

山岳トンネルにおける生産性向上事例の報告

大成建設株式会社 九州支店 正会員 ○福島淳平 文村賢一 浅井伸弘 吉山友太
大成建設株式会社 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 白井達哉

1. はじめに

本報は、大分 212 号跡田トンネル(東工区)新設工事におけるトンネル掘削支保工の施工データに基づき、山岳トンネル工法における生産性向上事例について紹介するものである。

一般的に生産性向上は工期短縮を目的としており、繰り返し作業(以下、サイクル)で施工を進める山岳トンネル工事では、生産性向上によるサイクルタイムの短縮が工程短縮に直結する。これまで山岳トンネルにおける生産性向上の取組については、施工機械の大型化や特殊材料の使用など、掘削工やズリ出し工に関する報告が多く、吹付けコンクリート工をはじめとする支保工に関する生産性向上の報告は少ない。本報では、既報告¹⁾である吹付けコンクリート工の生産性向上手法と金網設置工の改善によって生産性向上を図った事例を報告する。

2. 生産性向上手法

2.1 吹付けコンクリート工の生産性向上手法

吹付けコンクリート工の生産性向上を以下に定義する。式(1)に基づき、吹付けコンクリート工の生産性は、時間の単位で表すものとする。

$$\text{吹付けコンクリート工の生産性 (施工時間)} = \frac{\text{施工数量(m}^3\text{)}}{\text{施工能力(m}^3\text{/時間)}} \quad (1)$$

式(1)より、吹付けコンクリート工の生産性向上には、施工能力を増加させる、または施工数量を減少させる2つの方法が考えられる。

(1) 施工能力を増加させる方法

吹付けコンクリート吐出量増大手法¹⁾により、スランプ(スランプフロー)の大きさを最適化し、はね返りを大きくすることなく吐出量を増加させることで単位時間当りの吹付けコンクリート工の施工数量を増加させた。

(2) 施工数量を低減させる方法

施工数量を低減させるためには、吹付けコンクリートのはね返り率を小さくする必要がある。当作業所では、吹付けコンクリートのはね返りは吹付けコンクリートと地山が衝突する際に生じる材料分離が主要因であると想定した。

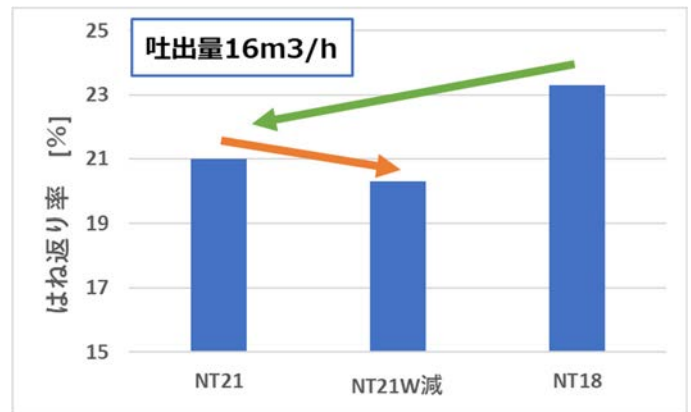


図-1 はね返り率試験の結果

表-1 はね返り試験における吹付けコンクリートのベースコンクリート配合

記号	強度 [N/mm ²]	W/B [%]	SL [cm]	SF [mm]	s/a [%]	Unit [kg/m ³]					
						W	C	FA	S	G	Ad
NT21	18	57.5	21	480~500	59	207	288	121	928	729	B×0.6
NT21W減	18	56.1	21	460~480	60	202	288	122	955	718	B×0.8
NT18	18	57.5	18	450~480	59	207	288	121	928	729	B×0.4

※FAはセメントの20%置換, Sの5%を置換

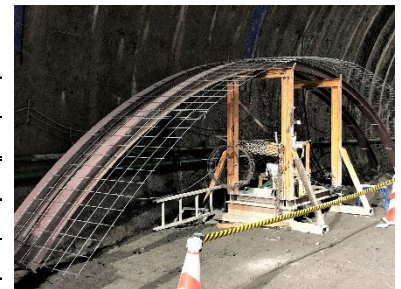


写真-1 金網ユニット化

キーワード：吹付けコンクリート、スランプ最適化、材料分離抵抗性、生産性向上、はね返り率

連絡先：〒871-0311 大分県中津市本耶馬溪町跡田字北代 233-1 大成・森本特定建設工事共同企業体

そこで、吹付けコンクリートの材料分離抵抗性を高めるために、はね返り率を低減できる配合を検討した。具体的には、粘性が高いほど、はね返り率が小さくなると考え、基準配合となる NT21 に対して、単位水量を減らした配合、高性能減水剤を減じた NT18 の各配合ではね返り率を測定した(表-1)。なお、はね返り率の測定時の吹付けコンクリート吐出量は $16\text{m}^3/\text{h}$ とした。図-1 にはね返り率の測定結果を示す。[NT21]と[NT18]ではスランブの大きい[NT21]の方がはね返り率が小さい。また、[NT21]と[NT21W 減]の同一スランブにおける比較では、単位水量を減少させ、高性能減水剤を増加した配合の方がはね返り率が低減された。ベースコンクリートの粘性が増加することで、吹付けコンクリートが地山に衝突した際の材料分離抵抗性が向上したことが要因として考えられる。

