

高速道路二車線トンネルにおける 高規格支保パターンの適用性検討

清水 雅之¹・中野 清人¹・小川 澄¹・中西 昭友²

¹正会員 株式会社高速道路総合技術研究所 トンネル研究室 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1)

E-mail:m.shimizu.ac@ri-nexco.co.jp

²正会員 応用地質株式会社 関西支社 (〒532-0021 大阪市淀川区田川北2丁目4番66号)

新東名・名神高速道路の大断面(三車線断面)トンネルの支保工には、二車線トンネルの場合と異なる高規格支保材料(高強度吹付けコンクリート、高耐力ロックボルト、高規格鋼アーチ支保工)を使用している。これらの高規格支保材料を二車線トンネルに用いた新標準パターンについて検討を行い、支保のスリム化による施工性の向上や合理性・経済性・安定性を追求することを目的とする。

Key Words : Expressway, Two lanes tunnel, High- strength support pattern, High- strength shotcrete , High- strength steel support, High- strength bolt

1. はじめに

新東名・名神高速道路の大断面(三車線断面)トンネルの支保材料は、二車線トンネルより強度の高い高規格支保材料(高強度吹付けコンクリート、高耐力ロックボルト、高規格鋼アーチ支保工)が使用されている¹⁾。これらの高規格支保材料を二車線トンネルに用いた新標準パターンについて検討を行い、支保構造の合理化による施工性の向上や経済性・安定性を追求することを目的とする。

本稿では、二車線トンネルに高規格支保材料を用いた新標準パターンの適用性について、現地において試験施工を行い、その結果と数値解析等で安定性を検証した結果について報告するものである。

2. 高規格支保材料の適用

(1) 支保材料の比較^{1), 2)}

新東名・名神高速道路のトンネルは、3車線で片側に2.5mの路肩が付いた構造となっており、掘削幅が約19m、掘削断面積が約200m²程度の扁平な大断面トンネルである。このような大断面トンネルの場合、従来の支保材料では、施工性などに課題があり、高強度化が行われた。その適用にあたっての考え方は以下のとおりである。

① 吹付けコンクリートが厚くなり、コスト高と

もに施工時間が長くなるため、高強度化により厚さを薄くする

② ロックボルトは大断面のために、打設本数が多く、かつ6.0mと長いことから、施工性や品質確保が重要な要素となる。そのため、一般的に使用されているロックボルトより高い耐力を有する材料を用いて、打設間隔を広げ、打設本数を低減し、施工サイクルの短縮や施工性向上を図る

③ 鋼アーチ支保工は、従来の鋼アーチ支保工では部材寸法が大きくなり、施工性の悪化、吹付け時に鋼アーチ支保工背面の空洞等が懸念されることや、吹付けコンクリート面と鋼アーチ支保工の摺り付けが大きくなり、部材が一体化せず支保工の支保機能が有効に機能しなくなることや、1次支保が厚くなることなどから、従来の鋼アーチ支保工と同等の伸びと、耐荷力を有した材料で、軽量化や1次支保の薄肉化を図る

以上の理由から新東名・名神高速道路のトンネルは高規格化が行われたものである。

二車線トンネルの支保材料と新東名・名神高速道路で適用されている支保材料の強度を比較すると、表-1のとおり、吹付けコンクリートは設計基準強度が2倍、ロックボルトの降伏耐力は1.5~1.7倍、鋼アーチ支保工の降伏点が1.8倍となる。

表-1 支保材料の比較

支保材料の仕様	二車線トンネル	新東名・名神のトンネル
吹付けコンクリート	18N/mm ²	36N/mm ²
ロックボルト	110kN 、 170kN	170kN 、 290kN
鋼アーチ支保工	NH-200 (≧245N/mm ²)	HH-154 (≧440N/mm ²)

(2) 二車線トンネルへの適用検討

新東名・名神高速道路の高規格化は、前述のとおりに施工性などの課題を克服する目的があり、材料強度を高めて、厚さを薄くする考え方で用いられてきた。構造部材厚は大断面トンネルの特徴で、二車線トンネルより吹付けコンクリートは厚く、ロックボルトや鋼アーチ支保工は剛な構造となる。一方、二車線トンネルの高規格化は、大断面トンネルのように施工性を改善するために厚さを薄くするなどの課題はなく、従来強度を用いた支保構造による設計が行われてきたが、新東名・名神高速道路で高規格支保部材の実績も検証されてきたため、これらの実績を踏まえて、コストダウン（省力化）を目的として、さらなる支保構造の合理化を行った。

a) 概要

二車線トンネルで適用する高規格支保部材は、高強度吹付けコンクリート、高耐力ロックボルト、高規格鋼アーチ支保工とし、支保耐力は現行の標準支保パターン程度を確保することを原則とした。支保パターンの設定は新東名・名神高速道路で、トンネル本数約70本の実施工により安全性や安定性が確認されている、新東名・名神高速道路の標準支保パターンを参考に行った。設定した高規格支保パターンを表-2に示す。支保部材ごとの適用目的は、以下のとおりである。

- ①高強度吹付けコンクリートの使用による薄肉化
- ②ロックボルト耐力アップによる本数の削減
- ③高規格鋼アーチ支保工の使用によるH鋼サイズダウン
- ①～③の適用により掘削断面の縮小やサイクルタイムの短縮が期待できる。

