

Ⅲ-69

ルジオンテストの試験区間長に関する一考察

前田建設工業（株） 正 員 飯島 健 小熊 登
同 上 正 員 熊谷 浩二 神藤 健一

1. はじめに

対象岩盤の透水性の評価やグラウチングの改良効果の判定には通常ルジオンテストが用いられる。ルジオンテストから求まるルジオン値（ L_u 値）は岩盤の透水性を評価する重要な指標であるが、現場においては、同一の L_u 値の岩盤であってもグラウトの注入状況が異なる等の問題がしばしば生じる。こうしたことは対象岩盤の亀裂性状（亀裂の分布や開口幅、連続性など）の違いにその一因があると考えられ、グラウト孔を利用したボアホールテレビ調査などを通して亀裂性状と岩盤の透水性との相関性を考察していく必要がある。

著者らは、亀裂性状と透水性の関係をより明確に求めるためのアプローチの1つとして、グラウト前後において、通常5 mの試験区間で行われるルジオンテストを1 mごとにも実施し、併せてボアホールテレビによる観察も行う現場実験を実施した。本報では、その中で5 m区間での L_u 値と1 m区間ごとの L_u 値との比較について若干の考察を加えた。

2. 実験方法

実験対象はCM～CH級の安山岩を主体とする岩盤であり、GL-2～7 m深度の3孔のグラウト孔において実施した。実験では、まずGL-3 mまで削孔してGL-2～3 mの1 m区間のルジオンテストを行い、その後1 m削孔するごとに1 m区間の測定を順次実施した。さらにGL-7 mまでのφ66 mmの削孔終了後、GL-2～7 mの5 m区間の測定を行った。グラウト前のルジオンテストに引き続いて、おのおののグラウト孔で5 mステージのグラウト注入を注入仕様を変えて行い、グラウト終了後、そのグラウト孔をφ76 mmに拡孔し、グラウト注入孔における事後のルジオンテストを再度実施した。ここでも1 m拡孔するごとに1 m区間の測定を行い、GL-7 mまでの拡孔後5 m区間の測定を実施した。

ルジオンテストは注水圧 5 kgf/cm^2 あるいは流量 4 ㍑/min/m に至るまでの数段階の圧力段階で行った。また L_u 値は試験時の $p \sim q$ チャートの初期の勾配から換算 L_u 値として求めた。

表-1 ルジオンテスト結果一覧表

ケース 深度	ケース1				ケース2				ケース3			
	グラウト前		グラウト後		グラウト前		グラウト後		グラウト前		グラウト後	
2～3 m	71.5		10.3		147.0		5.7	—	59.5		3.0	—
3～4 m	22.7		1.4		9.5		3.7		15.3		0.6	
4～5 m	11.2	9.8	5.7	3.8	13.7	∞	7.4	2.6	11.9	14.5	1.8	0.2
5～6 m	3.2		7.1		∞		5.3		17.8		1.2	
6～7 m	19.0		1.0		7.5		2.2		6.0		0.5	

3. 実験結果及び考察

表-1に、各ケースで得られた L_u 値の一覧表を示す。ケース2、3においては、グラウト後のGL-2～3 m区間のルジオンテスト時に流量の急

増と圧力の低下が見られた。この原因として表層部の水圧破壊が考えられたため、この場合は5 m区間のルジオンテストの代わりに表層部1 mを除外した4 m区間の測定を実施している。表に見られるように、対象区間の岩盤の L_u 値は1 m深度ごとにばらつき、一様ではないことが分かる。各1 m区間で得られた L_u 値の算術平均、幾何平均（対数の平均

表-2 5 m区間 L_u 値と1 m区間 L_u 値の平均値の比較

ケース L_u 値	ケース1		ケース2		ケース3	
	グラウト前	グラウト後	グラウト前	グラウト後	グラウト前	グラウト後
5 m区間 L_u 値	9.8	3.8		2.6	14.5	0.2
1 m区間 L_u 値の平均						
① 算術平均	25.5	5.1		4.7	22.1	1.0
② 幾何平均	16.2	3.6		4.2	16.3	0.9
③ 調和平均	9.8	2.4		3.8	12.9	0.8
式(1)の補正	17.4	3.5		3.3	15.0	0.7

$$\textcircled{1} \text{ } X_{ave.} = 1/n \cdot \sum X_i$$

$$\textcircled{2} \text{ } \log X_{ave.} = 1/n \cdot \sum \log X_i$$

$$\textcircled{3} \text{ } 1/X_{ave.} = 1/n \cdot \sum (1/X_i)$$

値）、調和平均（逆数の平均値）を表－2に示す。ここに、ケース2のグラウト前については部分的に高透水性ゾーンが存在し、 $L u$ 値が無限大となったため、以下の検討から除外した。

