

国道23号蒲郡バイパスにおける非火薬破碎工法を用いた大規模岩盤切土工事について

前川 好之¹

¹中部地方整備局 名四国道事務所 工務課 (〒467-0847愛知県名古屋市瑞穂区神穂町5-3)

名四国道事務所では、国道23号蒲郡バイパスの未供用区間9.1kmを整備しており、R6年度の暫定2車線全線供用を目標に事業を進めているところである。未供用区間の名古屋側で接続している蒲郡ICで、新たなランプ道路接続及び将来期2期線施工に伴う約35,000m³の切土工事が必要であったが、「硬岩が含まれる岩盤層」「水道貯水施設の近接」「日当たり交通量約2万台の現道沿い」など施工条件が大変厳しいものであった。今回は、対象工事となる「令和4年度23号蒲郡BP清田地区道路建設工事」において実施した非火薬破碎工法について紹介する。

キーワード 国道23号蒲郡バイパス、切土、硬岩、非火薬

1. はじめに

国道23号蒲郡バイパスは、愛知県豊川市から額田郡幸田町において、並行する国道1号及び23号の交通混雑の緩和を図るとともに、臨海工業地帯とその後背地、農業地帯、都市とを機能的に結びつけ、物流の円滑化、災害に強い道路機能の確保を目的として整備している延長15.1kmの地域高規格道路である。名四国道事務所では、未供用区間となっている豊川為当ICと蒲郡IC間9.1kmを整備しており、R6年度暫定2車線供用を目標に向けて事業を進めているところである。

なお、この9.1kmが供用した際には、蒲郡バイパスだけでなく、全長72.7kmの国道23号名豊道路全線が供用することから、名古屋市と豊橋市及び接続する国道1号潮見バイパス、浜名バイパス経由で静岡県浜松市の間を信号なしで走行できる大規模バイパスが繋がることから、沿線地域の関心も高い事業となっている。(図-1参照)



図-1 名豊道路 全体図

2. 工事の概要

本工事は、供用中の蒲郡バイパス蒲郡ICにおいて、

新たなONランプ道路（Cランプ）の接続と将来Ⅱ期線施工のための切土工事（約35,000m³）を施工するものである。施工箇所は、中硬岩が含まれる岩盤層があり、蒲郡市及び愛知県管理の水道貯水施設が近接していることから、Ⅰ期線施工時にも苦慮した箇所である。今回はそのⅠ期線に隣接する形でCランプを接続させるため、日当たり交通量約2万台の現行交通の規制方法についても配慮する必要があった。これらの条件を踏まえて実施した非火薬破碎工法及び周辺対策について紹介する。

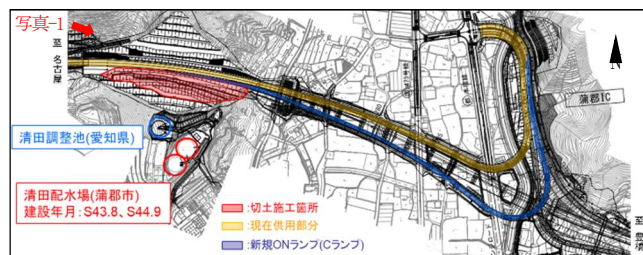


図-2 施工箇所 平面図



写真-1 施工箇所着手前（名古屋側より豊橋方面を望む）

3 施工上の課題

(1) 中硬岩を多く含む地山

当該箇所にて施工する地山の切土約35,000m³のうち、中硬岩約18,000m³、軟岩5,000m³を含む岩盤が想定されていることから、相応の破碎施工が必要であり、当初発注においても発破工法を選定した。また、将来Ⅱ期線施工時には名豊道路が全線供用していることから、交通規制による社会影響がさらに増大することが見込まれたため、今回工事で合わせて施工することとした。

