長大トンネルにおける急速施工の取組みについて

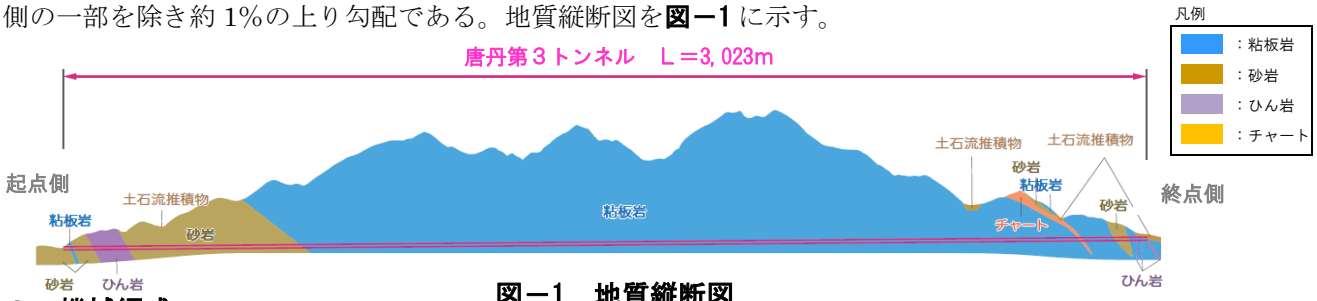
鹿島建設(株)　正会員　○竹市篤史　新岡尚幸　佐藤崇洋　橋本　基　中嶋翔平　月崎良一

１．はじめに

国道 45 号　唐丹第３トンネル工事は、東日本大震災からの復興リーディングプロジェクトである三陸沿岸道路の一部で、延長 L=3,023m、幅員 W=12.0m、内空断面積 94.9 ㎡の長大トンネル工事である。掘削延長が 3,000 mを超す長大トンネルの片押し施工であるため、機械編成、材料、施工方法を見直した掘削の急速施工による合理化を実施した。その結果、当初掘削計画での片押し掘削（47 ヶ月）に対して、現在 27 ヶ月完了時点で、残り 66mと 15 ヶ月以上掘削期間を短縮した成果が得られているため、その内容および実績について報告する。

２．地質

唐丹第３トンネルの地質は、中生代ジュラ紀釜石層の粘板岩・砂岩主体で、支保パターンは、ＣＩパターンが 85%以上を占め、湧水も少なく、比較的安定した状態である。また、掘削断面積は約 115 ㎡で、掘削勾配は終点側の一部を除き約 1%の上り勾配である。地質縦断図を**図－1** に示す。



図－1　地質縦断図

３．機械編成

長大トンネルの急速施工を実現するにあたり、全体の 85%を占める ＣＩパターンに着目し、①断面や施工条件に応じた大型機械の採用、②1 台の機械の故障で現場が停止しない、③作業員の負担軽減を念頭に、各サイクルにおいて、大断面に適した大型で複数の機械を選定した。**表－1** に現場で採用した機械仕様一覧を示す。

表－1　機械編成

施工内容	現場採用機械仕様 ※赤字は標準積算と相違箇所
穿孔	ドリルジャンボ：2B2B 210kg級×２台
ずり出し(集積・積込み)	ホイールローダ：3.1㎥級×１台
ずり出し（積込み）	ローディングショベル：3.5㎥級×１台
ずり出し（運搬）	オフロードダンプトラック：30t積
吹付コンクリート	エレクタ付２ノズル吹付機×１台
ロックボルト	ドリルジャンボ：2B2B 210kg級×２台

3.1　削孔・装薬・発破、ロックボルト

削孔・装薬・発破は、削孔能力とそのドリフタの数だけでなく、正確な削孔と効率的な発破も重要となる。そこで、削孔機は２ブーム２バスケット、ドリフタ能力 210kg 級のドリルジャンボを２台採用（**写真－1**）し、爆薬は粒状含水爆薬、装薬方法は機械装填式（**写真－2**）とした。また、掘削精度向上を目的としてグリーンレーザー２台による正確な外周孔照射、発破効率向上を目的として差角制御システム [1] による正確な削孔誘導を実施した。ロックボルトは、変位が少ないことからキーブロックによる抜け落ち対策として、良質な地山の ＣＩパターンに限り、上部 120° 範囲に GFRP ボルトを採用した（設計 12ｔ耐力に対して 18ｔ耐力）。GFRP ボルトは、重量が約 1/4（3.6 kg/本）となるため、４ｍもの長い重量物をジャンボのマンゲージ上で取り扱うことが無くなり、作業性・安全性が向上し、サイクル向上にも寄与した。

