

開削トンネル函体における 温度ひび割れの発生と対策の解析的検討

佐藤 彰紀¹・小林 寛¹・上月 健司²・末宗 利隆²・田坂 幹雄³

¹正会員 阪神高速道路株式会社 堺建設部 (〒590-0075 大阪府堺市堺区南花田口町2-3-20)
E-mail: akinori-sato@hanshin-exp.co.jp, E-mail: hiroschi-kobayashi@hanshin-exp.co.jp

²正会員 株式会社大林組 土木本部プロジェクト部 (〒108-8502 港区港南2-15-2 品川インターシティB棟)
E-mail: kozuki.kenji@obayashi.co.jp, E-mail: suemune.toshitaka@obayashi.co.jp

³正会員 株式会社大林組 生産技術本部設計第四部 (〒108-8502 港区港南2-15-2 品川インターシティB棟)
E-mail: tasaka.mikio@obayashi.co.jp

現在建設中の阪神高速大和川線の開削トンネルについて、事前温度応力解析の結果ひび割れが発生する恐れが無いとされた箇所、底版コンクリートに許容幅を超えるひび割れが発生した。このひび割れについて発生原因を推定するとともに、以降の温度ひび割れ対策に反映させることを目的として、当初解析のパラメータを施工時計測データに基づく再現解析により同定し、未打設部分の温度応力解析を再度実施することとした。

再現解析の結果、湿潤・保温養生マット撤去時における表面温度の急変や初期の乾燥収縮進行の影響が大きいことが明らかとなり、これらを緩和する施工方針案を策定し、以後の施工に反映させた。

Key Words : thermal cracking, thermal analysis, cut and cover tunnel

1. はじめに

現在建設中の阪神高速大和川線の開削トンネルについては、当社のマニュアル¹⁾においても温度ひび割れ対策が問題となるマスコンクリート構造物の範疇に含まれるため、各工区とも発注時にひび割れ制御鉄筋を考慮する等の配慮を行ってきた。また、入札時には工区毎に品質管理、出来型管理に関する技術提案があり、事前の温度応力解析の実施やコンクリート打設後養生の工夫等が採用され、実施されている。

本稿で取り上げる工区においても、技術提案に基づいて「温度応力解析の実施」が実施されるとともに、施工においては「被膜養生剤による初期乾燥防止」、「版状構造物の断熱湿潤養生」、「養生時温度管理」を実施し、温度ひび割れ防止に万全を期すこととし、特に養生マットについては、技術提案により湿潤・保温養生マット(Qマット)を使用することとした。このマットは、湿潤養生シートと保温養生マットの2層構造で、それぞれ個別に敷設できるものである。

平成23年11月より本工区最初の底版(厚さ1.0m)コンクリートを打設したところ、「初期材齢における内部拘束型温度ひび割れ」と考えられるひび割れが発生した。そのため、次の打設となった18-1、15-2、17-2ブロックの底版では養生マット敷設のタイミン

グを早める対応を取ることとした。

この対応により初期材齢におけるひび割れ、及び養生期間中のひび割れについては制御することが出来たが、養生マット撤去後数日の間に最大0.4mmのひび割れが発生した。

このため、これらのひび割れは当初判定した「初期材齢における内部拘束型温度ひび割れ」だけでは十分でないと考えられることから、当初の温度応力解析内容に立ち戻り、原因の推定、対策の検討を行った。

2. 事前解析

本工事においては入札時の技術提案に基づき事前の温度応力解析を実施し、施工時の品質管理方針を策定した。以下に事前解析の概要を示す。

(1) 解析モデルおよび解析条件

図-1に当初の検討に用いた解析モデルを示す。モデル化対象は当工区で一般的な「1層2径間蓋掛け構造」のうち、最も壁厚が厚くかつ施工延長の長い17-2ブロックとした。また、深さ方向、幅方向に構造物より10mの範囲の基礎地盤を含め、延長方向には対象構造物と考えて1/2モデルとし、打設リフトは底版1リフト、側壁2リフトの計3リフトとした。

解析手法は、3次元FEMにより、温度解析については非定常熱伝導解析、応力解析については弾性係数の有効材齢依存を考慮した非線形応力解析とした。

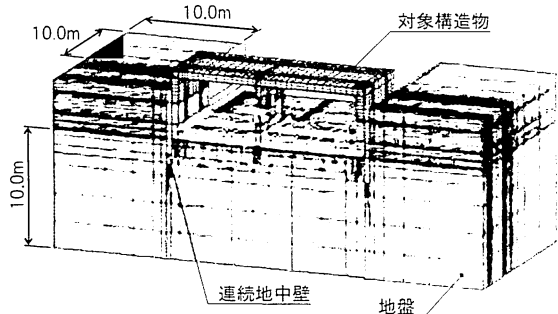


図- 1 温度応力解析モデル

検討ケースは表- 1に示すとおり、打設時期、膨張剤添加の有無を組み合わせた8ケースを想定し、膨張剤無添加のケースで要求性能を満足できない場合のみ膨張剤添加のケースを実施することとした。