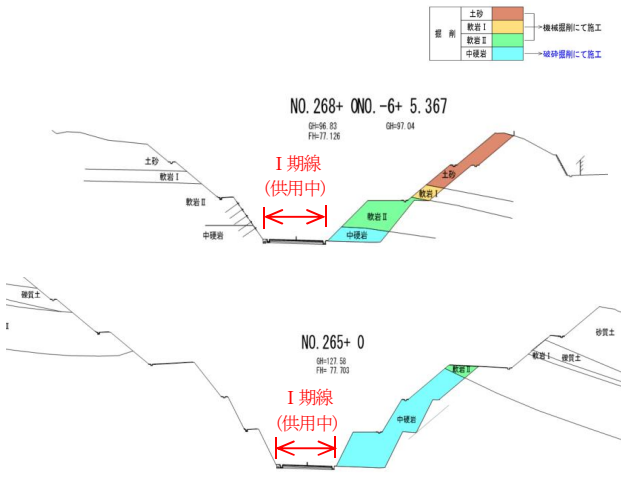


図-3 断面図

(2) 水道施設の近接

現場から約50mのところに蒲郡市水道局及び愛知県企業庁管理の水道貯水施設が近接しており、損傷を与えないよう慎重に施工する必要があった。当初は水道関連施設を補強したうえで発破工法にて施工することも検討していたが、築造後50年以上経過している施設の補強は、想定以上に多大な費用と時間を要することから現実的ではなく、水道管理者からは、施設へ極力振動を与えないよう施工時の振動を震度階1（振動値V=0.13cm/sec）¹⁾以下にするよう求められた。

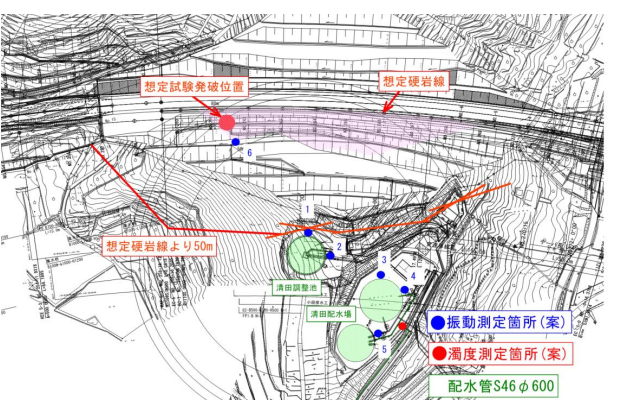


図-4 水道関連施設位置図

(3) 施工に必要な交通規制

施工箇所は、前述したとおり日当たり約2万台の交通量があるバイパス一期線に隣接しており、写真-1や図-3にも示す通り、切土箇所と一期線の離隔がほとんどない箇所となっている。破碎工法では飛石や落石のリスクがあり、車両を通行させながらの施工は膨大な仮設防護が必要となるため、長期間の全面通行止めを前提として規制方法や規制期間などの情報をどの様に利用者に周知するか検討する必要があった。

4. 非火薬破碎工法（蒸気圧破碎工法）

(1) 破碎工法の選定

H24年～H25年に一期線を掘削した際は水道管理者から、振動の規制値を震度3以下にするよう求められたことから、発破工法と非火薬破碎工法を併用して施工していた。今回の各課題に対応できる中硬岩破碎の工法を選定するため、発破工法、破碎剤による非火薬破碎工法、くさび式割岩工法、静的破碎工法から比較を行った。工法を選定する条件として、①限られた規制期間の中で施工が完了するよう日当たり施工量が300m³以上となる工法、かつ②施工時の振動が水道施設の管理値（震度階1）以内の工法の2項目を設定した。単純な施工費用は発破工法のコストが最も低いが、振動が大きいため周辺施設への対策が必須となる。くさび式割岩工法と静的破碎工法は振動はほぼ発生しないが、コストが高く日当たり施工量100m³以下と少ないため、今回のような規模の大きい掘削や施工時間が限られている工事には適していない。以上のことから、コストは発破工法より高いが、割岩工法と静的破碎工法より低く、期限内に掘削完了を見込める施工量と震度階1以下の振動に抑制できる工法として、非火薬破碎工法（蒸気圧破碎工法：ガンサイザー）を選定した。（表-1）