表-2 従来と高規格支保パターンの比較

支保パターン	支保部材	仕様	規格等			備考
			従来	高規格化	単位	
B-a(-H)	吹付けコンクリート	厚さ	5	5	cm	厚さ変更なし
		設計強度	18	36	N/mm ²	
		本数	9	7	本	
		耐力	110	170	kN	
C I-a(-H)	ロックボルト	周方向ピッチ	1.5	2	m	長さ L=3.0m
		厚さ	10	7	cm	
		設計強度	18	36	N/mm ²	
		本数	12	9	本	
C II-a(-H)	吹付けコンクリート	耐力	110	170	kN	長さ L=3.0m
		周方向ピッチ	1.5	2	m	
		厚さ	10	7	cm	
		設計強度	18	36	N/mm ²	
C II-b(-H)	ロックボルト	本数	16	13	本	長さ L=3.0m
		耐力	110	170	kN	
		周方向ピッチ	1.5	1.8	m	
		厚さ	10	7	cm	
C II-c(-H)	吹付けコンクリート	設計強度	18	36	N/mm ²	長さ L=3.0m
		本数	16	13	本	
		耐力	110	170	kN	
		周方向ピッチ	1.5	1.8	m	
D I-a(-H)	鋼アーチ支保工	規格	NH125	NH125		変更なし
		金網工	有り	無し		
		厚さ	15	10	cm	
		設計強度	18	36	N/mm ²	
D I-b(-H)	吹付けコンクリート	本数	19	13	本	長さ L=4.0m
		耐力	170	290	kN	
		周方向ピッチ	1.2	1.8	m	
		厚さ	15	10	cm	
D I-c(-H)	ロックボルト	設計強度	18	36	N/mm ²	長さ L=4.0m
		本数	19	13	本	
		耐力	170	290	kN	
		周方向ピッチ	1.2	1.8	m	
D III-a(-H)	鋼アーチ支保工	規格	NH125	NH125		変更なし
		金網工	有り	無し		
		厚さ	25	20	cm	
		設計強度	18	36	N/mm ²	
D III-b(-H)	吹付けコンクリート	本数	8	8	本	長さ L=4.0m
		耐力	170	170	kN	
		周方向ピッチ	1.2	1.2	m	
		厚さ	25	20	cm	
D III-c(-H)	ロックボルト	設計強度	18	36	N/mm ²	長さ L=4.0m
		本数	8	8	本	
		耐力	170	170	kN	
		周方向ピッチ	1.2	1.2	m	
D III-d(-H)	鋼アーチ支保工	規格	NH200	HH154		変更あり
		金網工	有り	無し		
		厚さ	25	20	cm	
		設計強度	18	36	N/mm ²	

※1) 支保パターン名の(-H)は高規格を表し、例：DIII-aの場合の高規格パターンはDIII-a-Hとなる。

※2) 鋼アーチ支保工のNHは従来鋼、HHは高規格鋼を表す。

3. 高規格支保パターンの検討

(1) パターン設定上の課題

二車線トンネルの高規格支保パターンを設定するにあたり、事前に考えられた構造的な安定性や安全面などの課題は以下のとおりである。

a) ロックボルトの配置

ロックボルトの耐力を1ランクアップしたことにより、周方向間隔を広げて断面あたりの打設本数を減らすものであるが、この場合のロックボルト間からの岩盤の抜け落ちに対する安全性

b) 吹付けコンクリート厚さ

吹付けコンクリート厚さを約3割薄くした薄肉部材に対する、施工中の安全や構造安定性の確保

c) 覆工コンクリートのひび割れ

吹付けコンクリート厚さを薄くしたことにより、鋼アーチ支保工部分の凹凸の摺り付けが現行の標準断面より大きくなることによる、覆工コンクリートのひび割れが懸念

(2) 課題に対する整理

高規格支保パターンは、現行の標準支保パターンと同等程度であるか否か、支保耐力、支保内圧、部材強度を確認した。ただし計算だけでは、実際の地山で支保部材に働く応力状態などを完全に再現することは不可能であり、施工性や構造安定性、安全性を検証するため、現地試験施工を行い評価した。

また、吹付けコンクリート面の凹凸が大きくなることによる覆工コンクリートのひび割れについては、FEM解析でひび割れ発生の影響が無いことを確認し、試験施工トンネルの覆工表面でも、施工後の点検で影響が無いことを確認した。

4. 高強度吹付けコンクリートの効果分析

高規格支保パターンに適用する高強度吹付けコンクリートは、従来の吹付けコンクリートより強度発現が早く、特に初期強度が高いため掘削時の緩みを抑制する効果が期待されたため、時間的挙動①地山のゆるみ②吹付けコンクリートの硬化過程を考慮したFEM解析でその効果を分析した。

(1) 強度特性

高強度吹付けコンクリートの初期強度は、吹付け後6時間では 5.8 N/mm^2 で、従来の普通吹付けコンクリートは 2.4 N/mm^2 で、高強度吹付けコンクリートが2.4倍大きい。初期強度が高いことは、肌落ち防止などにも効果的であることが推察される。高強度吹付けコンクリート及び普通吹付けコンクリートの材齢と強度の関係を図-1及び図-2に示す。