施工条件としては春夏秋冬とも各打設リフトに1ヶ月の間隔を考慮し、外気温は気象庁による堺市の月別平均気温データを用いた。コンクリートの配合は大阪広域生コン組合の標準配合を用い、コンクリート物性値、地盤の熱特性、力学特性、養生時の熱伝導率は阪神高速の設計施工マニュアル¹⁾、コンクリート標準示方書²⁾、及びJCIのひび割れ制御指針³⁾を適宜用い、連続地中壁の熱特性、力学特性は前記指針類に無いので請負者の施工実績値を用いた。

表- 1 温度応力解析解析検討ケース

CASE	打設季節	打設温度(℃)	各打設箇所のコンクリートの仕様					
			① 底版		② 壁 1リフト		③ 壁 2リフト・頂版	
			配合	配合	膨張剤	配合	膨張剤	
1	春季 3/26	20	30-10-20BB	30-10-20L	なし	30-10-20L	なし	
2 ^{※1}	5/31		30-10-20BB	30-10-20L	20kg/m ³	30-10-20L	20kg/m ³	
3	夏季 6/1	30	30-10-20BB	30-10-20L	なし	30-10-20L	なし	
4 ^{※2}	9/20		30-10-20BB	30-10-20L	20kg/m ³	30-10-20L	20kg/m ³	
5	秋季 9/21	20	30-10-20BB	30-10-20L	なし	30-10-20L	なし	
6 ^{※3}	11/15		30-10-20BB	30-10-20L	20kg/m ³	30-10-20L	20kg/m ³	
7 ^{※4}	冬季 11/16	10	30-10-20BB	30-10-20L	なし	30-10-20L	なし	
8 ^{※4}	3/25		30-10-20BB	30-10-20L	20kg/m ³	30-10-20L	20kg/m ³	

(2) 要求性能と解析結果

解析及び実施工における要求性能は、下記の通りとした。①解析における最小ひび割れ指数を0.9以上とする。②発生ひび割れ幅としてかぶりの0.004倍あるいは0.3mmの小さい方。

解析ではひび割れ指数が算出されるため、コンクリート標準示方書²⁾に示される最大ひび割れ幅とひび割れ指数の関係を基に、許容ひび割れ幅を満足する必要ひび割れ指数を決定した。

解析結果のうち実際の施工を予定した冬季打設・膨張剤無添加ケースについて、最小ひび割れ指数の

まとめを表- 2に、ひび割れ指数コンターを図- 2に示す。解析の結果、高炉セメントを用いた場合でも最も小さいケース・部位でひび割れ指数は部材中心で2.11となり、要求するひび割れ指数0.9を満足し、同時に必要ひび割れ指数も満足した。これより発生ひび割れ幅は許容値以内に収まるものと判断され、実際の打設は膨張剤を添加しない標準配合(高炉セメント)で打設することとした。

表- 2 CASE-7 ひび割れ指数解析結果
(冬季打設・膨張剤無添加)

CASE	施工リフト	抽出点	コンクリート配合	最小ひび割れ指数	必要ひび割れ指数の最大値	判定
CASE7	1リフト	1L-底版	30-10-20BB	2.11	1.11	OK
		2L-側壁 A	30-10-20L	2.67	1.16	OK
	2リフト (壁 1リフト)	2L-中壁	30-10-20L	2.96	1.16	OK
		2L-中柱	30-10-20L	3.30	1.21	OK
		2L-側壁 B	30-10-20L	2.64	1.15	OK
	3リフト (壁 2リフト・頂版)	3L-側壁 A	30-10-20L	2.56	1.20	OK
		3L-中壁	30-10-20L	3.93	1.16	OK
		3L-中柱	30-10-20L	4.25	1.21	OK
		3L-側壁 B	30-10-20L	2.56	1.19	OK
		3L-頂版	30-10-20L	2.61	1.17	OK

