

全断面早期閉合適用地山における施工管理基準の設定方法

(独)土木研究所 (正) ○ 角湯 克典

国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所 森本 智

1. 目的

山岳トンネルの掘削時における坑内変位抑制等を目的として、補助ベンチ付き全断面掘削工法による早期閉合（以降、「早期閉合」という）を適用する事例が増加してきている。早期閉合は切羽付近で支保工により断面を閉合することから、支保工に大きな荷重が作用し、比較的小さな坑内変位においても支保工に変状が発生することが経験的に知られている。このため、限界ひずみ¹⁾により管理基準値を設定すると、管理基準値に達する前に支保工に変状が発生することが想定され、支保工の耐久性や地山の安定性の面から問題がある。本稿では、早期閉合を適用した場合における管理基準値の設定方法とその留意点について考察する。

2. 管理基準値設定にあたっての基本的な考え方

一般にトンネル施工において、地山の安定性を評価する指標として限界ひずみを用いて施工管理がされることが多い。これは、「限界ひずみと一軸圧縮強度の関係図」(図-1)と室内試験の結果から得られた岩石の一軸圧縮強度から限界ひずみを求め、それにトンネルの半径を乗じて限界ひずみに対応する坑内変位を算出し、その値を上回らないように施工管理を行うという考え方である。この考え方に従えば、限界ひずみと一軸圧縮強度の関係図が右下がりの線となることから、早期閉合を適用するような脆弱な地山では、非常に大きな坑内変位を許容することになってしまう。

一方筆者らは、早期閉合が必要となる地山においては、地山の一軸圧縮強度より推定される限界ひずみより、吹付けコンクリートに変状が発生するときの地山のひずみの方が小さくなることを既往の施工実績より説明した²⁾。このことから、早期閉合を適用する場合には、地山の一軸圧縮強度から推定される限界ひずみと吹付けコンクリートに変状が発生するときの地山のひずみを比較考量した上で管理基準値を設定する必要がある。また早期閉合が必要となる地山においては、限界ひずみより、吹付けコンクリートに変状が発生するときの地山のひずみの方が小さくなるため、吹付けコンクリートにひび割れが発生しても地山は安定している。このことから、早期閉合は地山を緩めず、地山の持つ強度を最大限活用できる合理的な工法であると言える。

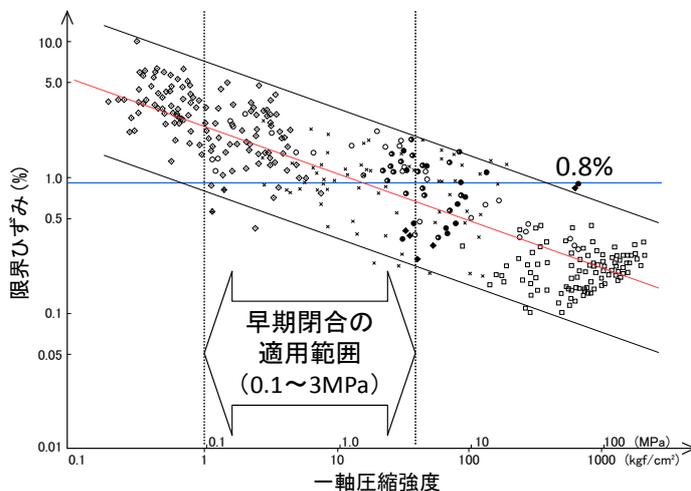


図-1 限界ひずみと一軸圧縮強度の関係図

3. 管理基準値の設定方法と留意点

早期閉合を適用する場合の管理基準値の設定方法を図-2 に示す。ここで、図-2 のフロー上において、1)吹付けコンクリートにひび割れ等の変状が発生する坑内変位を如何に設定するか、2)早期閉合の仕様変更の考え方と、変更を行った場合管理基準値の再設定が必要か、必要ならどのように設定するかが課題となる。

第一については、これまでの施工実績から D I 地山においては 40mm 程度の変位が発生すれば吹付けコン

キーワード 早期閉合, 限界ひずみ, 管理基準値, 坑内変位, 仕様変更
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 道路技術研究グループ TEL029-879-6791

クリートにひび割れ等の変状が発生する頻度が高くなる(80%程度で発生)³⁾ことから、これをひび割れ発生時の坑内変位として用いることが考えられる。しかしながら、早期閉合は切羽付近で支保工により断面を閉合するため、坑内変位が抑制されるかわりに支保工に大きな荷重が作用する(図-3参照)。このためこれまでの施工実績を適用するのは適切ではない。また、七尾トンネルでは、早期閉合区間においては天端沈下30mm以上、もしくは、内空変位60mm以上を目安として、吹付けコンクリートにひび割れが発生した²⁾。これらのことから早期閉合において支保工を健全な状態に維持するためには、対象トンネルの上半先進ベンチカット工法で施工した区間における吹付けコンクリートひび割れ発生時の坑内変位より小さな値を早期閉合区間におけるひび割れが発生する坑内変位として設定する必要があると考えられる。

