

第Ⅴ部門 鋼コンクリート合成構造沈埋函施工におけるコンクリート温度応力低減のための検討

－ 検討手順及び側壁コンクリートの基礎物性 －

運輸省第三港湾建設局 正員○小泉 哲也
運輸省第三港湾建設局 安井 征人
大阪南港トンネル沈埋函製作JV 正員 住吉 正信
大阪南港トンネル沈埋函製作JV 正員 横田 季彦
鹿島技術研究所 正員 信田 佳延

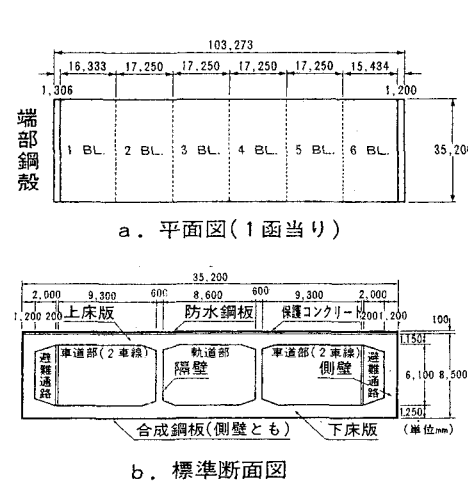
1. はじめに

大阪南港トンネルは、臨港道路と鉄道との併用に供されるもので、沈埋工法により建設が進められている。沈埋函体は、外周鋼板とコンクリートがずれ止めによって一体化された鋼コンクリート合成構造であり、比較的マッシブな断面を有しながら、鉄筋量が少ない特徴がある。したがって、構造物の耐久性・水密性を確保するには、温度ひびわれの発生を極力抑制することが重要となる。本報文では、当工事における温度ひびわれ検討手順を紹介するとともに、採用されたコンクリート配合およびその基礎物性を報告する。

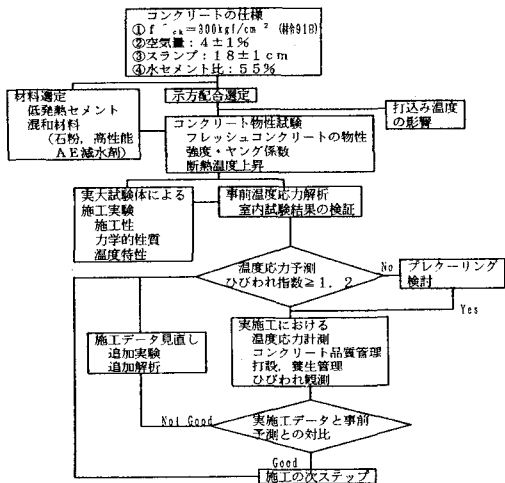
なお、本トンネルは、沈埋部の長さが約1,025mであり、10函体で構成される（1函当り長さ約103m、図－1参照）。上床版および下床版はそれぞれ1.15m、1.25m、側壁は1.2mの厚さを有するマッシブな断面である。この内、外部拘束の影響が大きいため側壁についての検討が重要となる。施工は1函体を6ブロックに分け、それぞれのブロックについて下床版、壁、上床版の順に行われている。

2. 温度ひびわれ検討手順

図－2にコンクリートの仕様ならびにその仕様に基づく温度ひびわれ検討手順を示す。配合試験に当たっては、コンクリート温度上昇を抑制する観点から、中庸熱ポルトランドセメントをベースとする低発熱型高炉B種セメントを用いるとともに、材料分離・ブリーディングの抑制から石灰石粉を、また、スランブ確保の観点から高性能AE減水剤の使用を前提とした。練混ぜ試験では、実施工における季節条件を考慮し、コンクリートの練上り温度を10～30℃に変化させた。温度ひびわれの検討では、練混ぜ試験で得られた配合を用い、側壁の一部を模した実物大の試験体による施工性の確認を行うとともに、コンクリートの温度変化、熱膨張係数などを測定し、配合試験結果を用いた温度応力解析との対比から、室内試験結果の検証を実施した。つぎに、施工時期を要因とした温度応力解析に



図－1 構造物概要



図－2 検討手順

Tetsuya Koizumi, Masato Yasui, Masanobu Sumiyoshi, Suehiko Yokota, Yoshinobu Nobuta

より、温度ひびわれ指数を算定しプレクーリングの要否を検討した。ここで温度ひびわれ指数は、有害なひびわれは抑制するとの考えから土木学会コンクリート標準示方書ならびに同種構造物における採用値を参考に、1. 2を確保することとした。実施工では温度応力計測を実施し、予測値との比較・ひびわれ観測結果から予測精度の検討を行うとともに、計測結果を踏まえ解析精度の向上を図り施工の次ステップに反映させている。