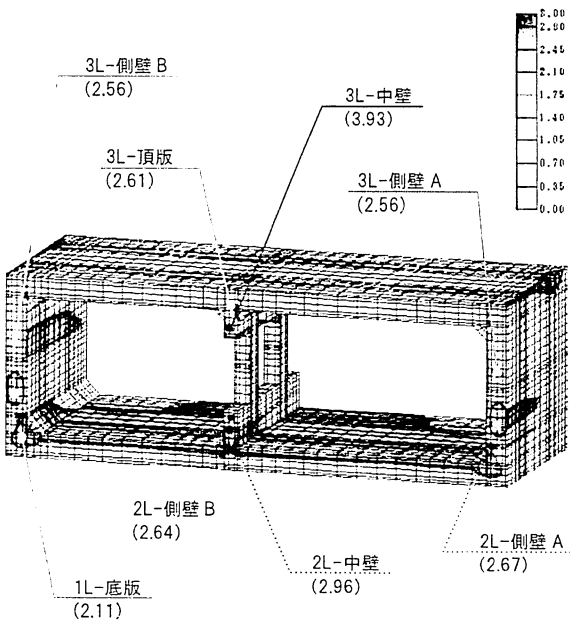


図- 2 CASE7 ひび割れ指数コンター図
(冬季打設・膨張剤無添加)

3. 実施工におけるひび割れの発生

(1) 第1次打設(16-1ブロック及び17-1ブロック)

平成23年11月1日に本工区で初めての打設となる16-1ブロック底版(厚さ1m)及び引き続き11月16日に打設された17-1ブロック底版(厚さ1.1m)において、ひび割れが発生した。11月22日に調査した16-1ブロックのひび割れの状況を図- 3に示す。ひび割れは両端の妻部で縦断方向に、中央部では栈橋杭を起点に発生している。ひび割れの形状はほぼ直線状であ

り、ほとんどのひび割れ幅は0.2mm以下であるが、一部0.25mmとなっている。

このひび割れの発生原因と対策について検討したところ、打設したコンクリートの配合に問題はなく、また、スランプや打設時のコンクリート温度、水分量とも正常値であり、材料に起因するひび割れではないこと、コンクリートの打設方法に問題はなく、打重ね不良等打設方法の不具合によるひび割れではないこと、養生マット撤去時において、コンクリート表面は湿潤状態を保っていたことから乾燥収縮ひび割れである可能性は低いこと、コンクリートの最高温度および温度降下速度に関し、実測データと事前解析結果とで大きな差異はなく、外部拘束による温度応力に起因する貫通ひび割れである可能性は低いことが明らかとなった。しかしながら、コンクリートの内部温度と表面温度の差は、打設後 18 時間程度まで広がり続け、実測データが温度差 15℃であるのに対し、事前解析結果は温度差 6℃であった。

底版厚が小さく、コンクリート断面内の温度勾配が急であったと考えられることや、発生時期がコンクリートの引張強度が極めて小さい初期材齢時であることから、ここで発生したひび割れは内部拘束に起因する温度ひび割れである可能性は否定できない。すなわち、コンクリートの内部と表面の温度差による表面ひび割れである可能性が高く、応力集中が生じやすい中間杭廻りにおいて多く発生したと考えた。

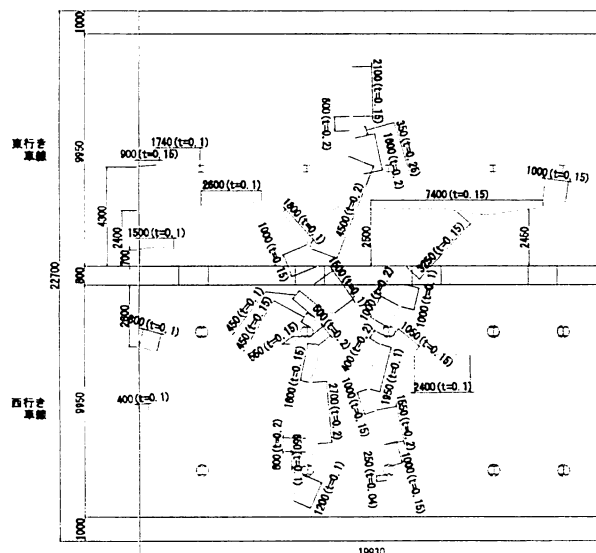


図- 3 16-1 ブロック底版ひび割れ発生状況

これらの検討を受け、初期材齢における内部拘束に起因する表面ひび割れを防止するため、養生マットの敷設時期を、打設日の翌日午前中(コンクリート打設完了から14~16時間経過後)から、コンクリート天端に足跡等が付かない程度まで硬化後(8時間程度経過後)に変更し、可能な限り打設後速やかに養生を開始することとした。なお、コンクリート温度の上昇過程において保温養生を開始することにより、コンクリート中心部の最高温度が数度上昇する可能性があるが、解析結果から最小ひび割れ指数は十分