中硬岩破碎 工法検討		表-1 中硬岩破碎比較検討		
工法	発破工法	破碎剤工法	割岩工法	静的破碎工法
具体工法	発破工法 (爆薬・爆薬管)	蒸気圧破碎工法 (ガンサイザー)	くさび式油圧割岩工法 (スパー・ウェッジ)	静的破碎工法 (プレス・スクリュー)
工法説明	爆薬が爆発するエネルギーで岩盤を破砕	化学反応による膨張圧(蒸気圧)で岩盤を破砕	石を割るくさび工法に油圧で力を加えて岩盤を破砕	薬品と水の反応により膨張する力で時間をかけて岩盤を破砕
NETIS	KT-190005-A	KT-190005-A	TH-990071-A	TH-990071-A
概要	①爆発時、二次破砕時に若干の振動騒音が発生する ②施工量が多い。発破時の振動騒音が大きい ③発破時の許可が必要 ④発破時の許可が必要 ⑤発破時の許可が必要	①爆発時、二次破砕時に若干の振動騒音が発生する ②施工量が多い。発破時の振動騒音が大きい ③発破時の許可が必要 ④発破時の許可が必要 ⑤発破時の許可が必要	①爆発時、二次破砕時に若干の振動騒音が発生するが、割破時にはほとんど発生しない ②施工量が多い。割破時の振動騒音が大きい ③割破時の許可が必要 ④割破時の許可が必要 ⑤割破時の許可が必要	①爆発時、二次破砕時に若干の振動騒音が発生するが、割破時にはほとんど発生しない ②施工量が多い。割破時の振動騒音が大きい ③割破時の許可が必要 ④割破時の許可が必要 ⑤割破時の許可が必要
施工単価	発破工法との比較 1.0倍	発破工法との比較 8.1倍	発破工法との比較 18.4倍	発破工法との比較 26.4倍
施工量	450m ³ /日	300m ³ /日	96m ³ /日	32.7m ³ /日
許可	必要	必要	必要	必要
周辺施設への振動影響	発破時の影響は最大 振動値 V=0.39cm/sec (震度階1 V=0.13cm/sec以下)	振動はあるが多量により低減が可能 振動値 V=0.09cm/sec (震度階1 V=0.13cm/sec以下)	影響は小さい	影響は小さい
周辺施設への騒音影響	発破時の影響は大きい	発破時、破砕時に音は出るが一般工事程度	発破時、破砕時に音は出るが一般工事程度	発破時、破砕時に音は出るが一般工事程度
運用	○	○	○	○

(2) 蒸気圧破碎工法による施工計画

選定した蒸気圧破碎工法ガンサイザーの特徴としては、施工を行う前に独自講習が必要ではあるが、非火薬なので火薬類取締法の許可が不要であること、破碎薬の熱分解時に発生する水蒸気圧によって瞬時に低振動で破碎できる点があげられる。また、ガンサイザーは段発数の調

整が可能で、1回の破碎に時間差を作ることによって振動を分散させ、大きな振動を抑制できることも特徴となっている。

1回あたりの作業手順は図-5に示すとおりで、本工事では1日2回の破碎を行うため、装薬するための穿孔については2台のクローラードリルにて施工した。試験施工では段発数を15段に設定し、破碎時の水道施設への影響がないことを確認した。その後の基本施工については、試験施工の結果を基に、岩盤の硬さや振動の状況に応じて1回あたりの段発数を20段～60段の間で調整して施工した。

なお、ガンサイザーによる破碎後の岩砕については、搬出可能なサイズになるまで大型ブレイカーによる二次破碎を行い、盛土材として蒲郡バイパス内で利用した。

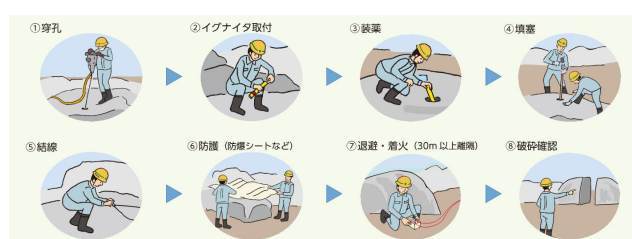


図-5 ガンサイザー 施工手順



写真-2 施工状況

(3) 実際の施工状況

上部から順調に破碎を行っていたが、通行止め解除1か月前から日当たり施工量を確保できなくなり、規制解除に向けた仮設撤去や道路復旧期間も必要であったことから、約1,400m³の掘削を残したところで通行止め規制を解除することとなった。（写真-3）原因としては、中硬岩の硬度が後半に高くなったこと、床付けに近付くことで膨張した際の破碎片が逃げる場所が減少するため、クラックが入りづらい状況になったことが考えられる。一方で、掘削箇所が狭くなってきたことから施工班の増員も困難であった。なお、Ⅱ期線施工時に再度破碎が必要となるが、Ⅰ期線との離隔もあり仮設防護柵等の対策も行えることから長期間の規制なしで施工可能となる範囲

まで完了することができた。



写真-3 規制解除前（名古屋側より豊橋側を望む）

5 施工上の取り組み

(1) 施工時の管理

発破工法よりも振動を抑えられることから蒸気圧破碎工法を選定したが、振動が全く発生しないわけではないので、図-4に示す位置で振動測定を実施した。また水道施設であることから、振動による濁りの発生を把握するため水道管内の濁度についても測定を実施した。

