

# 雪崩予防柵の巻きだれの安定度評価手法に関する研究

## Study on a Stability Assessment Method for Snow Eaves on Avalanche Protection Fences

雪崩予防柵(吊柵を含む)は山間部を中心に多く設置されており、雪崩発生区対策の有効な手段となっています。しかし、雪崩予防柵上に巻きだれが発生して崩落すると、道路交通への影響や雪崩の誘発の懸念があります。

本研究では、巻きだれの形状や物性に関する観測を一冬通じて行いました。また、簡略化した巻きだれ形状のモデルを構築し、観測で得られたデータを代入することで、巻きだれの安定度を評価する手法を考案しました。

Many avalanche protection fences, including hanging fences, have been installed in mountainous areas, and they have proven to be useful safety facilities for avalanche-prone road sections. However, when snow eaves form on such fences and collapse, the collapsed snow may obstruct road traffic or induce avalanches.

In this study, we observed the shape and physical properties of snow eaves throughout one winter. We devised a method for assessing the stability of snow eaves by constructing a simplified model of snow eaves and assigning the data obtained in our observation to the model.



### 巻きだれの現地観測

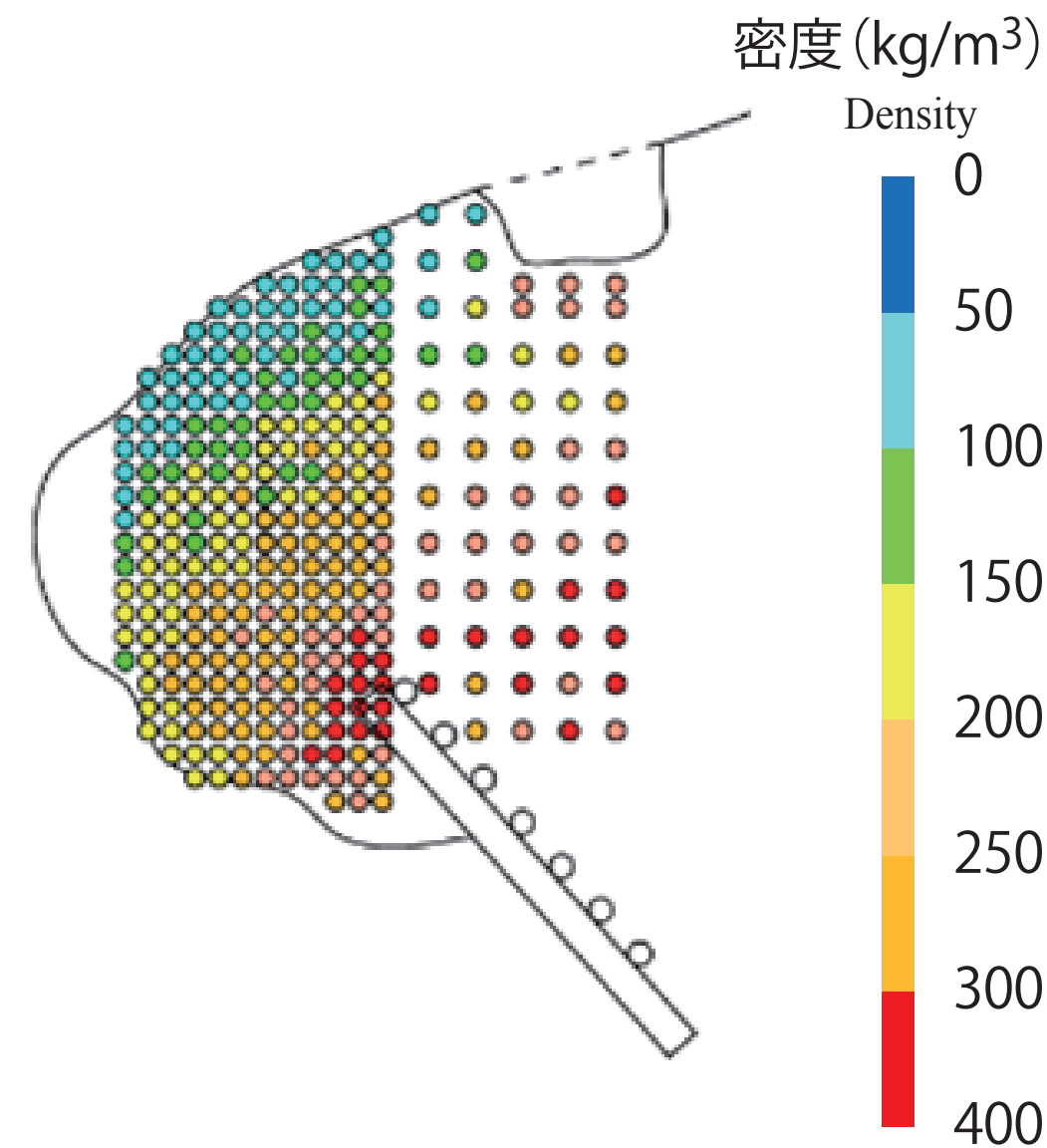
#### Field observations of snow eaves

現地観測は、一般国道275号幌加内町朱鞠内湖畔に設置されている雪崩予防柵において、2016～2019年冬の4冬期にわたり行いました(図1)。観測項目は、巻きだれの形状と大きさ、密度、硬度、雪質、含水率です。また、タイムラプスカメラを使って日中の現地の状況を撮影して、巻きだれの発達過程を観察しました。

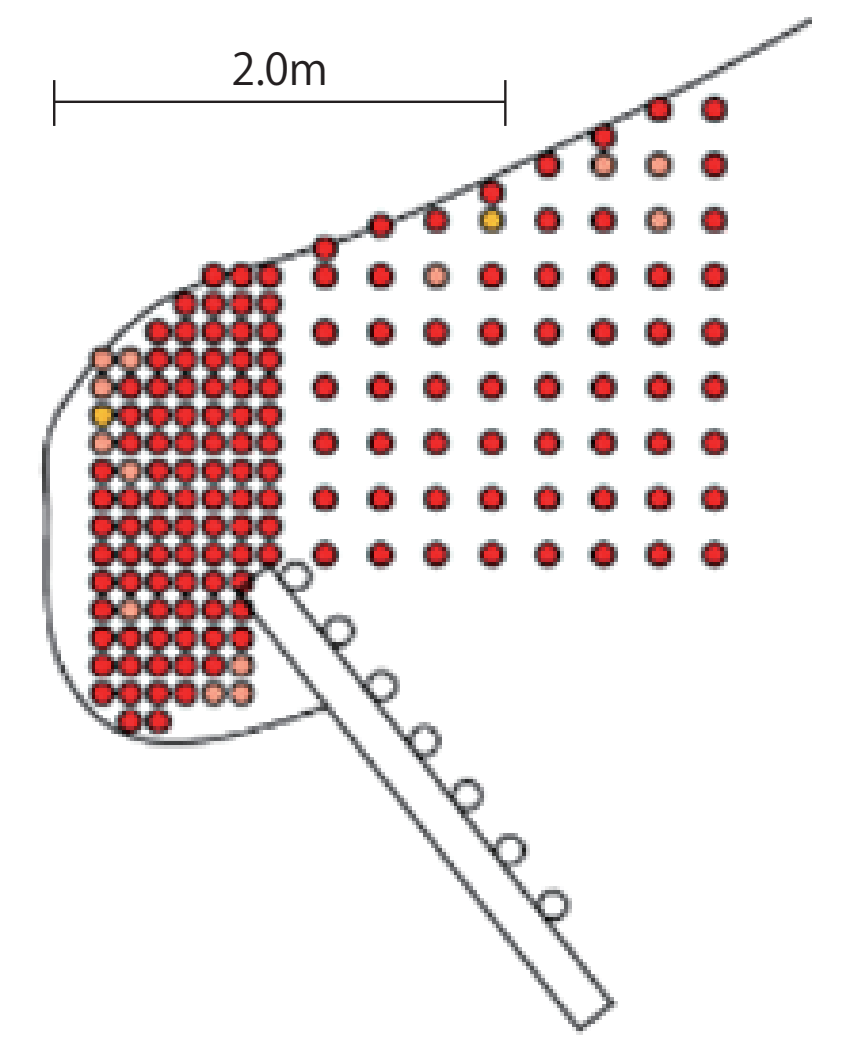
図2と図3は、巻きだれの断面形状と密度の分布です。図2は、2018年2月21日に観測したもので、一年の中で積雪が最も多い時期です。この時の積雪密度は、斜めの層状に分布していました。図3は、2018年3月27日の観測結果で、融雪が進み密度の分布はほぼ均一となっていました。この翌日に、タイムラプスカメラによって巻きだれの崩落を確認しました。



