

大断面開削トンネルに係るマスコン解析について

阪神高速道路(株) 堺建設部 工事企画G
 阪神高速道路(株) 堺建設部 工事企画G
 堺市 建設局 道路部 大和川線担当
 (株)ニュージェック 道路グループ 道路第二チーム

正会員 ○岡崎 展也
 正会員 志村 敦
 非会員 小泉 亮
 非会員 義永 茂司

1. はじめに

近年の都市内高速道路については、都市空間の有効利用及び地域環境への配慮から、地下トンネルで計画されることが多くなっているが、一般に都市内高速道路については2車線以上の広幅員が多く、特に出入口との合流部については20m程度の内空幅になることもある。そのような中、設計する躯体においてはマスコンクリートの目安（広がりのあるスラブの厚さ 0.8~1.0m 以上、下端が拘束された壁の厚さ 0.5m 以上）¹⁾に該当することにも多くなるため、施工時にセメントの水和熱に起因した温度ひび割れ（乾燥収縮と外部拘束の影響で側壁に鉛直方向のひび割れ）が生じる可能性が高いと推測される。

そこで、コンクリートの温度応力解析により温度ひび割れ発生を推定し、検討の結果、有害なひび割れが発生する危険性がある場合には、ひび割れ抑止等の対策工によるひび割れ発生抑止効果の推定を行った。

2. 解析方法について

「土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕（2002年制定）」¹⁾に準拠し、温度応力解析および温度ひび割れ指数解析を実施する。なお、温度応力解析は、市販のプログラムを用いた三次元有限要素法により行う。これにより算出されたひび割れ指数から温度ひび割れ幅の予測を文献²⁾により行い、評価を行った。ひび割れ幅の判定を行った結果、ひび割れ幅が0.3mm(許容値)³⁾を超えた場合には、順次対策工を追加し、再度解析を実施して、ひび割れ幅が許容値内に収まるまで検討を行った(図-1)。

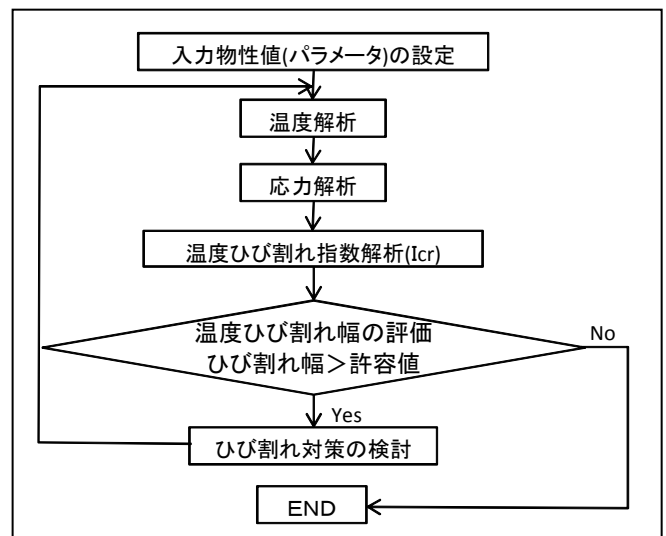


図-1 検討フロー

3. 検討断面

解析対象は、内空幅、部材厚が共に大きい断面とし、解析モデルは、左右・奥行対称と仮定し、1/4モデルとする。

また、奥行き方向（躯体打設スパン）は L=20m とする。

解析対象の断面図・モデル図を図-2に示す。

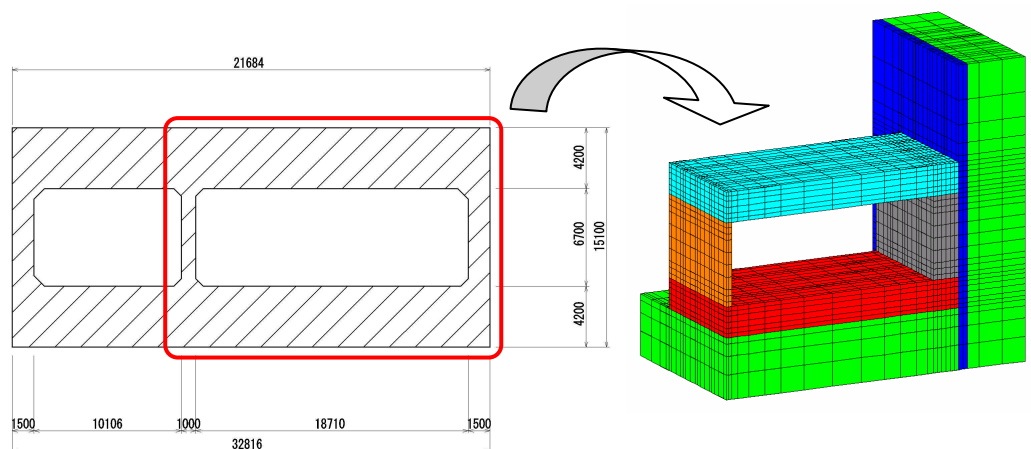


図-2 解析対象断面図・モデル図

キーワード マスコンクリート、温度応力解析、ひび割れ幅、高速道路、開削トンネル

連絡先 〒590-0075 大阪府堺市堺区南花田口町 2-3-20 住友生命堺東ビル 5 階 TEL 072-226-4719

4. 解析条件

コンクリート及び土質の物性値については、コンクリート標準示方書¹⁾等による一般的な値を採用した(表-2)。また、養生条件において、使用型枠は一般的な木製型枠とし、熱伝達境界設定は表-3の通りとする。

