



図3に示すように、側圧の上昇に伴い飽和透水係数は減少する傾向であり、異なった減少傾向を確認できる。減少傾向が大きく異なるしきい値を変曲点とし、変曲点に至る前の側圧に対する飽和透水係数の関係より、大気開放時の飽和透水係数を推定し、観測した亀裂開口幅の関係と滑らかな平行平板モデルでの飽和透水係数との関係を図4に示す。

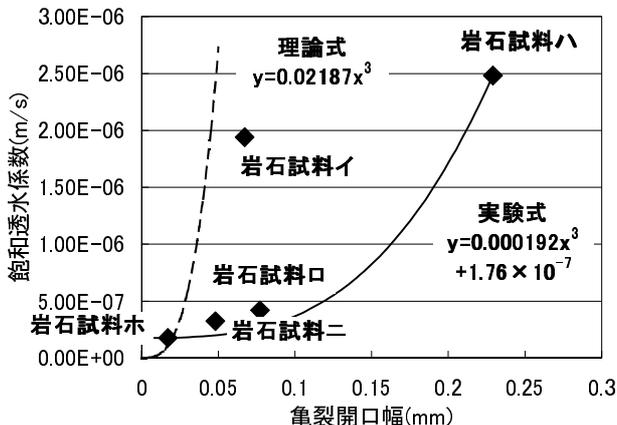


図4 亀裂開口幅と透水特性の関係

図4に示した実験式と理論式を比較することで、天然亀裂の透水特性は滑らかな平行平板を仮定した場合の約100倍小さく評価する必要があることが明らかになった。

4. 岩石天然亀裂内の不飽和透水・透気特性の解明

不飽和透水・透気特性を解明するため、各岩石試料の飽和度を変化させ、注入圧10kPa、側圧40kPaとし、不飽和透水・透気実験を実施した。得られた実験結果を不飽和状態の水分特性曲線の関数として van Genuchten の式<sup>2)</sup>でフィッティングし、その適用について検討した。van Genuchten の式を次式に示す。

$$S_e = (S_w - S_0) / (1 - S_0) \dots \dots \dots (1)$$

$$k_{rw} = S_e^{0.5} [1 - (1 - S_e^{1/m})^m]^2 \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $S_e$  : 有効飽和度(%),  $S_w$  : 飽和度(%),  $S_0$  : 残留飽和度(%),  $k_{rw}$  : 比透水係数,  $m$  : 係数である。

また、不飽和透気実験結果に van Genuchten の式をフィッティングするため(3)式を用いた。

$$S_w + S_a = 1 \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $S_w$  : 水の飽和度(%),  $S_a$  : 空気の飽和度(%)である。

図5に実験結果とフィッティングした van Genuchten の式を示す。

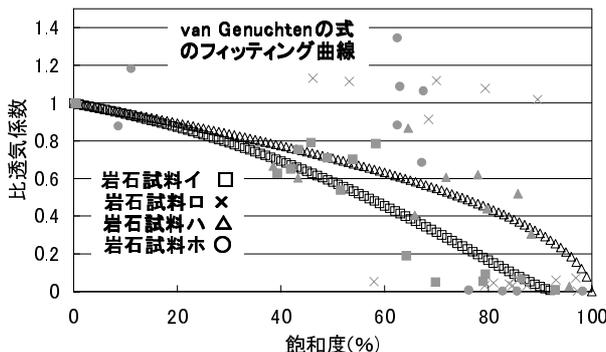
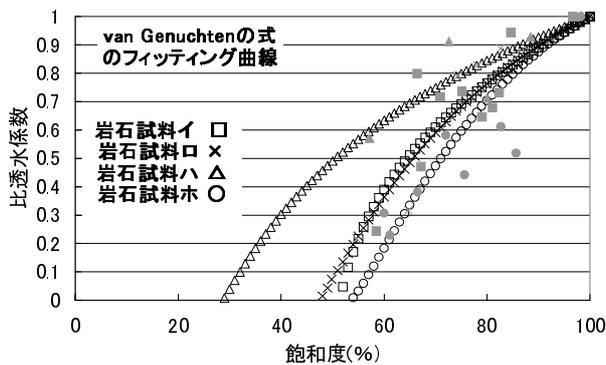


図5 不飽和透水・透気実験結果と van Genuchten の式

図5に示したように、飽和度の変化にともない比透水係数及び比透気係数は減少する傾向であり、岩石試料によってその減少傾向は異なることが確認できる。不飽和透水特性に関して、実験値とフィッティング曲線が概ね良く一致していると考えられることから、今回の岩石試料及び実験条件の範囲においては van Genuchten の式がある程度適用可能と判断した。しかしながら、不飽和透気特性に関してはばらつきが大きく、調和的でないことから van Genuchten の式を適用しにくいと考えられた。

5. 結論

室内透水・透気実験より天然亀裂を有する岩石試料の透水・透気特性について以下のことが明らかとなった。

- 1) 充填物のない天然亀裂開口幅 0.23mm 以下の岩石試料の透水特性は滑らかな平行平板間の透水特性に比べ約100倍小さく評価する必要がある。
- 2) 充填物のない天然亀裂開口幅 0.23mm 以下の岩石試料の透水特性に対して、van Genuchten の式が適用できたことから、亀裂性媒体でも、多孔質媒体と同じような飽和度に依存した水の流れてであると考えられる。

【参考文献】

1) P.A. ドミニコほか: 地下水の科学, 土木工学社, 1995.9.30  
 2) Van Genuchten, M.T.: A Closed Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soil, Soil Sci. Soc. Amer. J. 44: pp.892-898, 1980.