に大きいため、貫通ひび割れを誘発する可能性は低いと判断した。

(2) 第2次打設(18-1ブロック、15-2ブロック及び17-2ブロック)

その後12月に打設した18-1ブロック(12/7)、15-2ブロック(12/15)、17-2ブロック(12/27)では、前期の対策により初期材齢におけるひび割れ、および養生期間中のひび割れを制御することができた。しかしながら、養生マット撤去後数日以内に最大0.4mmのひび割れが発生した。17-2ブロックのひび割れ発生状況を図- 4に示す。

養生マット撤去後のひび割れ発生要因としては、打設したコンクリートの性状に異常はみられないこと、ひび割れの発生時期が養生マット撤去後数日以内であったこと、衝撃弾性波試験による調査の結果貫通ひび割れではなく表面ひび割れであると判断できたことから、コンクリート表面の急冷による内部拘束型温度ひび割れ、および乾燥収縮ひび割れが考えられた。この2つのひび割れ発生要因のうち主要因としては、最大0.4mmのひび割れが養生マット撤去から短期間に発生していることから、コンクリート表面の急冷による内部拘束型温度ひび割れであると考えられた。

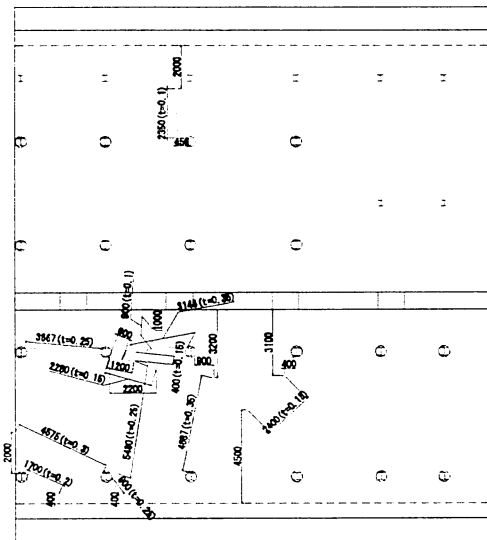


図- 4 17-2 ブロック底版ひび割れ発生状況

第1次、第2次とも事前温度応力解析ではひび割れが発生する可能性は低いとされたが、実施工において内部拘束型温度ひび割れと推定できる表面ひび割れが発生したことから、温度応力解析に用いた各種パラメータやモデルを変更することで、より実施工に近い温度応力解析を構築し、その上でひび割れ抑制対策を再考することとした。

4. 原因究明のための解析的検討

(1) 解析モデル及び解析条件

より正確にコンクリート温度および応力履歴を再現するため、実施工時のコンクリート温度計測記録がある17-2ブロックについて、図-5に示すように底版コンクリートを貫く栈橋杭および中間杭も含めたモデルを用いた。

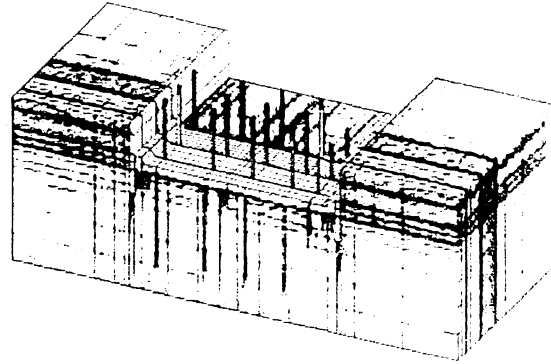


図-5 17-2ブロック温度応力解析モデル

解析に使用するコンクリート打設日時は、実施工におけるコンクリート打設終了日時を使用した。また、コンクリート打設温度は、受入れ時試験におけるコンクリート温度の平均値とし、外気温については、17-2ブロック打設時の実測データを使用した。さらにコンクリートの配合、物性値、地盤の熱特性・力学特性、連続地中壁の熱特性・力学特性は事前解析と同じ値を使用し、中間杭等のH形鋼の熱特性・力学特性はJCIのひび割れ制御指針²⁾に依ることとした。

ここで、コンクリートの断熱温度上昇量、養生時の熱伝導率、圧縮強度は、以下に示す通り実現象に合致するよう、フィッティングすることとした。

(2) 温度履歴の同定

まず初めに、17-2ブロックにおける実測コンクリート温度の再現を試みた。ここで、コンクリート温度を実測した箇所は底版中央(延長方向、幅員方向とも)のコンクリート中心部とかぶり部であるが、ひび割れの発生箇所はコンクリート表面部であるため、かぶり部のコンクリート温度を優先的にフィッティングすることとした。変更するパラメータは以下の通りである。