3.2　ずり出し

ずり出しは、積込み能力と機械の入替え等のロスタイムをいかに軽減するかが重要となる。そこで、積込み機械は、ローディングショベル 3.5 ㎥とホイールローダ 3.1 ㎥の併用積込み（**写真－3**）とした。これにより、ホ

キーワード　長大トンネル、急速施工、２ノズル吹付機、機械装填、GFRP ボルト
連絡先　〒980-0802　仙台市青葉区二日町 1-27　鹿島建設(株)　東北支店　TEL022-261-7111

イールローダ単体の 105 ㎥/ｈに対して、2 台併用にすると 233 ㎥/ｈと 2 倍以上のサイクル短縮となった。また、ローディングショベルは、積込み時の移動が無く、揺れや振動も少ないため、オペレータが疲れにくい利点もあった。重ダンプは、トンネル坑内に加えて坑外のインターチェンジ盛土工事（坑外距離最大 800m）までの直送となるため、オフロードダンプ 30ｔ積を選択した。このダンプの運転席シートはクッション性が良く、運転中の腰への負担が少なく作業員からの評判が良好であった。ただし、今回は盛土締固め直後に走行するため、バーストが多発し、都度、路体面に細粒分を敷いて転圧するなど路盤維持管理に非常に気を配った。

3.3　吹付けコンクリート

吹付け機は、エレクタ付２ノズル式を採用した。これにより 24 ㎥/ｈの吹付けが可能となるとともに、片側のポンプが故障しても、施工が止まらない利点がある。また、急結材は、超低粉塵型のクリアショットを採用（**写真－4**）し、粉塵低減による視界良好による施工精度向上だけでなく、リバウンド低減にもつながり、サイクル短縮の一助となった。

写真－1　削孔状況

写真－2　機械装填

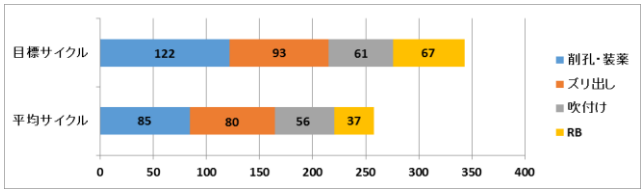
写真－3　積込み状況

写真－4　吹付け状況

４．施工実績

4.1　ＣＩパターンにおけるサイクル実績

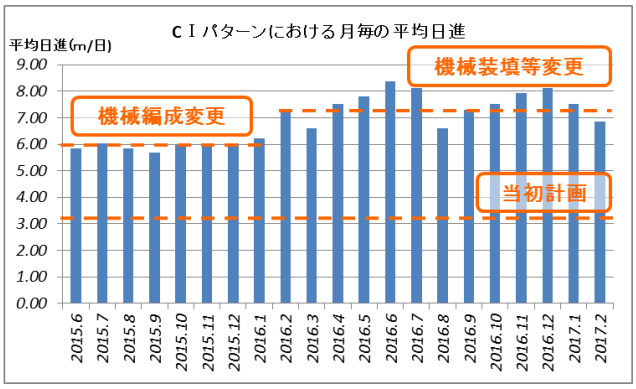
ＣＩパターンにおける当初目標サイクルと最終的（2016.2 以降）に安定した実績サイクルの比較を**図－2** に示す。全体サイクルで目標に対して 25%短縮、各サイクルでは、削孔装薬時間が 30%、ずり出しで 15%、吹付けで 10%、ロックボルトで 45%短縮することができた。



図－2　サイクルタイム比較表

4.2　ＣＩパターンにおける掘削実績

各月の平均日進を**図－3** に示す。当初は機械編成の変更で当初計画の 3.2m/日に対して 80%アップの 6.0m/日、さらに、火薬機械装填採用による作業効率の向上、差角制御システム [1] の採用による発破効率の向上で安定的に 7.0m/日以上（最大 8.4m/日）と徐々にサイクルを向上した。その結果、最大 270m/月（掘削断面積 110 ㎡以上、月進日本新記録）、４週６休時での最高 170m/月、平均 135m/月と当初目標以上の成果を得ることができた。



図－3　ＣＩパターンの各月の平均日進

５．おわりに

このたび延長約 3,000m超、110 ㎡超の長大トンネルを施工するにあたり、機械を大型化・複数化し、急速施工による施工の合理化を行った。その結果、最大月進 270m/月を達成するとともに、当初目標以上の成果を収めることができた。これらの方法が今後始まるリニア中央新幹線をはじめとした長大トンネルの参考になれば幸いである。また、これにより、復興工事の早期開通とそれに向けた我々の努力が、関係者すべての期待に応えるものとなれば幸いである。

参考文献

1）犬塚ら：発破掘削時の差角誘導システムの開発　土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集VI-192　P383-384