表-2 コンクリート及び土質の物性値

	項目	単位	入力物性値	備考欄
コン ク リ ー ト	熱伝導率	W/m ² °C	2.7	コンクリート標準示方書より
	密度	kg/m ³	2450	
	比熱	kJ/kg°C	1.15	
	配合	—	30-8-20BB	大阪府下標準配合表
	単位結合材料	kg/m ³	353	
	セメント種類	—	高炉セメントB種 AE減水剤使用	
	初期温度	°C	30	夏期の打設想定
	線膨張係数	/°C	10×10 ⁻⁶ 7×10 ⁻⁶	無対策時 膨張材使用
	ポアソン比	—	0.2	コンクリート標準示方書より
	熱伝導率	W/m ² °C	1.3	文献 ⁴⁾
土 質	比熱	kJ/kg°C	0.71	コンクリート標準示方書より
	線膨張係数	/°C	10×10 ⁻⁶	無対策時

表-3 熱伝達境界設定¹⁾

熱伝達境界名	期間(h)	熱伝達率 (W/m ² °C)	熱伝達境界 設定条件
養生マット	0	5	7d～8dは線形補間
	168[7d]	5	
	192[8d]	14	
合板	0	8	7d～8dは線形補間
	168[7d]	8	
	192[8d]	14	
外気	全期間	14	一定値

5. 分析結果

これまでの条件を基に分析した結果、無対策では外部拘束による貫通ひび割れの発生確率が高く、対策工が必要となる。

そこで、低熱セメントの使用→膨張材の使用→打設リフト増→配力筋のランクアップ・本数増の対策を考慮して検討を順次行った結果、ひび割れ幅が0.3mmに収まる結果となった(表-4 対策⑥、図-3)。また、対策①→対策②の段階で膨張材を使用した結果、ひび割れ幅の抑制に効果的であった。

表-4 検討ケースと結果概要

ケース	コンクリート	配力筋	打設リフト(回)			上段:ひび割れ指数 下段:ひび割れ幅(mm)					
			底版	中壁 側壁	頂版	内部				表面	
						底版	中壁	側壁	頂版	底版	頂版
無対策	高炉BB	原案	1	1	1	1.49 0.259	0.56 0.497	0.70 0.466	1.35 0.299	0.66 0.500	0.50 0.547
対策①	低熱L	原案	1	1	1	1.79 0.174	0.69 0.460	0.86 0.421	1.84 0.160	0.75 0.475	0.57 0.528
対策②	低熱L+膨張材	原案	1	1	1	2.78 0.321	1.18 0.178	1.72 0.178	2.96 —	1.30 0.319	1.00 0.406
対策③	低熱L+膨張材	原案	1	2	1	2.81 0.055	2.12 0.294	1.31 0.294	2.77 —	1.30 0.319	1.00 0.406
対策④	低熱L+膨張材	原案	2	2	2	3.62 0.358	1.05 0.237	1.51 0.237	3.70 —	2.91 —	2.05 0.108
対策⑤	低熱L+膨張材	1ランクアップ@125mm	1	2	1	2.81 —	2.12 0.230	1.31 0.230	2.77 —	1.30 0.290	1.00 0.378
対策⑥	低熱L+膨張材	1ランクアップ@125mm	2	2	2	3.62 0.276	1.05 0.173	1.51 0.173	3.70 —	2.91 —	2.05 0.081

打設時期 夏期:底版7月、側壁8月、頂版9月
 原案配力筋:底版D13,D22@250[D22@250]
 中壁D13@250
 側壁D16@250
 頂版D13,D19@250[D19,D22@250]
 ※[]は表面部

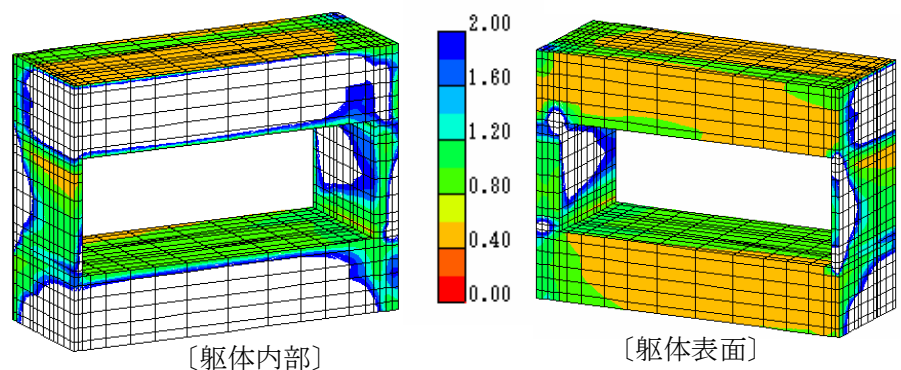


図-3 ひび割れ指数の状況(対策⑥の場合)

6. 最後に

今回の分析については、ひび割れ幅を予測し、それを抑制させる対策に対するケース毎の解析結果であるが、今後は、実態の施工過程と合わせた分析を実施し、実施工との比較が行える事例を用いて、解析結果の検証を行うようにしたい。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書 土木学会 2002年制定
- 2) 万木正弘, 白石泰一: 比較的厚い壁状構造物の温度ひびわれ実体調査結果の分析, 土木学会第43回年次学術講演会, pp. 464～465, 1988
- 3) 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 阪神高速道路公団 平成14年1月
- 4) 上野雅悠子, 濱田靖弘, 窪田英樹, 中村真人, 桑原浩平, 本間工士, 田村裕, 山田稔: 国土数値情報を用いた地下熱利用システムの導入可能性に関する研究, 第13回衛生工学シンポジウム論文集, pp. 143～146, 2005. 11