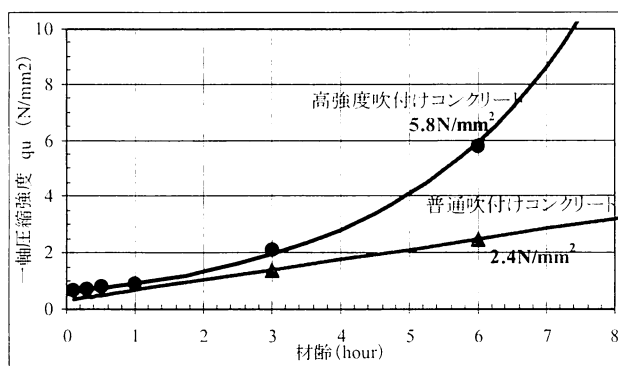


図-1 高強度吹付けコンクリートと普通吹付けコンクリートとの材齢8時間までの一軸圧縮強度比較

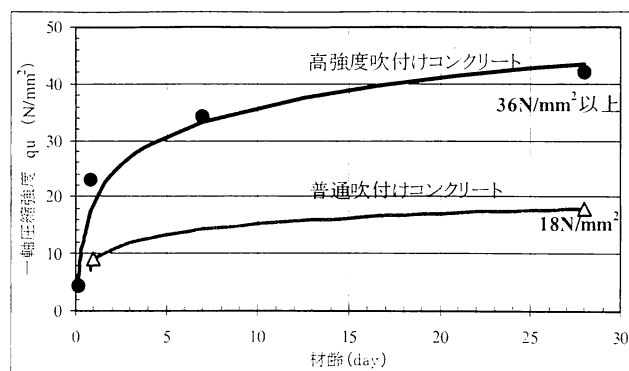


図-2 高強度吹付けコンクリートと普通吹付けコンクリートとの材齢28日までの一軸圧縮強度比較

(2) 解析条件

吹付けコンクリートと地山の時間的挙動を再現するため、コンクリートの硬化特性に着目した検討に加え、地山の弾性係数におけるひずみ依存性に着目した検討を行った。その方法は、支保部材の物性は材齢に応じた値を入力し、地山は掘削時の緩みに応じた弾性係数に変化させて行った。入力物性などについて以下に示す。

a) 物性値の仮定

- ①初期強度発現材料の使用により、早い段階で地山を拘束することを模擬するため、ステップ解析において吹付けコンクリートの弾性係数を早い段階で大きくする。
- ②吹付けコンクリートの弾性係数を最終段階で普通吹付けコンクリートを $4,000 \text{ N/mm}^2$ 、高強度吹付けコンクリートを $6,000 \text{ N/mm}^2$ にする。
- ③地山の緩み範囲を発生ひずみにより決定する
- ④緩み部の弾性係数を発生ひずみに応じて低下させる。

b) 支保入力物性

普通と高強度吹付けコンクリートの材齢を考慮して、それぞれ吹付けコンクリートの弾性係数を図-3のとおり求めた。

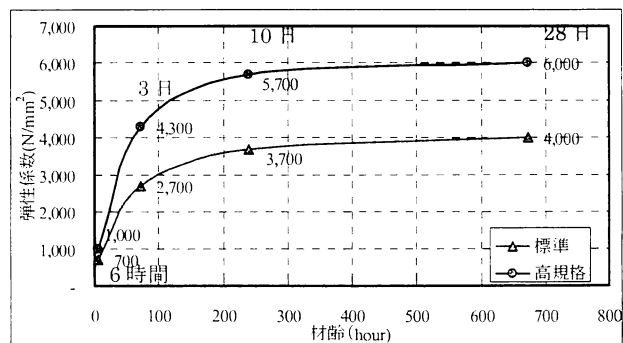


図-3 材齢に応じた吹付けコンクリートの弾性係数

経過時間とともに地山側が変形することを模擬して、時系列的に普通と高強度吹付けコンクリートの違いを比較するため、材齢時間における応力解放率を、三次元解析の素堀り掘削で得た応力解放率を使用してステップ解析を行った。材齢時の応力解放率を表-3に示す。また、応力解放率と吹付けコンクリートの弾性係数との関係を図-4に示す。

支保パターンの弾性係数は吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工の等価弾性係数とし、28日後の設計強度時点で標準が7,900 N/mm²、高規格支保パターンが11,200 N/mm²とした。材齢と等価弾性係数との関係を図-5に、応力解放率と等価弾性係数との関係を図-6に示す。

