

長大トンネルにおける温度応力を考慮した舗装検討

中国地方整備局 三次河川国道事務所 岡崎 裕之

1、はじめに

国土交通省は、2003年度コスト構造改革に着手し従来の工事コストの縮減に加え、規格の見直しやランニングコスト縮減なども評価対象に入れ、公共事業のコスト構造を抜本的に見直すようになった。

今回検討する「作木大和道路」でもコスト縮減に取り組んでおり、その中の一つとして長大トンネルである「両国トンネル」において、舗装コンクリート版に作用する温度応力に着目し実施した舗装検討内容について報告する。

また、一般的な舗装設計方法（交通量区分・設計CBRによる舗装構成）による舗装と今回検討した舗装とのライフサイクルコスト比較も併せて報告する。



図 - 1 両国トンネル位置図

2、作木大和道路の道路整備の必要性と両国トンネルの概要

一般国道375号作木大和道路は、山陽と山陰を結ぶ主要幹線道路であり、現道での洪水時の冠水、落石、幅員狭小・屈曲等の交通障害を解消でき、緊急車両の定時制、一般車両の走行性の確保、物資の輸送及び地域の交流連携の促進を図ることを目的に計画された重要な道路である。

両国トンネルの概要及び現地の特徴
延長 3,233m、標準幅員 9.0m、車道幅員 7.0m
NATM工法
延長が長いため、トンネル坑内は外気温の影響を受けにくい。
交通量が比較的少ない。(約 1,800 台/日)

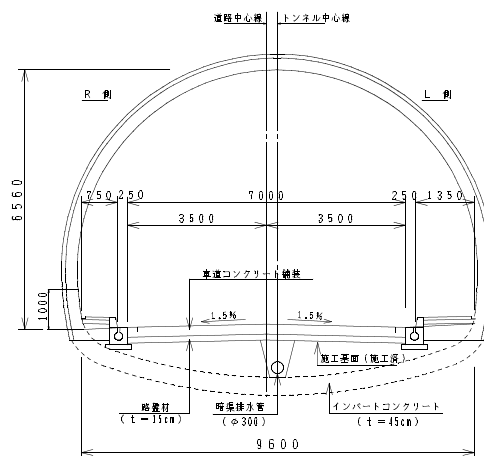


図 - 2 標準断面図

3、舗装検討条件の整理とライフサイクルコストによる舗装選定

舗装検討の条件を表 - 1 に、舗装検討の概要フローを図 - 3 に示す。

検討過程においてまず、アスファルト舗装を含めた各種舗装工法について、経済性及

び施工性能の格差並びにライフサイクルコストの検討を行った結果、「普通コンクリート舗装」「連続鉄筋コンクリート舗装」の2工法に絞られた。

表 - 1 舗装検討条件

条件項目	検討条件	摘要
道路の供用期間	50年	今後50年間は同程度の交通，道路条件を満たす新たな道路整備は行われないものと想定
舗装設計交通量	平成11年度交通センサス	1,810台/日(うち、大型車270台/日)
舗装設計の信頼性	75%	交通量に若干の変動および設計期間を若干超過しても疲労ひびわれが生じない舗装として、交通量を「2倍」とする
舗装設計期間	50年	検討の結果、道路の供用期間と合わせることでライフサイクルコストが経済的となる

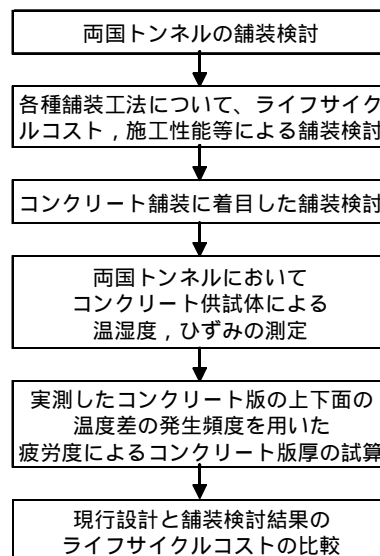


図 - 3 舗装検討フロー

次に、地域の温度特性及び長大トンネル内舗装という特徴から、当トンネルにおいて、トンネル内外の気温・湿度及び舗装供試体を用いたコンクリート舗装内部の温度とひずみの測定を行い、測定結果を考慮した舗装検討を行うこととした。