▲図1: 巻きだれ断面の観測状況 (2019.3.18)  
Fig. 1 A researcher observes the cross-section of a snow eave. (2019-3-18)



▲図2: 巻きだれ内部の密度分布 (2018.2.21)  
Fig. 2 Snow density distribution in a snow eave (2018-2-21)



▲図3: 巻きだれ内部の密度分布 (2018.3.27)  
Fig. 3 Snow density distribution in a snow eave (2018-3-27)

Field observations were done during the four winters from FY 2016 to 2019. We observed snow eave formation on avalanche protection fences installed along National Highway 275 on the Lake Shumarinai coast of Horokanai Town (Fig. 1). The items observed were shape, size, density, hardness, snow grain type, and water content. The process of snow eave formation was observed by using a time-lapse camera that recorded the observation target site during the daytime.

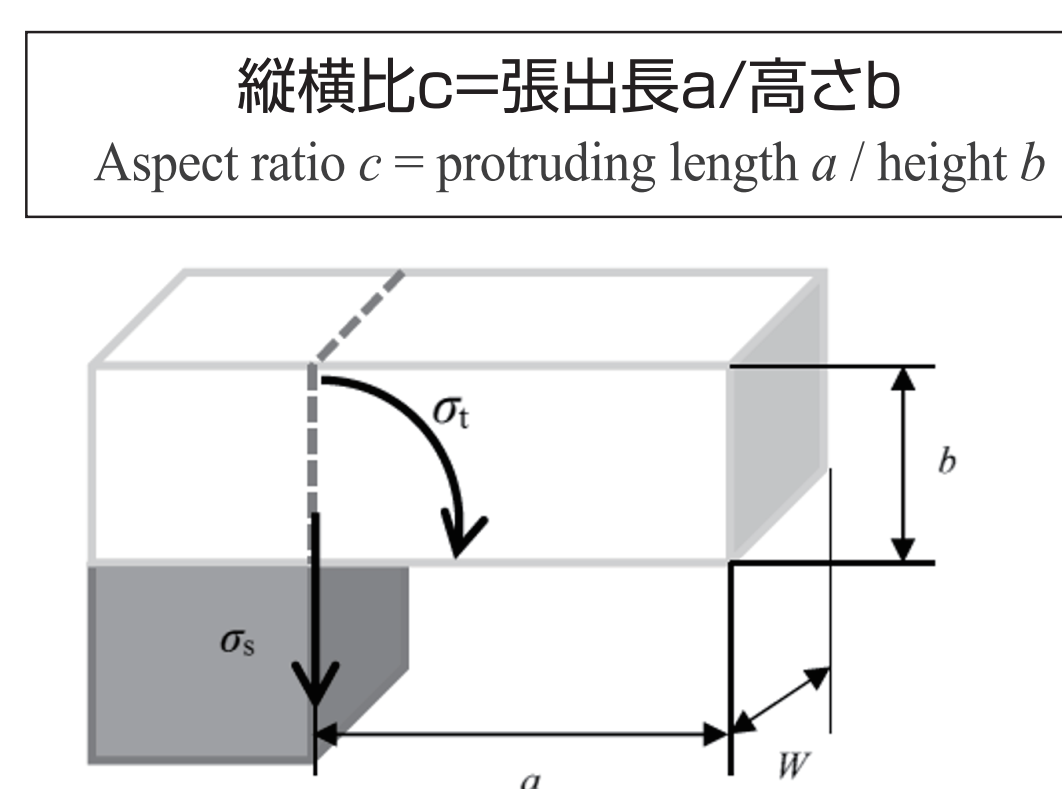
Figs. 2 and 3 show the cross-sectional shape and snow density distribution of snow eaves. Fig. 2 shows the snow eave observed on February 21, 2018. This observation was done during the time of year with the most snowfall. The snow density in this figure is distributed in diagonal layers. Fig. 3 shows the results for the observation done on March 27, 2018 when the snow had melted. The snow density is distributed nearly uniformly. A time-lapse camera recorded the collapse of this snow eave on the day after this observation.