表-3 材令時の応力解放率

	6時間	3日後	10日後	28日後
応力解放率	40%	30%	20%	10%
累積	40%	70%	90%	100%

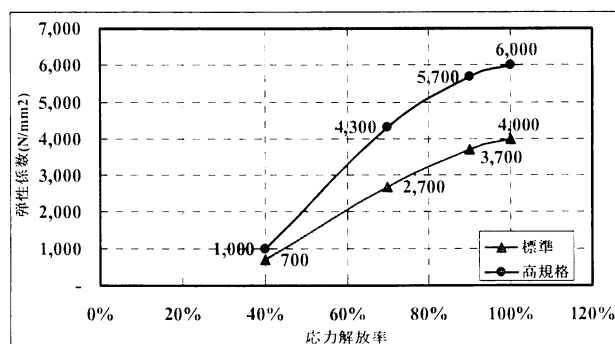


図-4 応力解放率と吹付けコンクリート弾性係数との関係

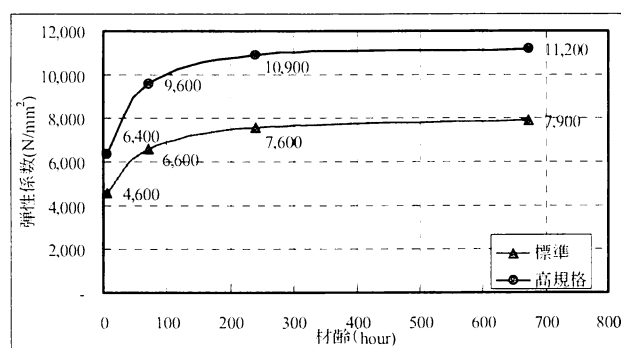


図-5 材齢と等価弾性係数との関係

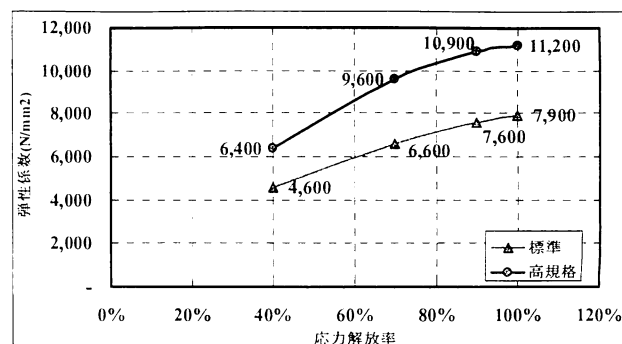


図-6 応力解放率と等価弾性係数との関係

c) 地山入力物性

解析対象地質はD I断面とし、表-4のとおり物性値を設定した³⁾。さらに(2) a)で記述したとおり、二次元FEM解析で、緩み領域を再現するため、限界ひずみ0.3%以上となる領域の弾性係数を低下させる方法で解析した⁴⁾。緩み領域で使用する地山の弾性係数は図-7のとおりとした。

表-4 地山物性

	D I
変形係数 (N/mm ²)	500
単位体積重量 (t/m ³)	22
粘着力C (N/mm ²)	0.4
内部摩擦角φ (deg)	35

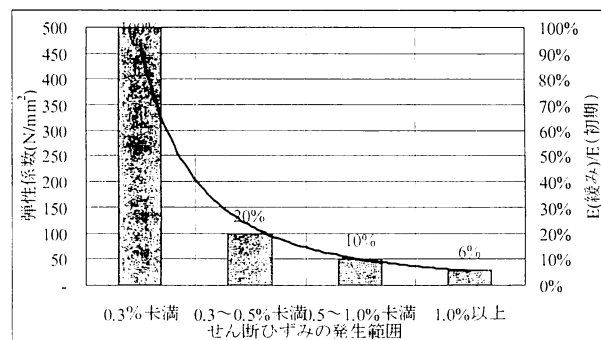


図-7 緩み範囲で使用する地山の弾性係数

(3) 解析結果

D I パターンの弾性係数を低下させた解析の結果、表-5に示すとおり、天端沈下量で普通吹付けコンクリートが50mmに対して、高強度吹付けコンクリートは41mmで-9mm小さい。また、吹付けコンクリート応力の最大値は、標準支保パターンで34N/mm²に対し高規格支保パターンは23N/mm²で-11N/mm²小さい。

また、トンネル周辺のせん断ひずみは、28日後の

仮定を例に図-8及び図-9にそれぞれ最大せん断ひずみ分布状況を示す。普通吹付けコンクリートより高強度吹付けコンクリートの方が小さい領域に抑えられることがうかがえる。天端部における最大せん断ひずみ値は、普通コンクリートが1.49%、高強度吹付けコンクリートは0.86%で小さい。

高強度吹付けコンクリートは、施工初期の強度発現が普通吹付けコンクリートより大きいため、初期には吹付けコンクリートに発生する応力は大きくなるものの、普通吹付けコンクリートに比べ、ゆるみ荷重が小さいため、最終的な発生応力は同程度あるいは小さくなるものと考えられる。また、普通吹付けコンクリートの設計基準強度 18N/mm^2 に比べ、高強度吹付けコンクリートは 36N/mm^2 の2倍の強度を有していることから、今回解析したように発生応力が大きくなる場合は、安全率において有利となる。

表-5 解析結果

	普通吹付けコンクリート $t=15\text{cm}$, 18N/mm^2	高強度吹付けコンクリート $t=10\text{cm}$, 36N/mm^2
天端沈下量(mm)	50	41
吹付け応力(N/mm^2)	34	23
解析値/許容応力度(%)	188	64