4、コンクリート版の温度、ひずみ測定による検討

現地での測定箇所を表 - 2 に示す。それぞれの位置で、コンクリート供試体(縦25cm×横40cm×厚さ25cm)を用い、1断面につき上面、中央、下面の3箇所において「収縮ひずみの測定」、温度応力が小さいと版厚を薄くすることができることから「コンクリート版上面と下面の温度差の測定」、又気温・湿度の測定を行い舗装検討に反映させた。

表 - 2 温度・ひずみ測定箇所

	日射部	坑口部				坑内部		
	-110m	坑口0m	坑口20m	坑口50m	坑口100m	坑内200m	坑内400m	中央1,600m
コンクリート供試体のひずみ測定 *1		-	-	-			-	-
コンクリート供試体の温度測定 *1								
気温の測定								
湿度の測定		-	-	-	-		-	-

4.1、コンクリート版のひずみ観測結果による舗装工法の決定

両国トンネルにおいてコンクリート供試体断面の上面、中央、下面の実ひずみを観測し、温度ひずみを控除した収縮ひずみが最大値となった結果を表 - 3 に示す。トンネル坑内は、水分の供給が少ないこと

表 - 3 コンクリート版の収縮ひずみ最大値

観測期間		平成16年11月～平成17年1月20日		
供試体コンクリート打設日		平成16年10月28日		
観測位置		日射部	坑口部	坑内部
コンクリート版上部と下部の収縮ひずみの差が最大となった日時		平成16年12月15日 17:00	平成17年1月15日 9:00	平成17年1月19日 5:00
コンクリートの収縮ひずみ(×10 ⁻⁶) *()内は温度()を示す	上部	-34 (9.2)	-83 (6.0)	-104 (7.8)
	中央部	2 (9.6)	-23 (7.2)	-31 (9.1)
	下部	25 (9.4)	10 (7.7)	16 (9.9)
	上部と下部の差	-59	-93	-120

から、坑口から坑内へ向かって乾燥しやすい状態となり、版上部の収縮ひずみが大きくなる

と考えられる。コンクリート版の上部と下部の収縮ひずみの差が大きいとコンクリート版がそり上がることが懸念される。コンクリート版のそり上がりにより、走行性の低下やそり上がり部の破損等が懸念されることや、コンクリート版のそり上がりによる上面からのひびわれを抑制させるため、連続鉄筋コンクリート舗装を採用するものとした。

4.2、コンクリート版温度差の観測値による版厚の決定

実測したコンクリート供試体のコンクリート版上面と下面との温度差発生頻度を図-4に示す。図-4のうち「舗装設計施工指針による参考値」と「トンネル坑内の実測値」による温度差の発生頻度を用いて、コンクリート版厚の試算を行った。

交通量（輪荷重）が比較的小さいことと、トンネル内は日射による外気温の影響が少なく、コンクリート版の上下面の温度差が小さいことから、輪荷重応力及び温度応力は小さくなる。

結果、疲労度より求まる連続鉄筋コンクリート舗装の版厚は、「舗装設計施工指針による参考値」を用いて算出した版厚「25cm」に対して「22cm」と3cm薄くできるものとなった。