### 巻きだれの安定度評価手法

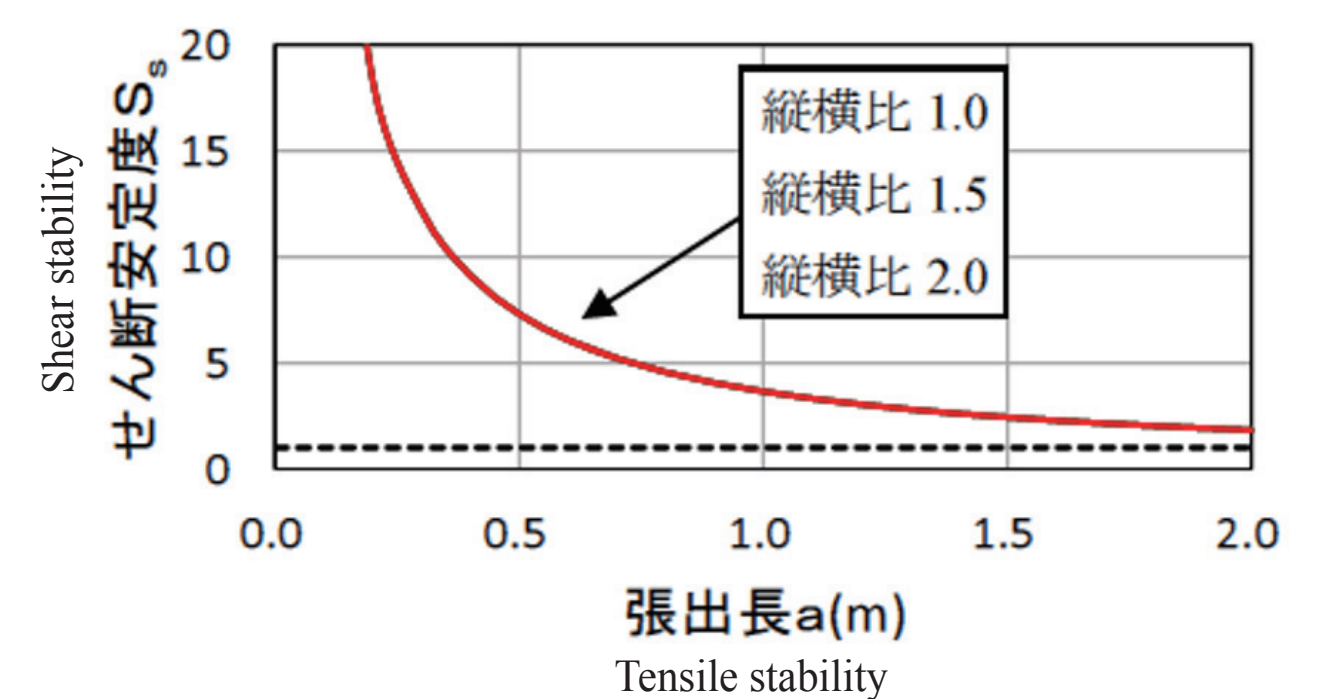
#### Stability assessment method for snow eaves

巻きだれの形状を簡略化して、図4のようにモデルを構築しました。観測データを代入することで、巻きだれの破断面(図4の破線)に作用する応力(せん断 $\sigma_s$ 、引張 $\sigma_t$ )と強度を求め、強度に対する応力の比を安定度と定義しました。安定度が1.0以下になると、巻きだれが崩落する可能性が高くなります。図5は乾雪のせん断安定度、図6は湿雪のせん断安定度の計算結果です。同じ形状(巻きだれの縦横比)でも、湿雪の安定度が低いことがわかります。図7は、湿雪(張出長1.0m、高さ1.0m、密度330kg/m³)の含水率を変化させたときの引張とせん断に対する安定度です。融雪によって巻きだれの含水率が上昇すると、急速に安定度が低下して崩落する可能性が高くなります。