①コンクリート温度上昇特性²⁾：

$$Q(t) = Q_{\infty} \cdot (1 - \exp^{-\alpha t})$$

ここで、 Q_{∞} ：終局断熱温度上昇量(℃)， α ：温度上昇速度に関する係数であり、 Q_{∞} を変更することでコンクリートの最高温度を、 α を変更することでコンクリートの温度上昇速度をフィッティングする。

②熱伝達率：施工で用いた湿潤・保温養生マット(Qマット)および空気の熱伝達率を変更することでコンクリート温度の降下速度をフィッティングする。

以上のパラメータの組み合わせ、表-3に示す6通

りについて温度解析を実施した。解析結果及び実測値の温度履歴を図-6および図-7に示す。

表-3 解析ケースとパラメータ

CASE	解析条件			
	断熱温度上昇特性		熱伝達率 (W/m ² ℃)	
	Q_{∞}	α	Qマット	空気
実測	—	—	—	—
I-1	59.95	0.575	4.0	14.0
I-2	65.06	0.837	3.5	14.0
I-3	56.64	0.837	2.5	14.0
I-4	57.00	0.750	2.5	8.0
I-5	57.00	0.750	2.5	6.0
I-6	57.00	0.750	2.5	Qマット撤去後 2日 6.0 その後 8.0
RC示方書	57.00	0.750	5.0 (養生マット)	14.0

図-6より表-3中のCASE1-6の組み合わせで、かぶり部において実測コンクリート温度と0.5℃以内の誤差で再現することができることがわかる。この組み合わせでは中心部においてもQマット撤去までは0.5℃以内の誤差で再現することができ、Qマット撤去後においても2℃程度の誤差で再現することができた。よって、以降の解析ではこのパラメータを採用することとした。

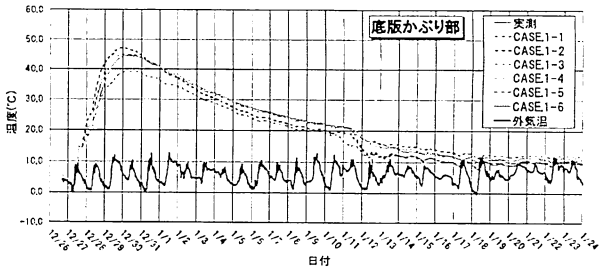


図-6 底版かぶり部コンクリート温度履歴の比較

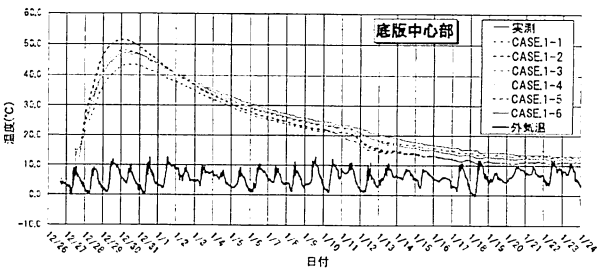


図-7 底版中心部コンクリート温度履歴の比較

(3) 温度応力の算定

前項でフィッティングした温度解析結果を用いて応力解析を実施した。実施工では、温度応力による表面ひび割れがQマット撤去後数日以内に発生し

ており、これを解析で再現すべく、解析条件を変更しトライアルを繰り返した。解析条件を変更する場合は、より実施工に近付ける目的で乾燥収縮の追加を優先して実施した。

なお、応力解析の際に使用するコンクリートの圧縮強度については、実施工におけるコンクリート圧縮試験結果と合わせるため、以下に示すコンクリート標準示方書²⁾の圧縮強度式におけるパラメータを変更することでフィッティングを行った。

$$f'_c(t) = \frac{t}{a+bt} \times f'_{ck} \times d(28)$$

ここで、 $f'_c(t)$ ：材齢 t 日におけるコンクリートの圧縮強度(N/mm²)、 f'_{ck} ：コンクリートの設計基準強度(N/mm²)、 a ：セメント種類別の定数【BB の場合： $a=6.2$ 】、 b ：セメント種類別の定数【BB の場合： $b=0.93$ 】、 $d(28)$ ：材齢 28 日に対する材齢 91 日の強度の増加率【BB の場合： $d=1.15$ 】であり、 f'_{ck} および a を変更することで実施工時のコンクリート強度履歴とフィッティングさせた。フィッティング結果を図- 8 に示す。