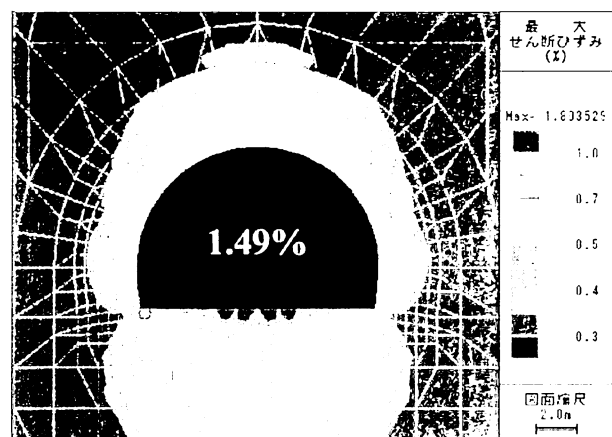


図-8 普通吹付けコンクリート
最大せん断ひずみ図

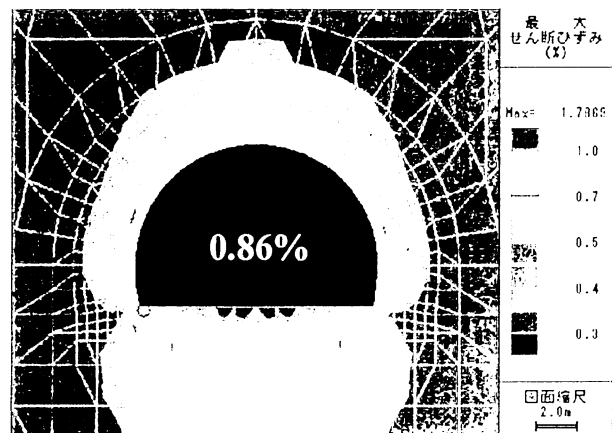


図-9 高強度吹付けコンクリート
最大せん断ひずみ図

(4) 高強度吹付けコンクリートの効果

高強度吹付けコンクリートの採用により従来の普通吹付けコンクリートよりも初期強度が高いため、①地山の緩みを抑制する効果がある、②支保工に作用する応力が小さくなる場合がある。特に緩みが大きく発生すると考えられるD級地山では、変位抑制効果に対して支保工に作用する応力は初期の段階では大きくなるが、28日後の最終強度段階では、緩み荷重が小さい傾向となるため、変形量及び吹付けコンクリートの応力が小さく抑えられ効果的である。

また、前述以外にも高強度吹付けコンクリートの採用による効果として、①大変形が生じた場合に、強度の高い材料を標準に使用しているため、増し吹付けなどの対策工に能力の高い材料で、対処が可能となり、設備や材料の段取り替えなどの工程ロスが少なく対応が可能で、変形抑制に有利となること、②変位収束までの距離が短くなる。さらには、早期閉合や高速施工の材料としても期待できる。

(5) 変形抑制効果解析の課題

高強度吹付けコンクリートの使用により、緩み領域を抑制する効果があることは、解析の結果では確認したが、その効果の検証は、今後の実施工において施工データを収集し、解析のとおり効果がみられるか実測値をもとに分析し、検証を行う必要がある。

5. 試験施工による検証

(1) 試験施工概要

試験施工については、平成18年度以降、CⅠ、CⅡ、DⅠ、DⅢパターンを5トンネルで行った。図-10のように標準支保パターンと高規格支保パターンの区間を設定し、計測工A（天端沈下量・内空変位量）および計測工B（ロックボルト軸力測定、吹付けコンクリート応力測定、鋼アーチ支保工応力測定、地中変位測定）を配置し、計測データを収集し、各支保パターンの実測値における安定性の検証やFEM解析との比較を行い、標準支保パターンと高規格支保パターンの分析を行った。本報告では、Aトンネルで行われたDⅠパターンの試験施工結果を例に報告する。

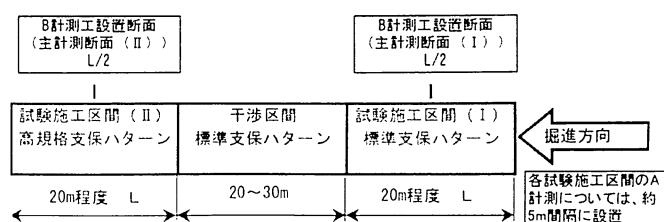


図-10 試験施工 区間配置図

(2) 試験施工区間

試験施工を行った A トンネルの地質は、両区間とも黒色片岩で湧水がなく、一軸圧縮強度は、10～25 N/mm² 程度、割れ目間隔は 5cm～20cm 程度、の切羽状況で、標準区間は、全体的に岩芯まで強度低下しており、高規格区間は、全体的に硬質ではあるが、部分的に目が細かく粘土質の介在物が存在している特徴があった。土被りは標準区間で 37m、高規格区間で 48m、切羽評価点は標準区間で平均 33 点、高規格区間で平均 39 点（D I の目安：15～37 点）であり高規格区間は評価点の目安から判断すると、C II に近い硬質な地山条件で行った。標準区間の切羽写真を図-11 に、高規格区間を図-12 に示す。

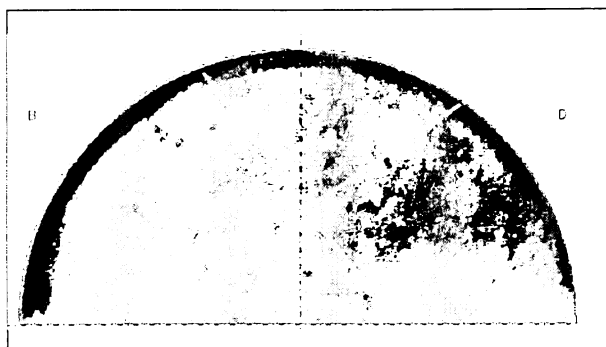


図-11 標準区間切羽写真



図-12 高規格区間切羽写真

(3) 計測工 A および B の結果

a) 計測値の対比

計測工 A 及び B 計測の最大値を一覧にした結果を表-6 に示すが、変位では高規格の方がやや大きい傾向の計測値であった。また、計測値は標準区間で切羽離れ 20m 程度で変位が収束しているのに対し、高規格区間は 10m 程度で収束傾向となり、高規格区間の方がやや安定化の傾向があった。