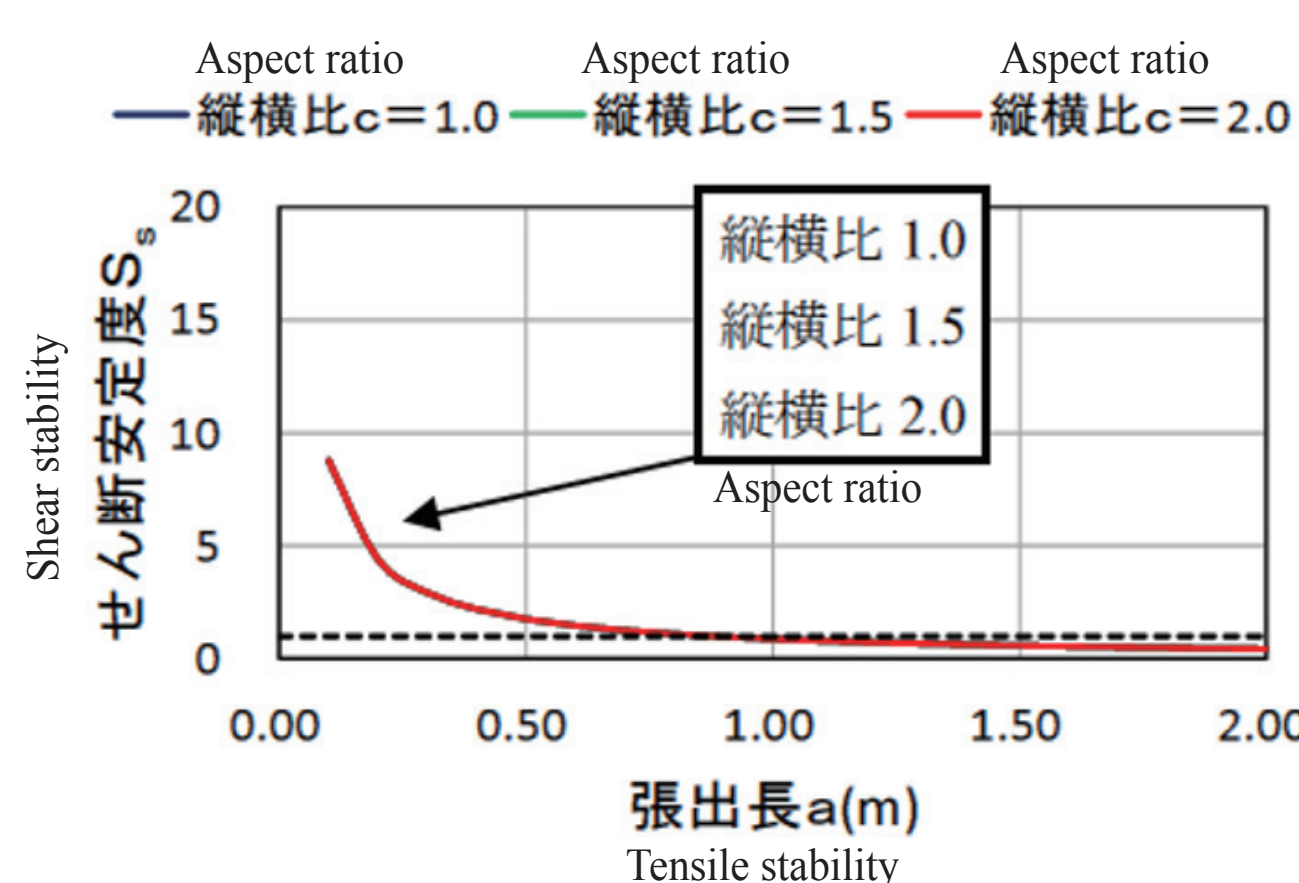
We constructed a model by simplifying the shape of the snow eave, as shown in Fig. 4. By assigning the observation data to this model, the stress (shear  $\sigma_s$  and tensile  $\sigma_t$ ) and strength of the snow eave at the fracture surface (the broken line in Fig. 4) were obtained. We defined the ratio of stress to strength as the degree of stability. At degrees of stability of 1.0 or lower, the possibility of snow eave collapse is high. Fig. 5 shows the calculation results for the shear stability of dry snow, and Fig. 6 shows the calculation results for the shear stability of wet snow. From these two figures, it is understood that the stability for eaves of similar shape (similar in aspect ratio) is low for wet snow. Fig. 7 shows how the tension and shear stability change with changes in the water content for a wet snow eave (protruding length: 1.0m, height: 1.0m, density: 330kg/m³). When the water content of the snow eave increases with the progress of snowmelt, the degree of stability sharply decreases and the possibility of collapse becomes high.