図に示すように $f'_{ck}=44.5$ 、 $a=5.5$ の時が最も圧縮強度履歴をよく表現できると考えられるため、以降の解析にはこの組み合わせを採用することとした。

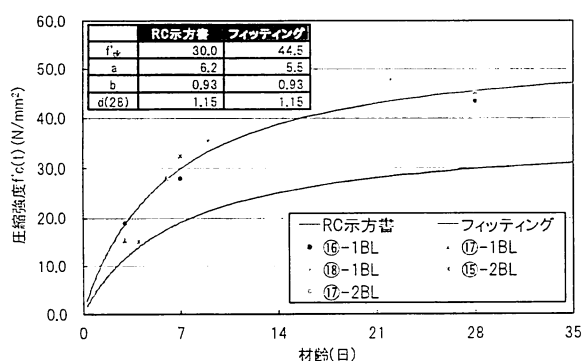


図- 8 コンクリート圧縮強度フィッティング結果

(4) ひび割れ発生の再現

前項までの検討結果を用い、実施工におけるひび割れ発生の再現を試みた。解析ケースとして、乾燥収縮を考慮しないケース(case2-1)、考慮するケース(case2-2)を実施した。解析による最小ひび割れ指数の履歴を図- 9~図- 11 に示す。

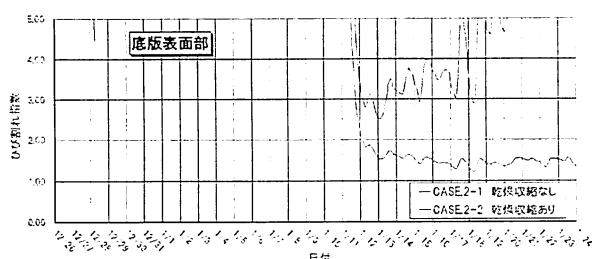


図- 9 最小ひび割れ指数の履歴(底版表面部)

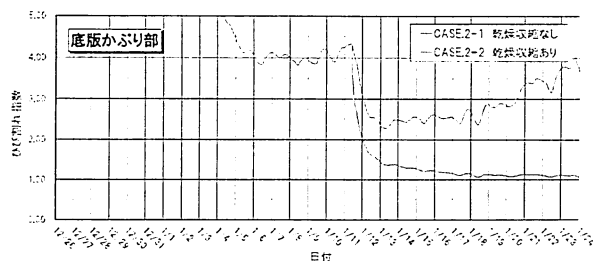


図- 10 最小ひび割れ指数の履歴(底版かぶり部)

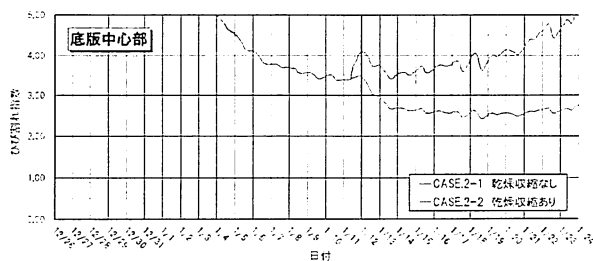


図- 11 最小ひび割れ指数の履歴(底版中心部)

図から明らかなように、表面部及びかぶり部では Q マット撤去後のコンクリート表面の急冷に伴い内部拘束による温度応力が発生し、ひび割れ指数が急落していることが分かる。しかしながら、case2-1 においては最小ひび割れ指数 1.75 以上を保持しており、一般的にはひび割れが発生する可能性は低いと判断できる。

一方で乾燥収縮を考慮した case2-2 では、Q マット撤去後に温度応力にくわえ乾燥収縮が作用し、底版表面部において最小ひび割れ指数 1.20、かぶり部において最小ひび割れ指数 1.06 と比較的小さい値となった。ここで、コンクリート標準示方書²⁾によるひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係を図- 12 に示す。同図より、乾燥収縮を考慮した case2-2 におけるひび割れ発生確率は、底版表面部において 60%、かぶり部において 78%であり、ひび割れ発生の可能性はあると判断できる。

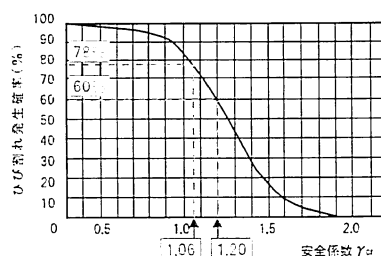


図- 12 ひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係

また、Q マット撤去に伴い、コンクリート表面の急冷や乾燥収縮による内部拘束型の応力が発生したため、部材中心部においては、圧縮応力が働き、ひび割れ指数が増大する結果となった。部材中心部の最小ひび割れ指数は Q マット撤去直前に記録した 3.36 であり、十分に大きく、貫通ひび割れが発生する可能性は極めて低いと判断できる。