2.2 金網設置工の改善

従来の吹付けコンクリート工における金網設置作業は、鋼製支保工設置後に支保工間に金網を設置しており、国交省土木工事標準積算基準書では 20 分の作業時間が設定されている。この金網設置作業について、事前に金網を鋼製支保工に取り付けユニット化する方法(写真-1)で、サイクルタイムの短縮を図った。

3. 山岳トンネル工法の生産性向上結果

図-2 は、全長 1093m トンネル掘削完了時の施工データである。縦軸は吹付けコンクリートロス率、横軸は坑トンネル掘削位置(坑口からの距離)を示している。図上の C II, D I は掘削支保パターンを示している。なお、コンクリート吐出量については、C II 区間で試行した配合変更①の吹付けコンクリート吐出量増大手法により、D I 区間では標準的な $12\text{m}^3/\text{h}$ から平均 $16\text{m}^3/\text{h}$ に増加させて施工した。

D I 区間に着目すると、当初ロス率は、国土交通省土木工事標準積算基準書で定めるロス率 2.1 に比べて大きかったものの、配合変更②以降は徐々にロス率が低下し、900m以降では、ロス率 2.1 を下回っている。つまり、施工能力を増大させつつ、同時に施工数量を低減できており、吹付けコンクリートの生産性向上が図れている。この効果により、吹付け作業でサイクルタイムが 32 分短縮するとともに、金網のユニット化によりサイクルタイムを 15 分短縮した。1 サイクル当たり 47 分短縮してサイクルタイムを改善し、生産性向上を達成した。

4. まとめ、今後の展望

本報では、ベースコンクリートのスランブの最適化、水平換算距離の低減、金網のユニット化により吹付けコンクリートのサイクルタイムを短縮した生産性向上事例を報告した。今後は既存の技術の改善に加えて、自動化・少人化に向けた施工機械の開発等の技術的課題に取り組む必要がある。

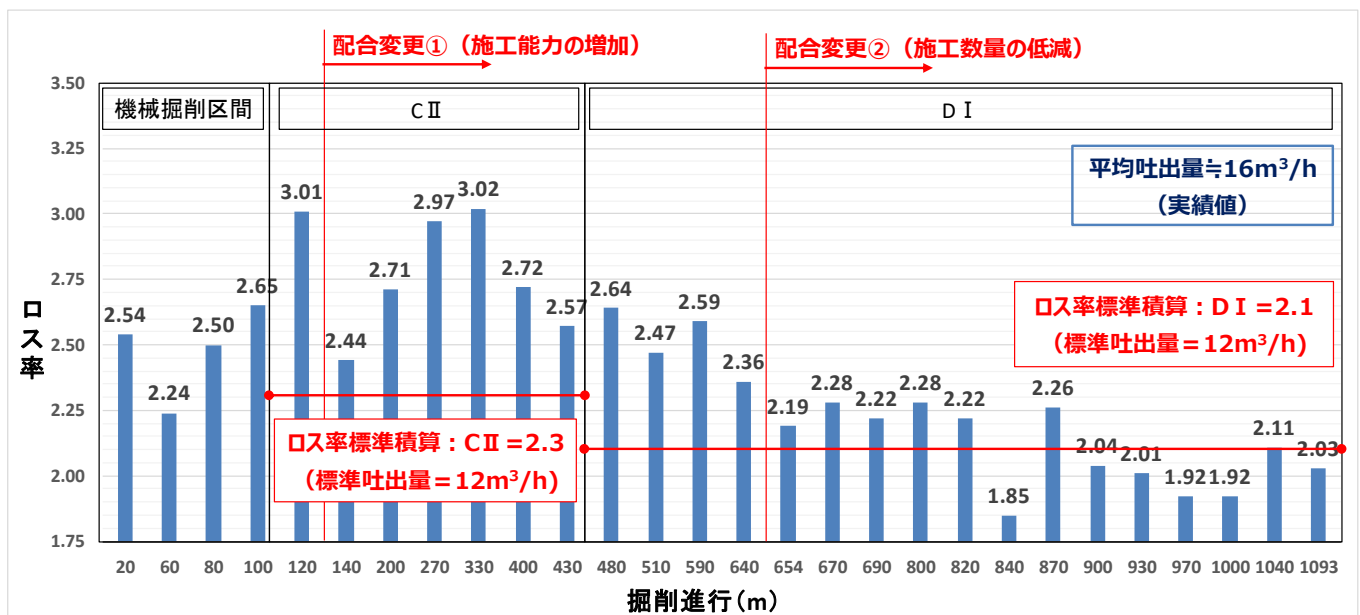


図-2 掘削進行毎のロス率の推移

参考文献

- 1) 福島淳平他、管内圧力損失に着目した吹付けコンクリートの生産性向上事例、土木学会、年次学術講演会、2021.9