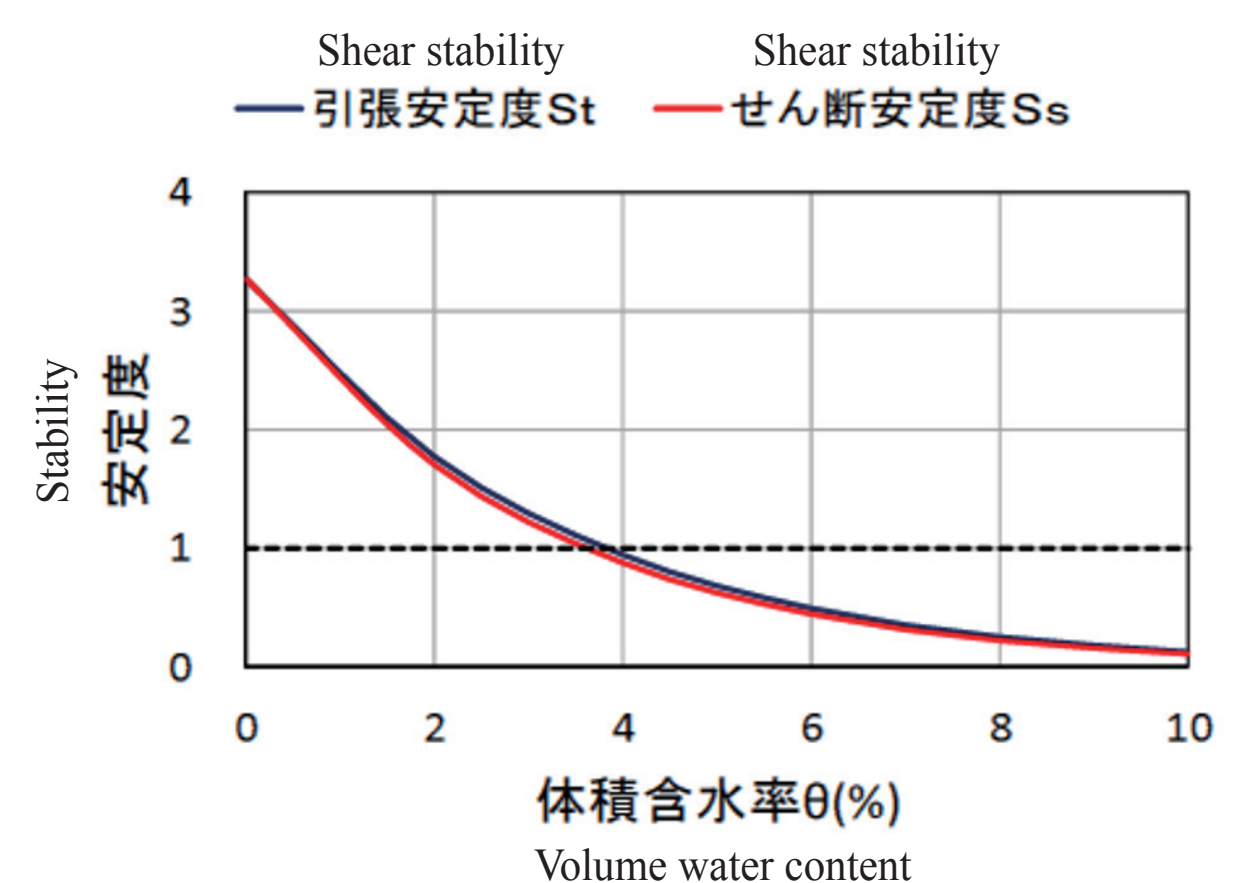
▲図4: モデル化した巻きだれ形状  
Fig. 4 A model of a snow eave's shape



▲図5: 乾雪の張出長aとせん断安定度S\_sの関係  
Fig. 5 Relationship between the protruding length a and the degree of shear stability S\_s for dry snow



▲図6: 湿雪の張出長aとせん断安定度S\_sの関係  
Fig. 6 Relationship between the protruding length a and the degree of shear stability S\_s for wet snow



▲図7: 体積含水率と安定度の関係  
Fig. 7 Relationship between volume water content and stability