実施工において発生したひび割れは、いずれも表面ひび割れであり、Q マット撤去後まもなく発生し

ていることから、乾燥収縮を考慮した case2-2 はこれらを再現できているため、これを以後の検討に用いることとした。

なお、一般に実施するマスコンクリートに対する温度応力解析では、乾燥収縮の影響は考慮していないのが実情である。これは、通常、温度応力解析は構造物への影響が大きい貫通ひび割れを対象としており、部材中心部においてはコンクリート表面の乾燥収縮による影響が小さいことによる。コンクリート標準示方書²⁾によると、部材の最小寸法が400mm 程度以下では、配合や環境によって、乾燥収縮が無視できない場合もあるため、この場合、乾燥収縮ひずみの影響を考慮することが望ましいとされる。ここで、本構造物は部材厚 1,100mm のマスコンクリートであるが、本検討のようにコンクリート表面のひび割れを検討対象とする場合には、乾燥収縮の影響は避けられないため、これを考慮することで、より実施工に近い解析結果を得ることができるといえる。

(5) ひび割れ抑制策の検討

これまでの検討結果を用いた予測解析を行い、ひび割れ抑制策を考案した。抑制策としては、コンクリートの養生方法の変更による収縮ひずみの低減や塗膜養生剤の散布による乾燥収縮ひずみの低減などを考慮した。

解析ケースは、表- 4 に示す通り、保温養生マットと湿潤養生シートからなる Q マットのうち、保温養生マット、湿潤養生シート撤去のタイミングや塗膜養生剤の散布による乾燥収縮の抑制効果を考慮した 8 つのケースで行った。

解析による最小ひび割れ指数の履歴を底版表面部について図- 13 に、底版かぶり部について図- 14 に示す。

表- 4 予測解析ケース

CASE	解析条件			
	養生方法		乾燥収縮	
			低減率	開始材齢(日)
2-2	Q マット 14 日	14 日	—	14 日
3-1	Q マット(保温マット)	11 日	—	14 日
	Q マット(湿潤シート)	3 日		
3-2	Q マット	14 日	20%	14 日
3-3	Q マット(保温マット)	11 日	20%	14 日
	Q マット(湿潤シート)	3 日		
3-4	Q マット(保温マット)	11 日	20%	17 日
	Q マット(湿潤シート)	3 日		
3-5	Q マット(保温マット)	11 日	20%	21 日
	Q マット(湿潤シート)	3 日		
3-6	Q マット(保温マット)	7 日	20%	17 日
	Q マット(湿潤シート)	7 日		
3-7	Q マット(保温マット)	7 日	20%	13 日
	Q マット(湿潤シート)	3 日		

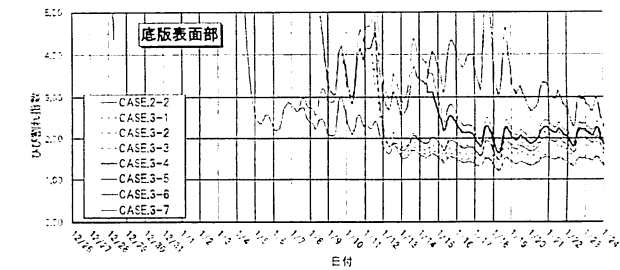


図- 13 最小ひび割れ指数の履歴(底版表面部)

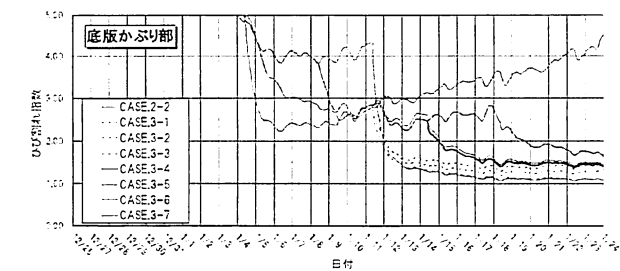


図- 14 最小ひび割れ指数の履歴(底版かぶり部)