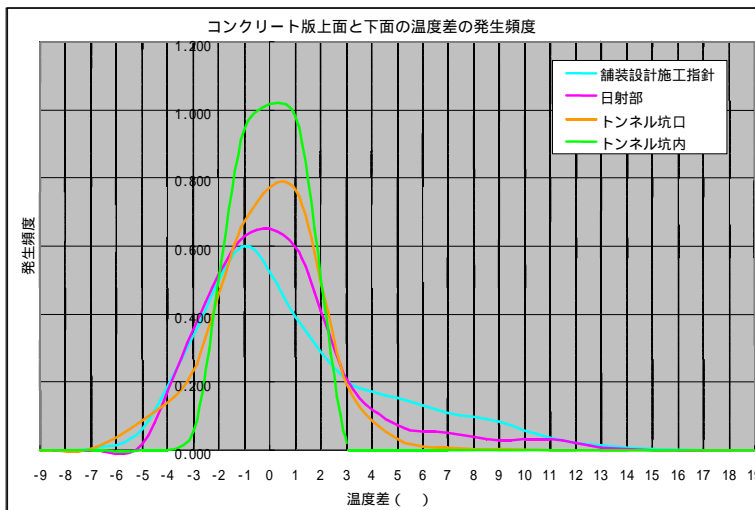


図-4 コンクリート版上下面の温度差の発生頻度

表-4 コンクリート版厚の試算結果

	連続鉄筋コンクリート舗装の版厚
トンネル坑口部 (舗装設計施工指針の参考値)	25cm
トンネル坑内部 (現地トンネル内の実測値)	22cm

4.3、版厚の適用範囲

トンネル坑口部については、外気温及び日射の影響を受けることから安全側を考慮し、「舗装設計施工指針の参考値」を用いて算出した版厚「25cm」を採用し、その範囲は気温の実測値より外気温の影響を受ける範囲として、「坑口から200m」とした。また、日射部及び坑口付近は、連続鉄筋コンクリート舗装による膨張目地が

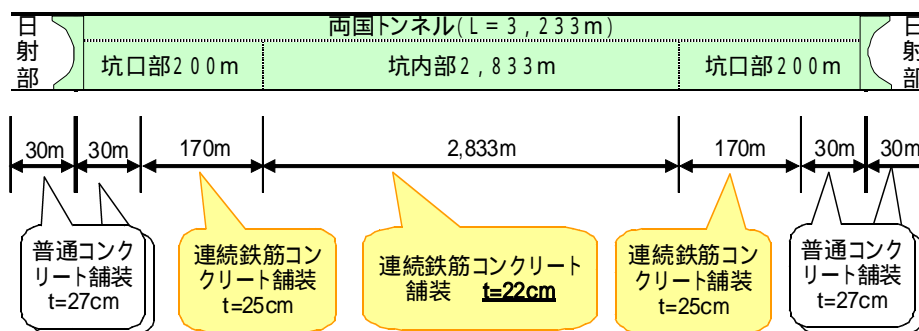


図-5 舗装区分延長とコンクリート版厚

ら200m」とした。また、日射部及び坑口付近は、連続鉄筋コンクリート舗装による膨張目地が

受ける雨水、日射の影響を小さくさせることから、日射部30mと抗口から坑内へ30m間は「普通コンクリート」を採用し、1箇所あたりの目地の開きを小さくさせるものとした。

5、まとめ

現行設計と今回の舗装検討結果のライフサイクルコストの試算結果の比較を表 - 5 に示す。交通量が比較的少ないことと、長大トンネルの特徴を生かし、実測した温度、湿度、ひずみの測定結果から、温度応力の低減を考慮したことにより、版厚を薄くできるものとなった。

また、舗装の設計期間を供用期間と同じ50年としたこと

により、補修打換え回数が減り、道路利用者費用、Co2排出量の費用も低減され、50年間のライフサイクルコストでは、現行設計に対して約44%（約188百万円）のコスト縮減効果となった。

今回の舗装検討が今後の同様な条件のトンネル舗装の基礎的資料となれば幸いであるとともに、このような長大トンネルにおける舗装版内の長期に渡る温度・湿度・ひずみ観測データは少なく、検討結果の妥当性を検証するうえで、供用後における継続的な追跡調査を行っていきたいと考える。

表 - 5 現行設計と検討結果のコスト比較

設計種別		現行設計		舗装検討結果	
設計手法		標準設計		実測値の温度差を用いた、温度応力の低減による版厚	
舗装工種		普通コンクリート舗装		連続鉄筋コンクリート舗装	
計画交通量		B交通 (250以上1,000未満台/日・方向)		平成11年交通センサス (135台/日・方向)	
設計期間		20年		50年	
舗装断面					
建設・維持管理費用	建設費	157.5百万円	36.4%	157.4百万円	64.4%
	補修費	-	-	27.8百万円	11.4%
	打換え費	128.6百万円	29.7%	-	-
	計	286.1百万円	66.1%	185.2百万円	75.8%
道路利用者費用		134.9百万円	31.2%	51.4百万円	21.0%
CO2排出量の費用		11.7百万円	2.7%	7.7百万円	3.2%
50年間のライフサイクルコスト		432.7百万円	100%	244.3百万円	100%
		(基準1.0)		(基準に対して0.56)	
		現行設計に比べて約188百万円の縮減			