計測工 B の結果については、ロックボルト軸力と吹付けコンクリート応力と鋼アーチ支保工の応力は、標準支保パターンより高規格支保パターンがやや小さい計測値となった。

表-6 計測結果

	標準支保パターン	高規格支保パターン
天端沈下量	5.5mm	6.4mm
上半内空変位量	2.9mm	3.6mm
吹付けコンクリート応力	2.7N/mm ² (引張)	0.5N/mm ² (引張)
ロックボルト軸力	24KN	25KN
鋼アーチ支保工の応力	74N/mm ² (圧縮)	35N/mm ² (圧縮)

b) 管理基準値と計測値

管理レベルは現場の地山条件に応じて求め、計測された値と、管理レベルを対比し、変位や応力が管理基準内に収まるかどうか確認した。

天端沈下量を図-13 に示す。管理基準値の管理レベル I の 18mm 以内に変位が収束傾向にある。

内空変位量を図-14 に示す。標準と高規格とも変位量が 5mm 程度で、共に小さい値となった。

鋼アーチ支保工の応力を図-15, 16 に示す。標準と高規格とも右肩に最大応力が発生し、その値は標準が 74.2 N/mm² に対して、高規格が 35.2 N/mm² で高規格支保パターンの方が小さい。さらに、降伏点強度から設定した管理レベルは、高規格鋼が 440 N/mm²、標準が 245 N/mm² で耐力に差があるため、管理レベル I に対しては標準が 60%、高規格は 16% で高規格の方に余裕がある。

吹付けコンクリートの応力を図-17, 18 に示す。標準支保パターンの右肩のみで、突出した値が見られたが、標準と高規格とも極わずかな応力値であり、管理レベルに対しても余裕がある。

ロックボルトの軸力分布を図-19, 20 に示す。耐力から設定した管理レベル I に対して、標準と高規格とも基準値内の軸力となり、管理レベル I に対しては標準が 28%、高規格は 17% で高規格の方に余裕がある。

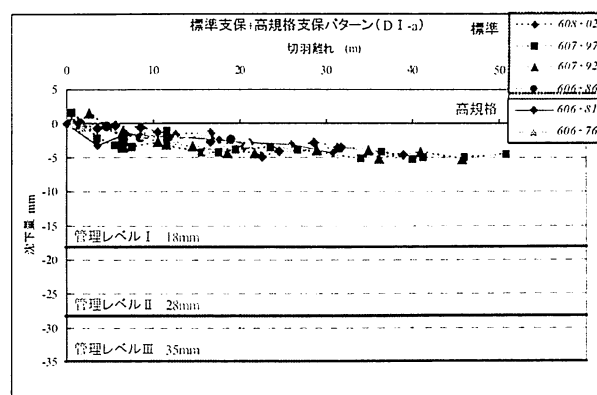


図-13 天端沈下量（標準・高規格）

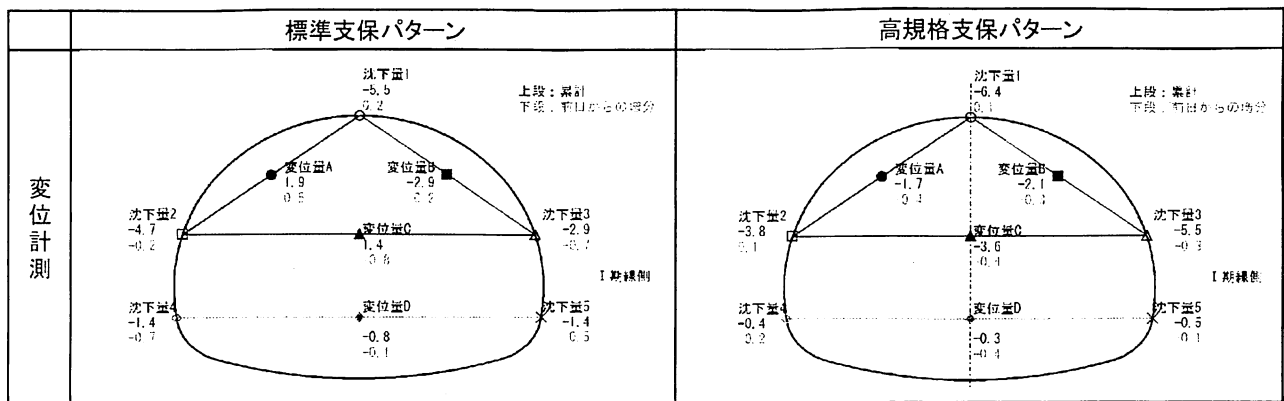


図-14 内空変位量 (標準・高規格)

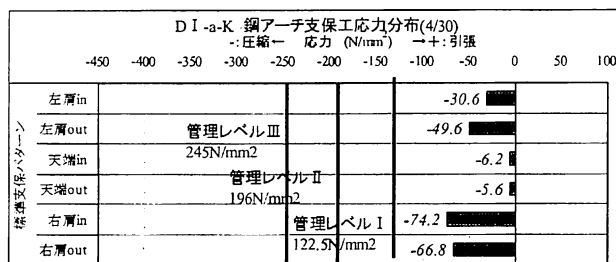


図-15 鋼アーチ支保工の応力 (標準)