図より、湿潤シートと保温マットからなる Q マットを材齢 14 日目に同時に撤去(case2-2)するよりも、保温マットのみを材齢 11 日目に先に撤去し、残る湿潤シートを材齢 14 日目に撤去した方がひび割れ指数が改善されることが確認できた。これは、保温性能の高い Q マットを段階を踏んで撤去することでコンクリート表面の急冷を抑制し、内部拘束型の温度応力を低減できたことによる。また、case2-2 に対し乾燥収縮ひずみを 20%低減させた case3-2 では最小ひび割れ指数がコンクリート表面部、かぶり部とも 0.13~0.16 向上した。さらに、急冷抑制策と乾燥収縮ひずみ低減策を併せた case3-3 では、さらにひび割れ指数が向上し、コンクリート表面部において 1.40、かぶり部において 1.22 となった。

これらより、養生方法として「Q マットのうち保温マット 11 日+湿潤マット 3 日」は「Q マット 14 日」と比較し表面ひび割れに対し同等以上の抑制効果があり、乾燥収縮ひずみの低減は表面ひび割れに対する抑制効果が高いという結論を得た。

急冷抑制策と乾燥収縮低減策を併せ、さらに乾燥収縮の開始材齢を湿潤マット撤去から 3 日(case3-4)および 7 日(case3-5)遅らせたケースの比較では、case3-4 では表面部およびかぶり部においてひび割れ指数が 0.16~0.23、case3-5 では 0.43~0.86 向上した。これらひび割れ指数の向上は、乾燥収縮の開始材齢を遅延させることにより、乾燥収縮ひずみの発生と Q マット撤去後のコンクリート表面の急冷による温度応力の発生の時期をずらした効果による。

これらから、乾燥収縮ひずみの開始材齢を遅延させることは表面ひび割れに対する抑制効果が高いといえる。なお、乾燥収縮ひずみの開始材齢遅延に対する現場での対応策として、湿潤シート撤去後の継続的な散水養生が可能である。

次に case3-4 に対し、現場での施工性を考慮し養

生を保温マット 7 日, 湿潤シート 7 日に変更した case3-6, および養生を保温マット 7 日, 湿潤シート 3 日とした case3-7 の解析を実施したところ, case3-6 では 0.08~0.09 向上したものの, case3-7 では 0.15~0.17 減少する結果となった。

これより, 養生方法として保温マット 7 日+湿潤シート 7 日(case3-6)は, 保温マット 11 日+湿潤シート 3 日(case3-4)と比較して表面ひび割れに対し同等の抑制効果がある事がわかった。

(6) 以後の施工方針

以上の検討より, 特に寒冷期の打設であることと, 養生マット(Q マット)の断熱効果が想定以上に高いことから, 養生マット撤去前後の表面温度の急変を抑制することがポイントと考えられた。そのため, 以後の底版打設は, 十分なひび割れ抑制効果が期待でき, 施工性に優れる case3-6 に基づくものとし, 事前に行う温度応力解析にもこれを反映させるものとした。

5. まとめ

大和川線開削トンネル工事における函体施工時に, 事前の検討では発生しないと考えられていたひび割れが底版に生じた。その現象を解析的に再現するこ

とにより以下のとおり原因の追及と対策案の策定を行った。

- 発生したひび割れは, 衝撃弾性波試験による調査の結果表面ひび割れと判定された。これは, 実際の温度履歴等を用いてフィッティングさせた解析からも同様な結果が導かれた。
- フィッティング結果から同定された条件を用いた予測解析により, 今後の施工方針を検討した。
- その結果, ひび割れ抑制効果と施工性を勘案して, 塗膜養生材散布の後保温マット7日+湿潤マット7日, 湿潤シート撤去後散水養生3日間の組み合わせで行うものとした。以後に打設したコンクリートにおいては, ひび割れは発生していない。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団: マスコンクリートのひび割れ制御に関する設計・施工マニュアル, 2002.1
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書・設計編[2007年制定], 2007.12
- 3) 日本コンクリート工学会: マスコンクリートのひび割れ制御指針2008, 2008.11

(2012. 9. 3 受付)

ANALYSIS FOR THERMAL CRACKING OF CUT AND COVER TUNNEL

Akinori SATO, Hiroshi KOBAYASHI, Kenji KOZUKI, Toshitaka SUEMUNE and
Mikio TASAKA

Unacceptable temperature crack was found at deck slab of open-cut tunnel which was shown as crack-free by temperature stress analysis computed on ahead.

In order to estimate the cause of the cracks, and make the construction plan which including the countermeasure for temperature cracking, the circumstances were replicated by analysis to identify the parameters based on the measurement value on first construction step, and improved temperature stress analysis was executed.

As a result of the analysis, it is found that the influences of the following two points are important for crack prediction: sudden change of the surface temperature at the time of the removal of the curing mat, progression of dry shrinkage. And lightening of them was carried out in the subsequent construction.