

1. はじめに

これまでに著者らは、節理性岩盤を対象としたグラウト充填メカニズムに関して、節理面内流路の任意の点に吸着し、その点を核として成長することによって閉塞・充填に至る過程を表現する2次元沈降モデルを提案している¹⁾。このモデルは、グラウト注入量を Q_c 、注入時間を t 、初期注入量を α 、沈降係数を β とすれば、次のように示される。

$$Q_c = \alpha \exp(-\beta t^2) \quad (1)$$

本検討では、まず、(1)式を実際のグラウチング現場施工データに適用し、そのあてはめ結果を統計学的に評価することによって、注入時間を短縮するための注入条件を考察する。次に、これまでに得られた知見¹⁾²⁾に工学的判断を加えて検討し、効率性と品質を重視したグラウト注入工法を提案する。最後に、提案注入工法に従って実施した現場実証実験結果を評価することによって、提案注入工法の実施工への適用性を検討する。

2. 現場グラウチング施工データの統計学的検討による最適注入条件の選定

(1) 検討に用いる現場グラウチング施工データ

検討に用いたのは、現在施工中のOダムにおける7229回分のグラウチング現場施工データである。

(2) 初期注入量および沈降係数と注入時間との関係

ここでは、まず、モデルにおける2つのパラメータである α 、 β と注入時間等との関係について検討した結果、初期注入量と注入時間との間には明瞭な関係が認められず、このことから注入時間は初期注入量には支配されないこと、また、沈降係数と注入時間との間には明瞭な負の相関が認められ、このことから沈降係数が大きければ注入時間が短くなることが判明した。

(3) 初期注入量および沈降係数の推定

ルジオン値・注入圧力・配合（動粘性係数）から2つのパラメータである α 、 β を推定することは、グラウト注入を制御することと同等な意味を持つ。一般に、岩盤節理内流路におけるグラウトミルク流が1次元流で層流の場合ダルシー則が適用され、グラウト注入量は、ルジオン値 Lu と注入圧力 P に比例し、動粘性係数 ν に反比例することになり、次の関係が成立するものと考えられる。

$$Q_c \propto Lu \frac{P}{\nu} \quad (2)$$

図1は、 $Lu \cdot P / \nu$ と α との関係を示す散布図であるが、本図をみると $Lu \cdot P / \nu$ と α の間には比較的高い相関が認められる。ルジオン値は、水押し試験によってグラウチング前に得られているのが一般的であることから、注入圧力と配合を設定することによって初期注入量を、ある程度制御できることがわかる。一方図2は、 $P / (\nu \cdot Lu)$ の区間平均と、これに対応する β の平均値との関係を示したものである。図中の曲線は、2次式を回帰モデルとする最小2乗法による回帰曲線であり、極めて高い相関を示している。これは、 $P / (\nu \cdot Lu)$ をある値に近づけることによって、 β を平均的に大きくすることができる、すなわち、注入時間を短縮可能であることを示している。ここで、注入時間を短縮することは、十分な改良効果を得ることを前提として、効率的グラウチングのための必要条件であると考えられる。

