

非排水構造の道路トンネルにおける覆工コンクリート高密度配筋部の施工

大成建設株式会社 正会員 ○近藤 正隆 梁 俊 藤本 昭弘 神木 智大
西日本高速道路株式会社 岡 浩一 南場 憲一郎

1. 背景

新名神高速道路の箕面トンネル(全長4,997m)のうち箕面トンネル東工事では、周辺水域の環境保全を目的として一部区間において非排水構造区間が設定されていた。施工中に坑内より実施した超長尺先進ボーリングの結果、当初設計より周辺水文環境への影響範囲が拡大したために、非常駐車帯および避難連絡坑を非排水構造区間に設置することになった(図1)。本稿では、水圧を考慮した大断面トンネルにおける非常駐車帯と避難連絡坑の交差部の、超高密度配筋の組立方法および使用した高流動コンクリートの配合に関する工夫について記述する。

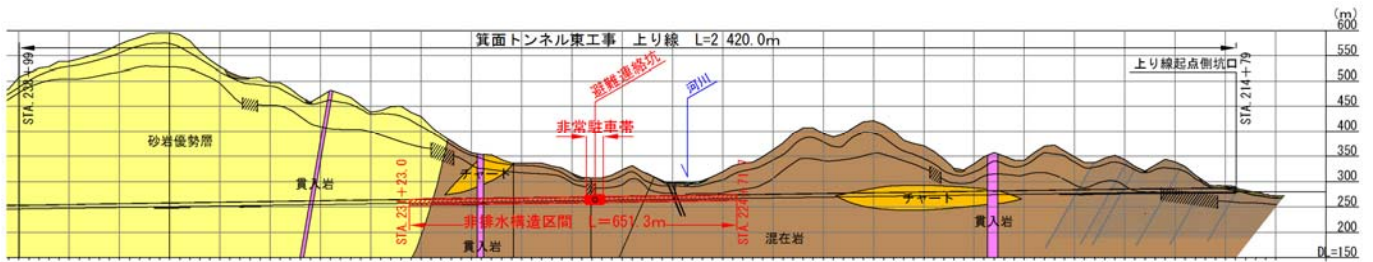


図1 箕面トンネル東工事上り線地質縦断面図

2. 施工概要

2-1. 非排水構造における覆工鉄筋組立の工夫

対象構造物は超長尺先進ボーリングの結果から設計水圧0.5MPaとし、コンクリートの設計基準強度30N/mm²の条件で設計を行った。その結果、非常駐車帯の覆工巻厚900mm、避難連絡坑の巻厚1100mm、また配筋は非常駐車帯と避難連絡坑の交差部においてD35@125の2段配筋となり、鉄筋量が400kg/m³となっている(図2)。

非排水構造においてはトンネル全周が厚さ2mmの防水シートに覆われており、漏水のリスクを避けるため防水シートを貫通させたアンカー等で鉄筋を吊ることができず、鉄筋を自立させて組む必要があった。そのため過去の事例ではH鋼を用いた鉄筋組み立て用の支保工を設置することが一般的であった。しかし、H鋼を設置するには専用の機械や設備が必要となり、また高密度配筋の組立やコンクリートの充填性などの問題が懸念された。そのため当工事では、鉄筋を組み立てるための段取り筋システムを開発し施工を行った。この段取り筋システムは段取り筋の途中にターンバックルを取り付けており、このターンバックルを広げることによる張力で、鉄筋の緩みや垂れ下がり防止し、鉄筋のかぶり確保を調整できる(図3、写真1)。また、特別な機械・設備が必要なく、人力で施工することを可能とした。

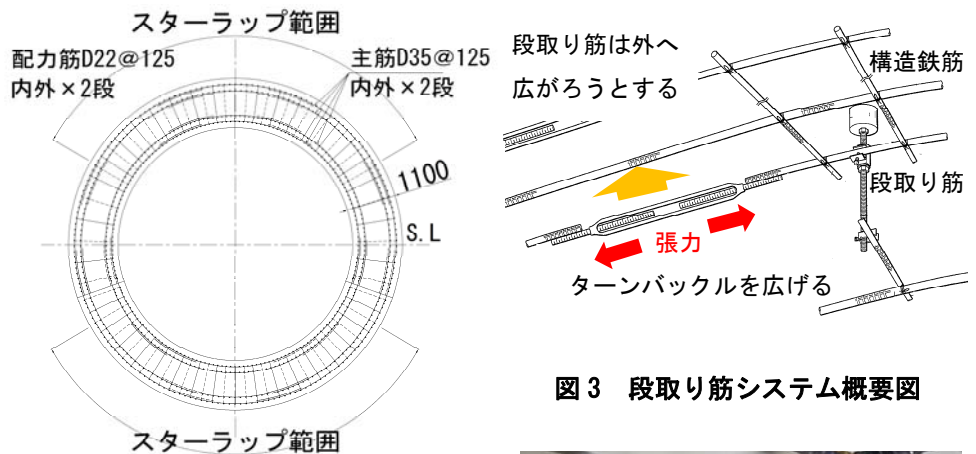


図2 連絡坑配筋概要図

図3 段取り筋システム概要図



写真1 段取り筋システム

キーワード 高密度配筋 非排水構造 トンネル交差部 高流動コンクリート

連絡先 〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場一丁目14番10号 大成建設株式会社関西支店土木部 TEL06-6265-4600

