

全断面早期閉合適用時の管理基準値に関する一考察

土木研究所 (正)角湯克典

西松建設(株) (正)○大谷達彦, (正)鬼頭夏樹

(正)明石健

1. はじめに

近年, 山岳トンネル掘削時の変形抑制を目的として, 補助ベンチ付き全断面掘削工法による早期閉合(以降, 全断面早期閉合と称す)の適用事例が増加している. ところが, 全断面早期閉合に関わる支保効果のメカニズムは解明されておらず, 全断面早期閉合を適用するときの管理基準値の考え方についても確立されているとは言えない. このような段階にあることから, 本報告では, 全断面早期閉合を実際に適用した七尾トンネルの施工実績を整理して, より適切な管理基準値の考え方について考察を行う.

2. 管理基準値設定にあたっての留意点

七尾トンネルにおける全断面早期閉合の適用実績の詳細については, 既出の論文に譲る^{1,2)}. ここでは, 当該トンネルの全断面早期閉合区間で発生した吹付けコンクリートのひび割れ状況を図-1 に示す. この図より, 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ことがわかる.

また, 七尾トンネルの施工実績より, 全断面早期閉合適用時には, 支保工が大きな荷重を負担することを確認している²⁾. これは, 図-2 の支保工特性曲線の a に示すように, 支保工が大きな荷重を負担することによって, トンネル坑内変位を抑制しているものと考えられる. 一方で, この図は支保工の強度が低下した場合には, トンネルの変形が増加することを示している. 吹付けコンクリートにひび割れが発生すると, 支保工が負担できる荷重が減少する. そのとき, 支保工は, 図-2 の a から b の状態に近づきトンネル坑内変位は増加し, 地山の安定性も損なわれる. したがって, 全断面早期閉合の変形抑制効果を十分に発揮させるためには, 支保工を健全な状態に維持することが重要であると考えられる.

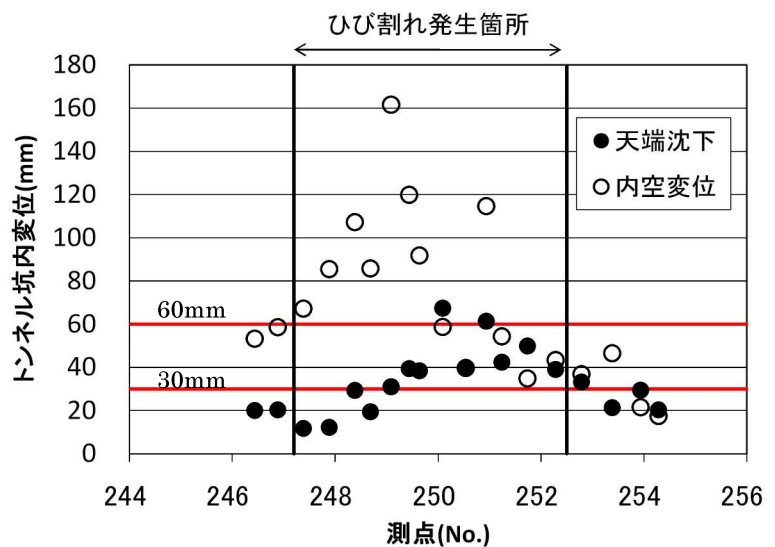


図-1 吹付けコンクリートのひび割れ発生状況

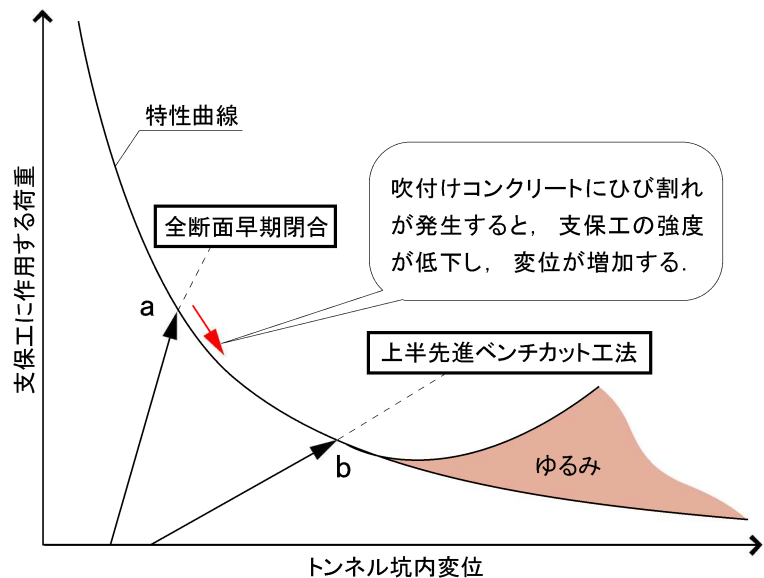


図-2 全断面早期閉合の支保効果に関わる概念図

キーワード 早期閉合, 山岳トンネル, 限界ひずみ, 坑内変位, 管理基準値

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1丁目20番10号 西松建設(株) 土木設計部 TEL 03-3502-7637