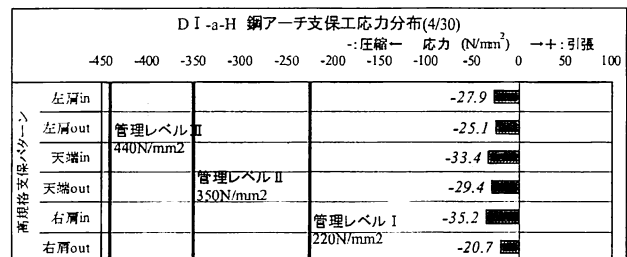


図-16 鋼アーチ支保工の応力 (高規格)

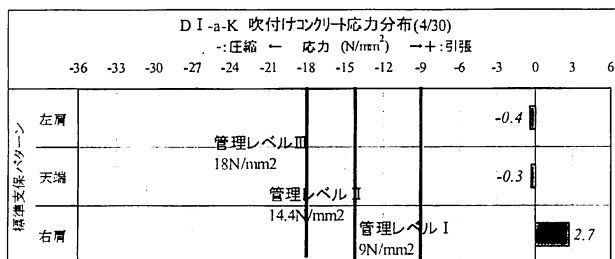


図-17 吹付けコンクリートの応力 (標準)

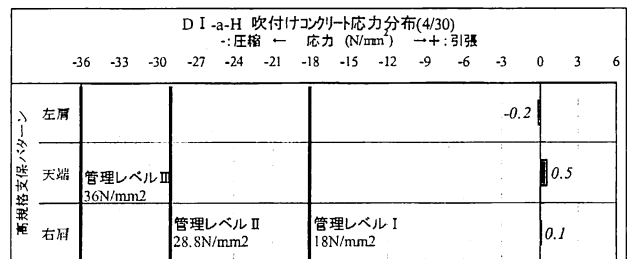


図-18 吹付けコンクリートの応力 (高規格)

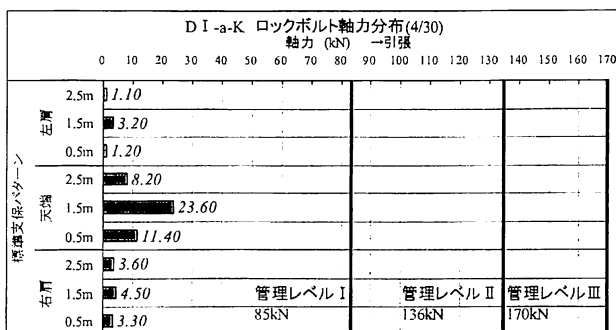


図-19 ロックボルトの軸力 (標準)

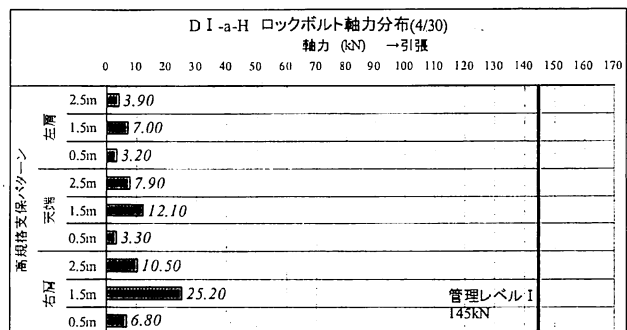


図-20 ロックボルトの軸力 (高規格)

(4) 解析による検証

標準と高規格パターンの変位や応力を比較し、高規格支保パターンの妥当性を検証するため、二次元FEM解析を行った。収集した計測工のデータを用いて、逆解析を行い、物性を求めて二次元FEM解析を行った。解析では、それぞれ試験施工区間の地山状態や支保構造の応力状態を求めて、比較検証した。

a) 入力物性

収集した計測工の変位や部材応力データを用いて、逆解析を行った。地山の入力物性は、逆解析結果から表-7の物性を用いた。支保部材のモデル化は、ロックボルトは棒要素、吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工は合成部材として平面要素でモデル化した。

表-7 地山物性

区間	地質	単位体積重量 t/m ³	弾性係数 N/mm ²	ポアソン比
標準	黒色片岩	22	580	0.35
高規格	黒色片岩	22	680	0.35

b) 解析結果

最大せん断ひずみ分布を図-21、22に示す。地山の变形状態は標準と高規格ともに小さく、下半側壁部から脚部への拡大は同様な傾向がうかがえる。ただし、高規格の方が、ひずみ分布範囲が広がる傾向にある。いずれも弾性領域内の挙動であると考えられる。

解析の結果では、地山がやや硬質であったため、標準支保パターンと高規格支保パターンとも変形や応力値が小さい範囲における比較となった(表-8)。このため、最終的な安定性の評価は、高規格支保パターンが解析と実測とも管理レベル内の値であり、支保部材にかかる応力が許容応力度内であるため、妥当と判断した。また、解析値と実測値との比較(表-8)のうち、特にロックボルトの軸力は解析値と実測値とに乖離がある。これは、実際の地山は節理面や層理面があるのに対し、解析では弾性解析で地山を連続体とみなしているために生じる現象と考えられ、今後の検証も必要と考える。