3. HTLP工法の提案

上記検討結果に加え、次に示す知見を加味し、効率性および品質を重視したグラウト注入工法を表-1に提案する。

キーワード：グラウチング、ルジオン値、注入圧力、注入時間、動粘性係数

連絡先：青山機工基礎工事部 TEL.03 - 3408 - 0442、ハザマ国際事業統括支店 03 - 3405 - 7017

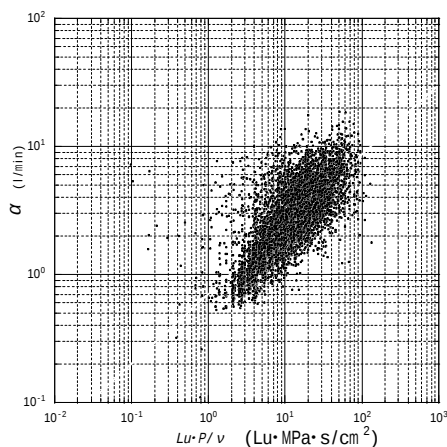


図 - 1 $Lu \cdot P / v$ と α との関係

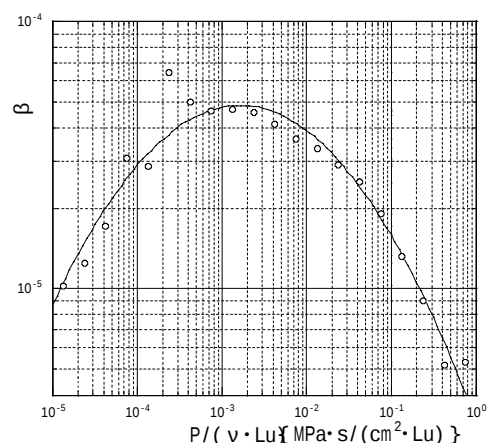


図 - 2 $P / (v \cdot Lu)$ と β の関係

- (1) 注入圧力は、注入時間短縮やグラウトの到達距離等を考慮し、ルジオン値別に 0.1～0.3MPa の間で選定する。
- (2) グラウト配合は、グラウタビリティ・ブリージング等を考慮し、ルジオン値別に W/C=1～4 の間で選定する。
- (3) グラウトミルクの流況を考慮し、最大流量制限を 26.8～70.0 ℓ/min の間で設ける。

表 - 1 提案注入工法と従来型注入基準

ルジオン値	注入条件	提案注入工法	〇ダム注入基準
0 Lu 2	注入圧力(MPa)	0.1～0.3	0.3
	配合(W/C)	4	10
	最大流量(ℓ/min)	26.8	20
2 < Lu 5	注入圧力(MPa)	0.1～0.3	0.3
	配合(W/C)	2	10
	最大流量(ℓ/min)	36.9	20
5 < Lu 10	注入圧力(MPa)	0.1～0.3	0.3
	配合(W/C)	2	10
	最大流量(ℓ/min)	36.9	20
10 < Lu 25	注入圧力(MPa)	0.3	0.3
	配合(W/C)	2	8
	最大流量(ℓ/min)	36.9	20
25 < Lu	注入圧力(MPa)	0.3	0.3
	配合(W/C)	2～1	6
	最大流量(ℓ/min)	36.9～70.0	20
注入完了基準(ℓ/min/m)		0.1～0.2に減少直後	0.1～0.2に減少後

なお、参考のため、従来型の工法として、〇ダム注入基準を併載する。本表をみると、提案注入工法は〇ダム基準と比べ、高濃度 - 低圧型ということができ、以降、本工法によって実施するグラウチングを、HTLP工法（高濃度 - 低圧型グラウチング工法; High Thickness - Low Pressure Grouting Method; HTLP工法と略称）と呼ぶことにする。

4．現場実証実験による検討

現場実証実験は、同様の岩盤条件を有する箇所において、HTLP工法と従来型工法による比較注入実験方式とし、カーテングラウチングタイプとコンソリデーショングラウチングタイプの2種類で行った。実験の結果、HTLP工法は従来型工法と比較して、遮水性の改良度・注入効率・注入時間・力学特性の改良度のいずれについても優れていることが判明し、実施工への適用性が検証された。

5．おわりに

本研究においては、効率かつ高品質なグラウト注入工法の構築を目的とし、いくつかの検討を行った。その結果、従来型のグラウト注入工法に比べて改良度の優れたHTLP工法を提案するに至った。今後は、臨床実験を重ねることで、本工法の実施工への適用性をさらに高めていく所存である。

<参考文献> 1) 武藤光ほか：節理内流路を模擬した透明管供試体によるグラウト充填メカニズムの実験的研究,ダム工学,Vol.9, No.1, pp.29-38,1999 2) 武藤光ほか：高濃度-低圧型グラウチング工法（HTLP工法）の提案と検証,ダム工学,Vol.9, No.3, pp.201-214,1999