3. 吹付けコンクリートひび割れ発生時のひずみの解釈

吹付けコンクリートにひび割れが発生したときのひずみ ε を式(1)のように概算し、地山の安定性評価の基準値である「限界ひずみと一軸圧縮強度の関係図」³⁾に加筆した。ここでは、図-3に示す帯中央の限界ひずみ(赤線)を採用し、吹付けコンクリートにひび割れが発生したときのひずみ 0.8%(青線)と比較した。

$$\varepsilon = \delta / r \times 1 / (1 - \alpha) \times 100 = 30 / 6000 \times 1 / (1 - 0.4) \times 100 = 0.8\% \quad (1)$$

ここに、 δ ：七尾トンネルにおける吹付けコンクリートひび割れ発生時のトンネル壁面変位(=30mm)

r ：七尾トンネルのトンネル半径(=6000mm)

α ：トンネル先行変位(40%とする)

また、既往の施工実績を調査したところ、全断面早期閉合は、概ね一軸圧縮強度 0.1~3MPa の地山に適用されていることがわかった。この一軸圧縮強度の範囲を図中にあわせて示した。

この図より、全断面早期閉合が必要となるような地山では、限界ひずみよりも、吹付けコンクリートにひび割れが発生したときのひずみの方が小さいことがわかる。これは、全断面早期閉合では、吹付けコンクリートにひび割れが発生しても、その時点では地山が安定した状態であることを示している。つまり、全断面早期閉合は、ひび割れ発生後に迅速な対策を実施すれば、地山を緩めず、地山の強度を最大限に活用できる合理的な工法であるといえることができる。

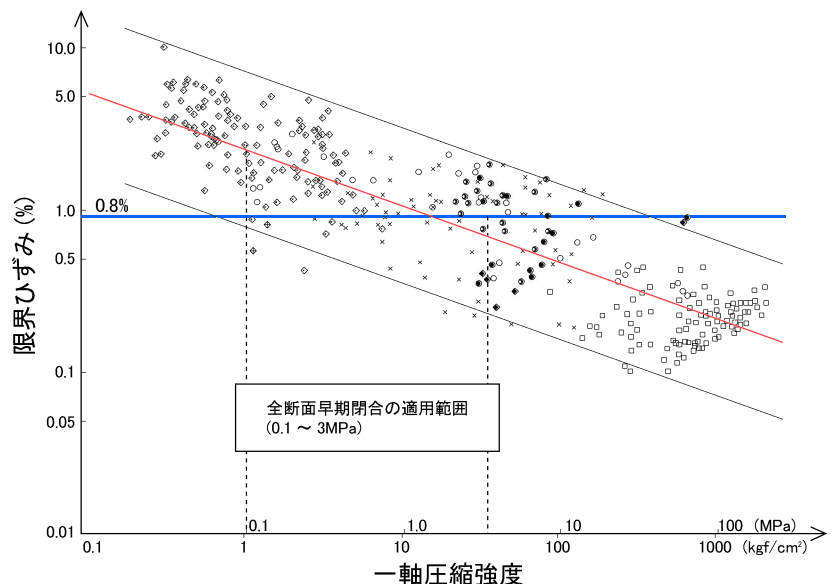


図-3 限界ひずみと一軸圧縮強度の関係図

4. おわりに

全断面早期閉合では、確実に変位抑制効果を発揮させるために、支保工を健全な状態に維持することが重要であると考察する。そのために、地山の安定性に加えて、支保工の安定性を考慮して、管理基準値を設定することが必要である。七尾トンネルの実績から、吹付けコンクリートのひび割れ防止に着目した管理基準値を設定するとともに、仮に吹付けコンクリートにひび割れが発生した場合でも、迅速な対策を実施できる体制を整えておくことが重要であると考ええる。

今後は種々の施工実績を踏まえ、さらに合理的な全断面早期閉合の管理基準値の考え方などについて検討を行っていくつもりである。

謝辞 本研究に関して助言を頂きました山口大学 進士正人教授に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) たとえば、鬼頭夏樹，角湯克典，柳川磨彦，明石健，大谷達彦：計測データに基づく全断面早期閉合の効果に関する一考察，トンネル工学報告集第 19 巻，2009.11.
- 2) 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.
- 3) 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.