施工箇所が測定箇所が近接していた際には、破碎時最大 $V=0.044\text{cm/sec}$ を計測した時もあったが、その他の関連作業も含めて震度階Ⅰ以上として設定した $V=0.13\text{cm/sec}$ を超える振動は発生せず、濁度についても問題は発生しなかったことから、蒸気圧破碎工法は振動抑制に効果があったと考えられる。

(2) バイパス本線終日通行止め

本工事を施工するにあたり、第三者災害防止の観点から、蒲郡西IC～蒲郡IC間を終日通行止めとした。規制期間については当初6ヶ月間を想定していたが、バイパス本線の長期間通行止めとなることから蒲郡市をはじめとする周辺自治体及び関係機関と協議を重ねた結果、準備期間や周辺地域への影響を考慮して、R5年9月からR5年12月末までの4ヶ月間を通行止め期間として設定した。規制期間中は交通状況に応じて迂回路沿道地域の安全対策を追加するなど、混雑解消に向けて蒲郡市と連携しながら対応した。

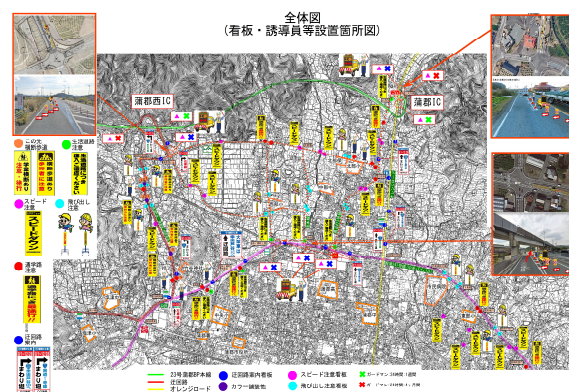


図-6 保安施設全体図（蒲郡市内）

また、施工箇所周辺だけでなく、愛知県名古屋市から静岡県浜松市にかけて、並行する国道1号や東名高速道路への広域迂回案内を実施したほか、地元広報誌，ラジオ放送，WEB広告などを利用してあらゆる道路利用者に情報が届くよう広報にも注力した，

6. まとめ

本工事は、限られた作業範囲、限られた期間の中で近接する水道施設へも影響を与えず、いかに効率よく中硬岩を含む岩盤掘削を行うかが課題であった。蒸気圧破碎工法(ガンサイザー)を選定したことで、懸念であった水道施設に影響を与えることなく2車線供用に必要な掘削を完了することができた。仮に施工量や施工費用を優先した場合は、水道施設の補強だけでなく、現道施設の保護にも費用と時間がかかり、また、振動による周辺影響を抑えるため無振動工法で施工した場合は、蒸気圧破碎工法に比べて約3倍～9倍の施工期間を要することが想定されたため、蒲郡バイパスの供用スケジュールにも影響が出た可能性があった。今回採用した蒸気圧破碎工法においても長期間のバイパス本線通行止めは避けられなかったが、迂回路周辺地域及び関係機関の多大なる協力とその対策をすることで、破碎自体は安全を確保し効率よく施工することができた。

今後も名豊道路では4車線化に向けてのⅡ期線工事が予定されているので、安全かつ円滑に事業を進めていけるよう、本報告が参考となれば幸いである。

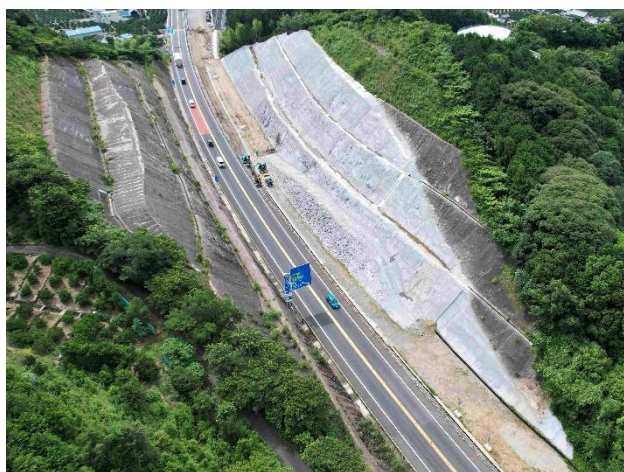


写真-4 完成写真

謝辞：本工事を施工していただいた竹中土木（株）をはじめ施工業者の皆様，そして本論文作成にあたりまして中部地方整備局名四国道事務所および豊川監督官詰所の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 現場技術者のための制御発破工法の実際