2-2. 高密度配筋部での段取り筋の工夫

次に、交差部における高密度配筋部では連絡坑の開口によりアーチアクションが弱くなるため、前述のシングルの段取り筋だけでは垂れ下がり防止することができず、また鉄筋の隙間に H 鋼を立てることも不可能である。そこで前述のシステムを応用し、同様にターンバックルを取付けたトラス型の吊段取り筋を開発した（写真 2）。トラス構造にしたことで剛性も上がり、せん断補強筋の配置や高密度配筋の複雑な施工にも影響を与えることなく、鉄筋の垂れ下がりのない自立した組み立てを所定の精度で行うことができた（写真 3）。



写真 2 トラス型吊段取り筋

2-3. 高流動コンクリート配合の工夫

当初設計段階では、非排水構造区間の覆工コンクリートは設計基準強度 30N/mm² の中流動コンクリート (T3-4:30-21-20N, スランプフロー 35～50cm) であったが、非常に高密度な配筋であり、パイプレーターによる締め固めが困難と考えられた。また鉄筋と鉄筋のあきが最小で 42mm であるため高流動コンクリートの自己充填性のランク 1 を確保できる配合検討を行った（表 1）。



写真 3 非排水構造区間交差部配筋

最初に覆工コンクリートの剥落対策の観点から、繊維混入コンクリートを目指して試験練りを行った。使用した繊維は NEXCO トンネル施工管理要領の基準に適用可能なバルチップ JK48mm（混入率 0.3vol%）を採用した。しかし、U 型充填性試験において、障害に繊維が引っかかり不合格となった。次に繊維の長さを短くしバルチップ MK30mm（混入率 0.4vol%）を使用し試験を行ったが、やはり U 型充填高さの確保はできなかった。比較確認のため同じ配合で自己充填性ランク 2 の障害を通過するか試した結果、バルチップ MK30mm では U 型充填高さを確保できることが分かったが、今回の施工においては、施工箇所の隅々まで行き渡る充填性を確保し、自己充填性ランク 1 を確保することが品質向上への第一と考え繊維混入はしないこととした。

次に、高流動コンクリートの配合を決定する上で重要になることは、硬化コンクリートの品質を損なわない範囲で所要の自己充填性を確保することである。そこで今回は単位粗骨材絶対容積を下限値である 280L/m³、粗骨材最大粒径 20mm として試験練りを実施した。しかし繰り返し試験を行うと、U 型充填高さが 300mm を下回ることが何度か発生した。この現象は、粗骨材が障害に噛み合うように引っ掛かることで発生したもので、本施工時でもそのリスクが有ると判断し、粗骨材の最大粒径を 15mm に変更し、再度試験練りを実施し良好な結果を得た（表 2）。

3. まとめ

実際に施工を行う前には、実物大モデルによる試験を実施し、充填性・流動性の確認、仕上がり具合を確認した。その結果をもとに実施工を行い高密度配筋部でも非常に良好な仕上がりのコンクリートを施工することができた（写真 4）。本稿が覆工コンクリート高密度配筋部への対応や、高流動コンクリートの参考事例となれば幸いである。



写真 4 高密度配筋部の仕上がり

表 1 自己充填性のランクと各評価試験の目標値の目安

解説 表 5.1.1 自己充填性のランクと各評価試験の目標値の目安（併用系）

自己充填性のランク		1	2	3
目 標 値	ボックス形または U 形充填高さ (mm)	300 以上 (障害 R1)	300 以上 (障害 R2)	300 以上 (障害なし)
	スランプフロー ^{*1} (mm)	700	650	600
	500mm フロー到達時間の範囲 ^{*2} (秒)	5～20	3～15	3～15
	V ₁₅ 漏斗または O 漏斗の流下時間の範囲 ^{*2} (秒)	10～25	7～20	7～20

*1: 過去の実績におけるスランプフロー目標値の一般的な範囲は、ランク 1: 650～750mm, ランク 2: 600～700mm, ランク 3: 550～650mm である

*2: 過去の実績における評価試験目標値の一般的な範囲を示す

表 2 高流動コンクリート配合（自己充填性ランク 1）

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	自己充 填性の ランク	スラン プ フロー (mm)	500mm フロー到達 時間 (秒)	漏斗流 下時間 (秒)	水結合 材比 (%)	空気量 (%)	単位粗 骨材絶 対容積 (m³/m³)	単位量 (kg/m³)						
								水 W	セメント C	石灰石微 粉末 材料 70- 250	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE減水 剤	増粘剤 ビニール (kg/m³)
15	1	700	5～20	10～25	46.2	4.5	0.28	162	350	230	841	750	5.8	0.3

参考文献

- 1) 高流動コンクリートの配合設計・施工指針（2012 年版），土木学会，pp59-85