3. 強度・ヤング係数及び断熱温度上昇特性

使用セメントの品質ならびに練混ぜ試験によって得られた側壁コンクリートの配合を表-1及び表-2に示す。また、図-3に材齢毎の圧縮強度と引張強度及びヤング係数との関係を示した。それぞれの関係を土木学会コンクリート標準示方書施工編(15章マスコンクリート)の表記に準じて表すと以下のとおりで、これらは一般的なコンクリートの値と同等である。

$$f_c(t) = 0.0744 (f_c'(t))^{1.033}$$

$$E(t) = 14900 (f_c'(t))^{0.524}$$

ここで $f_c(t)$ 、 $f_c'(t)$ 、 $E(t)$ は材令 t 日の引張強度 (kgf/cm^2)、圧縮強度 (kgf/cm^2) 及びヤング係数 (kgf/cm^2)

図-4は打込み温度を変化させた断熱温度上昇試験結果を示している。また、打込み温度による終局断熱温度上昇量ならびに上昇速度に関する係数の補正式は下記のとおりとなる。

終局断熱温度上昇量 K 値 (打込み温度 20°C) に対する

$$\text{補正係数} : RC1 = -0.0076 T_0 + 1.1797$$

上昇速度に関する係数 α 値 (打込み温度 20°C) に対する

$$\text{補正係数} : RC2 = 0.0467 T_0 + 0.1913$$

ここで、 T_0 は打込み温度 ($^\circ\text{C}$)

図-5に施工時に実施した打込み温度 20°C の断熱温度上昇試験結果 ($Q(t) = 30.6 (1 - e^{-0.56t})$) を上記補正式で補正した断熱温度上昇式を用いた計算値と実測値との比較を示す。これより、ほぼ十分な精度で温度が予測できることがわかる。

4. おわりに

温度ひびわれの発生は予測された範囲であったが、同じ配合を使用した隔壁では、乾燥収縮の影響によるひびわれも認められた。これについては、低発熱セメントと石灰石粉とを併用した場合の乾燥収縮性状、ひびわれ抵抗性に関する実験を実施中である。また、鋼殻による拘束を受ける場合の温度ひびわれ幅の算定方法が今後の課題と考えられる。

最後に、事前検討・施工を通じて指導をいただいた大阪南港トンネル沈埋函コンクリート施工法検討委員会(委員長: 園田恵一郎大阪市立大学教授)の関係各位に深く謝意を表する。

<参考文献> 小泉ら, 「大阪南港沈埋函の合成構造沈埋函の設計・施工」, コンクリート工学, 1993. 6 (予定)

表-1 セメント品質

種別	比量	粉末度 (cm^3/g)	凝結時間 始発: 終結 (hr-min): (hr-min)	安定性	圧縮強度 (kgf/cm^2)				水和熱 (cal/g)		
					3日	7日	28日	91日	7日	28日	91日
側壁用	3.05	4580	3-10 5-10	良	57	109	307	470	38.0	46.2	50.6

種別	igloss	insol	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O
側壁用	0.2	0.0	51.3	3.4	1.6	0.5

表-2 コンクリート配合

呼び 強度 (kgf/cm^2)	粗骨材 割合 (%)	スラブ 厚さ (mm)	空気量 (%)	水セ メン 比 W/C (%)	細骨 材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)						
						水 W	セメン C	湿和 材	細骨 材 S	粗骨 材 G	湿和量	
300	91	20	18	4	55	43	156	284	30	758	1061	4.54

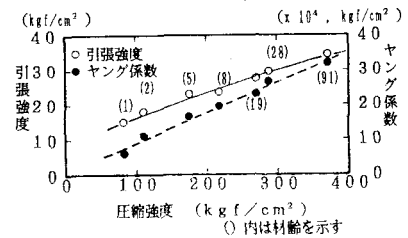


図-3 圧縮、引張強度及びヤング係数

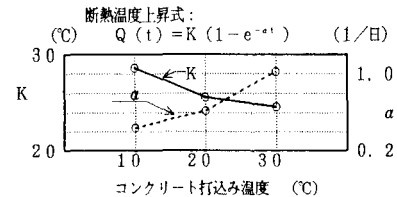


図-4 断熱温度上昇試験結果

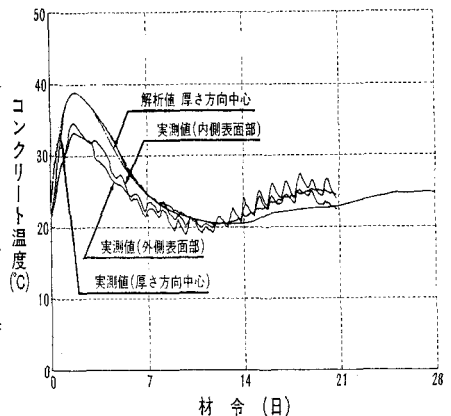


図-5 コンクリート温度変化