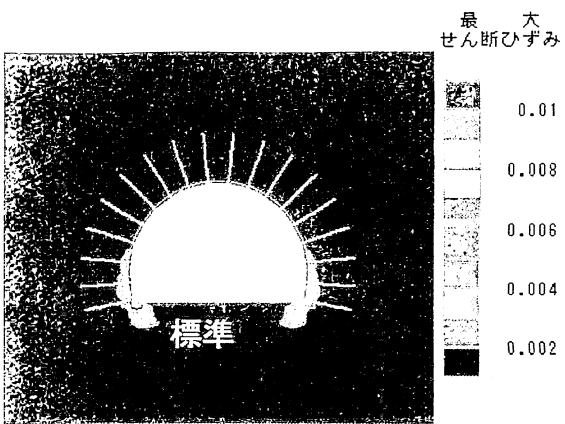


図-21 最大せん断ひずみ図(標準)

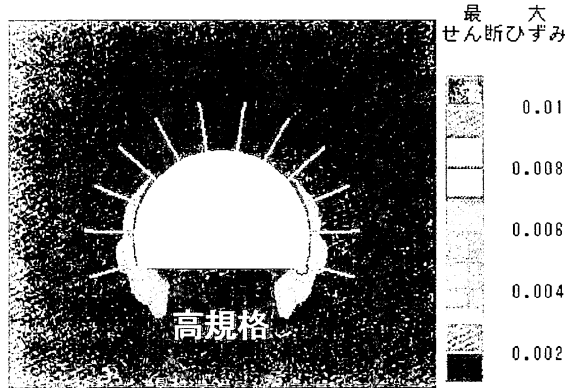


図-22 最大せん断ひずみ図(高規格)

6. 高規格支保パターン経済性検討

高規格支保パターンを適用した場合の経済性を求めるため、現行の支保パターンと比較検討した。比較は、B～D Iパターンまでのパターン毎にm当たり単価を各々算出し、パターン毎の削減費を計算した。トンネル1チューブ当たりでは地域や地山条件によりパターン比率が異なるため、これまでのパターン採用実績比率をもとに仮定して計算した結果、約3%の削減が見込まれる。サイクルタイムはD Iで10%程度の短縮が見込まれる。

表-8 解析結果と実測値対比表

計測項目	内空変位量(mm)				天端沈下(mm)			
	標準		高規格		標準		高規格	
パターン区分	解析	実測	解析	実測	解析	実測	解析	実測
数値区分	1	2.9	1.9	3.6	4.1	5.5	6.2	6.4
数値	22				11			
管理基準値(レベル I)	22				11			
実測値/管理基準値(%)	13%		16%		50%		58%	

計測項目	ロックボルト軸力(kN)				鋼アーチ支保工応力(N/mm ²)				吹付けコンクリート応力(N/mm ²)			
	標準		高規格		標準		高規格		標準		高規格	
パターン区分	解析	実測	解析	実測	解析	実測	解析	実測	解析	実測	解析	実測
数値区分	9	24	13	25	215	74	76	35	4	2.7	2	0.5
数値	85				123				9			
管理基準値(レベル I)	85				123				9			
実測値/管理基準値(%)	28%		17%		60%		16%		30%		3%	

7. まとめ

試験施工の結果、標準および高規格支保パターンの計測値は変位や応力レベルがともに少なく、かつ同等レベルの数値を示す結果となった。支保機能についても、現行とほぼ同等もしくは同等以上の性能を持たせてパターン設定していたが、これらの性能が試験施工で検証された。この他4トンネルの試験施工においても同様な傾向が得られたため、これらの結果をもって、今後の二車線トンネルの新標準支保パターンとして変更を行うものとした。

平成21年7月よりNEXC O 3 会社の二車線トンネルの標準支保パターンが高規格支保パターンに改訂となった。今後は高規格支保パターンの施工データを蓄積し、特徴や傾向を整理しながら、施工性や構造面など、さらなる効率化や改良点などがないかを探りながら、引き続き検討を行う。

謝辞：本検討に際して試験施工をご協力頂いた東日本高速道路㈱千歳工事事務所、相馬工事事務所、中日本高速道路㈱（旧）清見工事事務所、西日本高速道路㈱津山工事事務所、延岡高速道路事務所の関係者各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 設計要領第三集 トンネル本体工建設編（第二東名・名神高速道路 大断面トンネル）,pp.42,東日本高速道路㈱,中日本高速道路㈱,西日本高速道路㈱,2006.
- 2) 設計要領第三集 トンネル本体工建設編,pp.79-81,東日本高速道路㈱,中日本高速道路㈱,西日本高速道路㈱,2006.
- 3) 試験研究所技術資料 第358号トンネル数値解析マニュアル,pp.3-26,日本道路公団試験研究所,1998.
- 4) 櫻井春輔,NATMにおける現場計測と管理基準値,土と基礎,Vol.34, No.2, 1986.

Applicability study of high-strength support pattern for tow lanes expressway tunnels

Masayuki Shimizu, Nakano Kiyoto, Ogawa Kiyoshi, Nakanishi Akitomo

The support pattern used in the large section tunnel of New Tomei and Meishin Expressway uses the material standardized high different from the case of two lane tunnel. The material standardized high is High-strength shotcrete, High-strength bolt, High-strength steel support. In this thesis, it aims to examine new standard support pattern when these high standard materials are used for two lane tunnel, and to pursue the improvement of the workability by the support pattern slimming down, the rationality, the economy, and safety.