1 m区間の $L u$ 値を単純に算術平均したものと5 m区間の $L u$ 値を比較すると、注入仕様やグラウトの前後の違いによらず、1 m区間の $L u$ 値の平均値の方が5 m区間の $L u$ 値より大きくなることが認められた。図－1(a)

に示す平行平板や層状の媒体を考えた場合、理論上は5 m区間の透水性は1 m区間の透水性の算術平均で表されるが、実際の現象はそれとは異なっている。また、数学的には（算術平均） $\geq$ （幾何平均） $\geq$ （調和平均）の関係があるため、調和平均で見ると1 m区間の $L u$ 値の平均値が5 m区間の $L u$ 値より小さくなる場合も見受けられた。調和平均は図－1(b)のようなモデルの平均的な透水性であるので、実際の岩盤の透水性は(a)と(b)のモデルの中間的なものであると考えられる。

岩盤を等方等質媒体と仮定して、 $L u$ 値を透水係数に換算することはしばしば試みられる。一様な透水係数 k を持つ等方等質媒体における $L u$ 値は次式において、水頭差 $h = 10 \text{ kgf/cm}^2$ 、孔半径 $r_w = 33 \text{ mm}$ 、試験区間長 L を代入した時の1 m当たりの流量 Q/L として求められる。

$$Q/L = 2\pi k h / [\sinh^{-1} \{L/(2r_w)\}] \quad \text{------(1)}$$

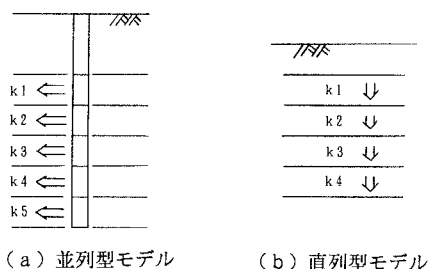
式(1)より明らかなように、一様な透水性を持つ地盤を仮定しても、1 m区間と5 m区間の $L u$ 値には、 $\sinh^{-1} \{L/(2r_w)\}$ 相当の違いがある。 $L = 1 \text{ m}$ 及び 5 m を代入して得られる Q/L は、1 m区間の方が5 m区間に比べ1.47倍ほど大きくなる（4 m区間の場合は1.41倍）。1 m区間の $L u$ 値の算術平均値にこの点を考慮した補正を施したものを表－2中に併記したが、補正後も依然として1 m区間の $L u$ 値の平均値の方が大きい。

図－2に5 m区間の $L u$ 値と1 m区間の $L u$ 値の平均値の関係を示すが、部分的に高透水性ゾーンが存在し、5 m区間で $L u$ 値が10 $L u$ を越える様な場合には、算術平均で表される平行平板や層状の媒体によるモデル化が当てはまらなくなるようである。

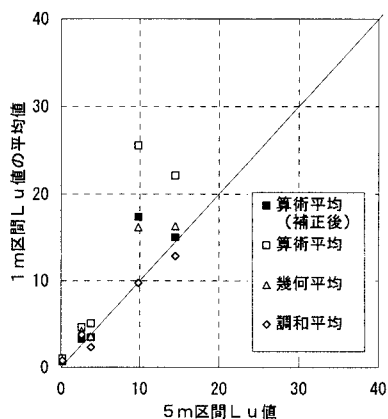
4. おわりに

亀裂性状と岩盤透水性の関係を把握するためのアプローチの一つとして、5 m区間で $L u$ 値と1 m区間ごとの $L u$ 値との比較について若干の考察を加えた。今後はさらに今回得られた知見を生かしてボアホールテレビ調査結果の評価を行っていく予定であるが、ボアホールテレビによって得る亀裂情報についても、単に孔内の亀裂情報（亀裂分布や開口幅）のみならず、亀裂の空間的な連続性やネットワークといったものを加味することが必要となると考えられる。

（参考文献）小島他(1983)：地質分離面の分布・性状と透水性－花崗岩の例－，第15回岩盤力学に関するシンポジウム，pp. 11-15.



図－1 透水性の平均値のモデル



図－2 5 m区間 $L u$ 値と1 m区間 $L u$ 値の平均値の関係