比較するとそれぞれ次の特徴が確認された。

石目のない箇所で荷重した破断面は、層理面に沿ったスレート劈開が明瞭であった。No.1 の石目に沿った破断面は、表面に白色の結晶片が認められ、これは粘土鉱物である可能性がある (写真 2)。また、No.1-2 は明らかに風化により褐色化が進行していた (写真 3)。このように風化が進行すると、非常に低い強度となることが確認された。

No.1 の石目の破断面は、おおむね新鮮な状態であったが、天然スレートの表面においては写真 1 から認められるように No.1 の石目の方が、No.1-2 の石目より明瞭であり、風化が進行しているように見える。しかしながら、石目の強度は No.1-2 の方がはるかに小さい結果となった。このことから、石目にも様々な状態があり、各々の石目について強度の違いを外観上から判断することは困難であるといえる。

本試験では、乾湿繰り返しにより石目の強度が低下する傾向がある事が確認された。このことから、天然スレートを外装材に用いた場合には、石目の存在が天然スレートの剥落につながるリスクファクターとなることが考えられる。ただし、そのリスクの度合いについては、風化の進行度合いによって異なるといえる。

なお、乾湿繰り返しの試験過程における吸水量増加率は、いずれの供試体も変化は認められず、0.0%であった。

4. まとめ

対象とした天然スレートの石目に対する乾湿繰り返し試験では、以下のことが確認された。

- (1) 石目自体の強度は、現状十分な強度 (石目なしの箇所と同じ程度の強度を有している) を呈するものと、非常に低い強度を呈するものが確認されており、それらの区別は、外見上からは困難である。
- (2) 石目の強度が十分高いものであっても、乾燥と湿潤を繰り返すことにより、その強度は徐々に低下する傾向がある。

*1(財)ベターリビングつくば建築試験研究センター
 *2 工学博士
 *3 博士(工学)
 *4 応用地質(株)神戸支店長

*1 Center for Better Living, Tsukuba Building Research and Testing Laboratory
 *2 Dr.Eng.
 *3 Ph.D.
 *4 OYO Corporation