第二の仕様変更(例えば、高強度吹付け等の採用)の考え方については、筆者らが七尾トンネルにおいて考え方の一例を示している⁴⁾。管理基準値の再設定については、例えば高強度吹付けコンクリートを採用した場合、強度は従来の吹付けコンクリートが18N/mm²であるのに対し、36N/mm²となるが、強度の増加に応じてヤング係数も増大するため、同じ坑内変位が発生すれば、ヤング係数に応じた応力が吹付けコンクリートに発生することを勘案すれば、仕様変更を行った場合においても管理基準値の再設定を行う必要はないと考えられる。

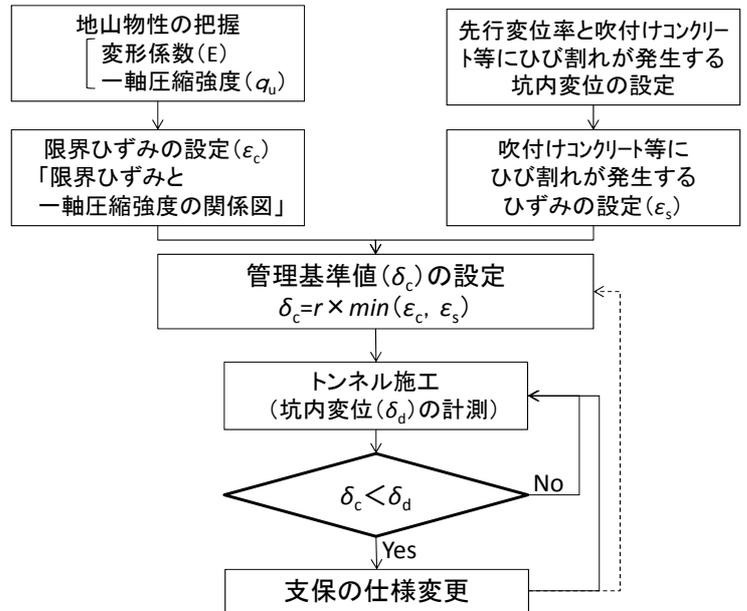


図-2 管理基準値の設定手順

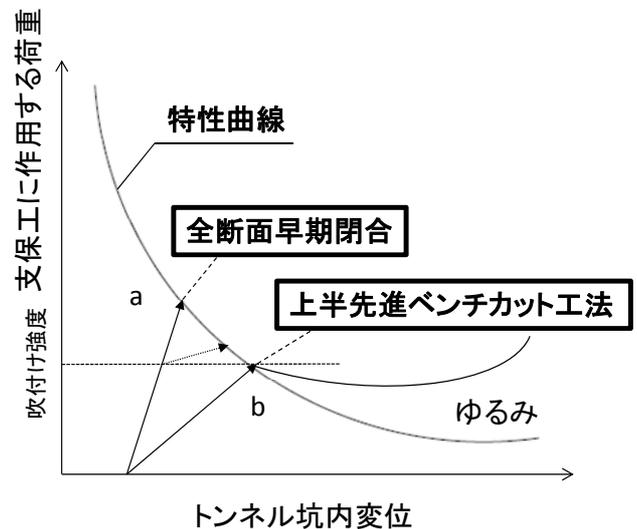


図-3 支保工に作用する荷重の比較概念図

4. おわりに

本稿においては、早期閉合を適用した場合における管理基準値の設定方法について考察した。筆者らが関係した七尾トンネルについては、ここで提案した方法をベースに施工管理を行った結果、良好な施工結果が得られた。今後は、切羽からどの程度の離れで閉合するのが合理的であるか、インバートの半径を小さくすることの効果など、早期閉合の残された仕様についての検討を行ってまいりたい。

- 1) 櫻井春輔：トンネル工事における変位計測結果の評価法，土木学会論文集，第317号，1982.1
- 2) 角湯克典，大谷達彦，鬼頭夏樹，明石健：全断面早期閉合適用時の管理基準値に関する一考察，土木学会第67回年次学術講演会，第Ⅲ部門，2012。(投稿中)
- 3) (社)日本道路協会，道路トンネル観察・計測指針(平成21年改訂版)，平成21年2月
- 4) 角湯克典，柳川磨彦，鬼頭夏樹，大谷達彦：地山状況の変化に対応し全断面早期閉合の仕様を設定，トンネルと地下，第42巻4号，2011.4