

VI-46

地山状況を考慮した最適発破設計法について

鹿島建設技術研究所

正会員

塩釜幸弘

広野進

正会員

村川浩一

青木謙治

1. はじめに

山岳トンネルの掘削において周辺への振動公害、周辺岩盤の損傷防止のため各種無発破工法の開発が進められているが、中硬岩～硬岩においては発破工法が経済的な優位性から現状では最も広く用いられている。しかしながら最近、原油、LPG岩盤タンクなどの二次覆工を有しないトンネル、地下空洞に対するニーズが高まっており、発破掘削に際しては周辺岩盤の損傷を極力防ぐとともに余掘量の少ない平滑な断面に仕上げることを要求される。そこで本報文では主として比較的亀裂の多い硬岩のトンネルを対象に壁面の平滑度を高めるための発破パターンの設計法について検討した結果を報告する。

2. 発破パターン設計システム

本来、芯抜き形状、発破孔配置及び爆薬量などの発破パターンは、岩盤の硬さ、割れ目状況等の地山の状況を総合的に判断して決定されるべきものであり、適正な発破掘削を行うには地山状況の変化に対応して発破パターンを観測修正して行くことが重要と考えられる。

筆者らは現在、発破パターンを設定し、現場で容易かつ迅速に観測修正が行える発破設計システムの開発を実施中である。

今回実施した現場実験では図-1に示すように、切羽観察に基づく地山分類別に標準発破パターンを設定し、削孔位置を把握するために切羽の写真を撮影し、発破後のみ跡・孔尻の残存状況の観察や断面測定及び最大・最小ずり径と飛散状況を観察して、発破効果を判定した。これらの結果から削孔配置及び爆薬量の適否を検討し、当現場により適した発破パターンを見出していこうとするものである。

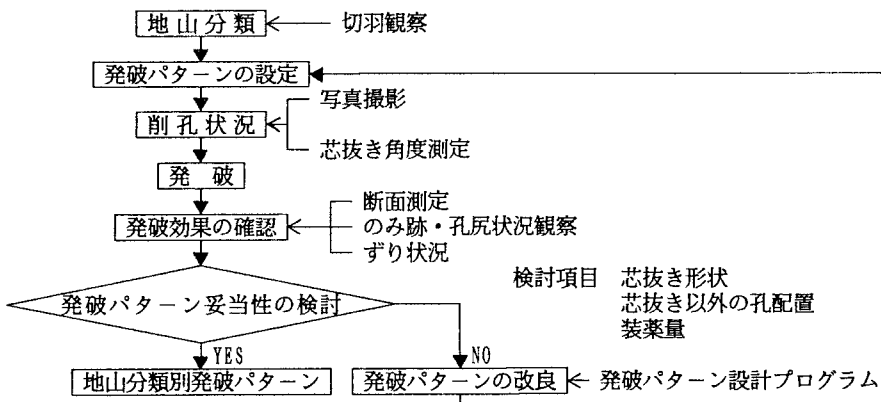


図-1 発破パターン設計システムのフロー

発破パターンの改良には、筆者らがパソコンベースで開発した発破パターン設計プログラムを使用した。このプログラムの概略を図-2に示した。

3. 試験発破による検討結果

今回このシステムの適用性を検証するため、断面積が35㎡の中規模の断面を有するトンネルで実施した試験発破の結果について述べる。このトンネルは花崗岩からなり、岩盤そのものはかなり堅硬であるが、割れ目の発達した岩盤であるため余掘量が多かった。余掘量の少ない平滑な断面に仕上げるため、地山の性状がほぼ同一な部分を試験区間とし、単位爆薬量を変化させないで周辺孔数を増すことにより余掘量及び平滑度がどのように変化するかを検討した。

余掘量の評価に当っては、各試験発破断面をレーザーパルス反射速度測定方式の断面測定器で測定し、各試験発破での余掘面積を求め、今回実施した試験前の平均的な余掘面積で除した余掘低減率で評価した。

平滑度の評価に当っては、図-3に示すように各試験発破での最大余掘長と最小余掘長の差（D）と余掘長の標準偏差（S）の積の平方根（ $\sqrt{D \times S}$ ）及び隣り合う余掘長の差の標準偏差（SD）の2つを指標として評価した。

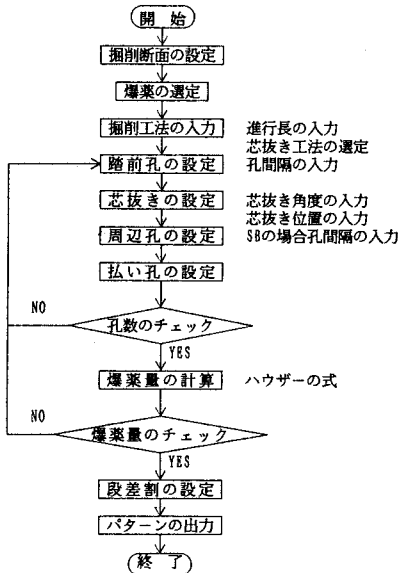
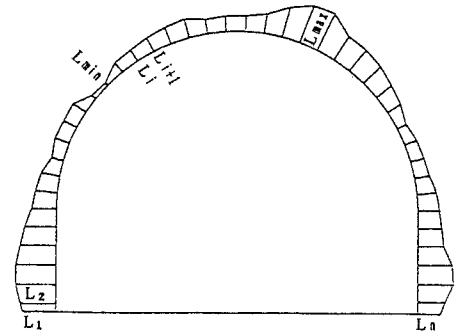


図-2 発破パターン設計プログラムの概略フロー



$$D = L_{\max} - L_{\min}$$

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum L_i^2 - n\bar{L}^2}{n}}$$

$$\overline{L_i - L_{i+1}} = \frac{\sum (L_i - L_{i+1})}{(n-1)}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (L_i - L_{i+1})^2 - (n-1) (\overline{L_i - L_{i+1}})^2}{(n-1)}}$$

図-3 平滑度評価方法

この結果は表-1に示すとおりであり、周辺孔数を増加することにより余掘面積が減少し、平滑な仕上り断面となっていくことがわかり、周辺孔をわずか2ないし8孔増やすことにより余掘面積が30～50%に改良することができた。

以上のように当システムによって数回の試験発破を行い、当該現場の地山状況に対応した最適な発破パターンが見出せるものと思われる。ここで重要なことは周辺孔を増やすとともに他の孔については逆に1孔当りの爆薬量を増やし払い孔数を減少させ全体としての施工性を低下させないことにある。

表-1 試験発破の結果

試験 番号	孔数 (孔)	平均孔間 隔 (cm)	余掘低減 率 (%)	平 滑 度		備 考
				$\sqrt{D \times S}$	SD	
1	21	67.4	(100)	375	100	試験発破前、普通発破
2	22	64.2	72	392	94	普通発破
3	23	58.4	30	289	63	普通発破
4	27	50.8	51	261	85	SB発破
5	28	51.2	29	198	71	SB発破
6	28	48.7	29	207	64	SB発破
7	29	49.3	32	197	43	SB発破

4. おわりに

今回用いた断面測定器の実用性については現在市販の装置で十分と考えるが、最適な孔配置と爆薬量を求めるのに欠かせない削孔位置の正確な記録が現場で容易に行える装置の開発が望まれる。特に予め設定した削孔パターンで精度良く削孔し、さらに削孔パターンの変更が容易に行える自動削孔機械の普及によってこのような観測修正システムをより効果的に活用されると思われる。