

誘発目地による橋台のマスコンクリート対策

名古屋支店 田島健司
 名古屋支店 中村誠治
 本社 中村憲司

概要：宮ヶ島高架橋（下部工）西工事のA1橋台施工にあたり，温度応力解析結果から，マスコンクリートの温度ひび割れの対策として誘発目地の設置が施工性および経済性から効果的との結果が得られ，実施工を行いその効果について検証した．

キーワード：誘発目地，マスコンクリート，橋台

1. はじめに

第二東名高速道路（以下，第二東名）は，現在の東名高速道路のほぼ全線にわたり交通集中による渋滞や混雑が激しく，高速自動車道の機能が低下しているため，その機能を補完し，将来の交通需要にも対応できる交通網として計画されている道路である．

第二東名の橋梁は，作業の省力化や機械による施工が可能で，地震に強く，景観に優れていることを基本的な考えとして計画されている．宮ヶ島高架橋（下部工）西工事（以下，本工事）は第二東名の森掛川（仮称）インターチェンジ予定地から東へ約2 kmの普通河川原野谷川を渡る橋梁下部工の施工で，STA.313+58.0 から STA.327+90 に架かる宮ヶ島高架橋下部工の内，上り線11基（橋脚P1～P10，橋台A1）下り線9基（橋脚P1～P9）を構築することを目的とした施工延長535 mの工事である．橋脚の高さは20～30 mで，中空壁式橋脚16基と中実橋脚3基および橋台1基を施工した．なお，第二東名は片側3車線で計画・設計されているため，構造物の幅員は全体的に大規模なものになっている．

本報は橋台に簡易なマスコンクリート対策を実施したことについて述べている．

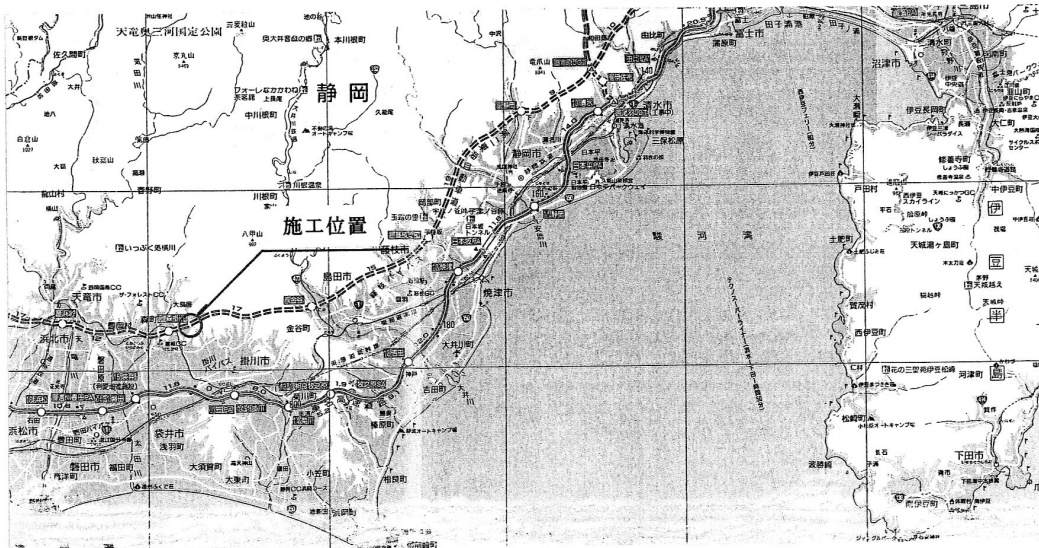


図 - 1 位置図



田島健司
 土木工事
 第二部



中村誠治
 土木工事
 第二部



中村憲司
 技術本部
 土木技術第二部

2. 工事概要

本工事の概要を以下に示す。

工 事 名	： 第二東名高速道路宮ヶ島高架橋下部工（西工事）		
施工場所	： 静岡県掛川市寺島		
工事期間	： 平成12年3月1日～平成14年3月20日（750日）		
工事概要	： 第二東名高速道路 橋梁下部工工事		
施工延長	： 535m		
施工内容	切盛土工	33,000	m ³
	のり面工	8,000	m ²
	基礎工	場所打ち杭機械掘削	2,300 m
		場所打ちぐい人力掘削（2,500mm）	25.5 m
	橋台	1	基
	橋脚	19	基

マスコンクリート対策を検討したA1橋台は施工区間の起点側に位置し、幅37.5m、奥行き8.5m、高さ2.5m直接基礎形式のフーチング上に幅37.3m奥行き4.2m、平均高さ6.5mの橋台縦壁を築造するもので、非常にマッシブな構造物である。

橋台の略図を図-2に示す。

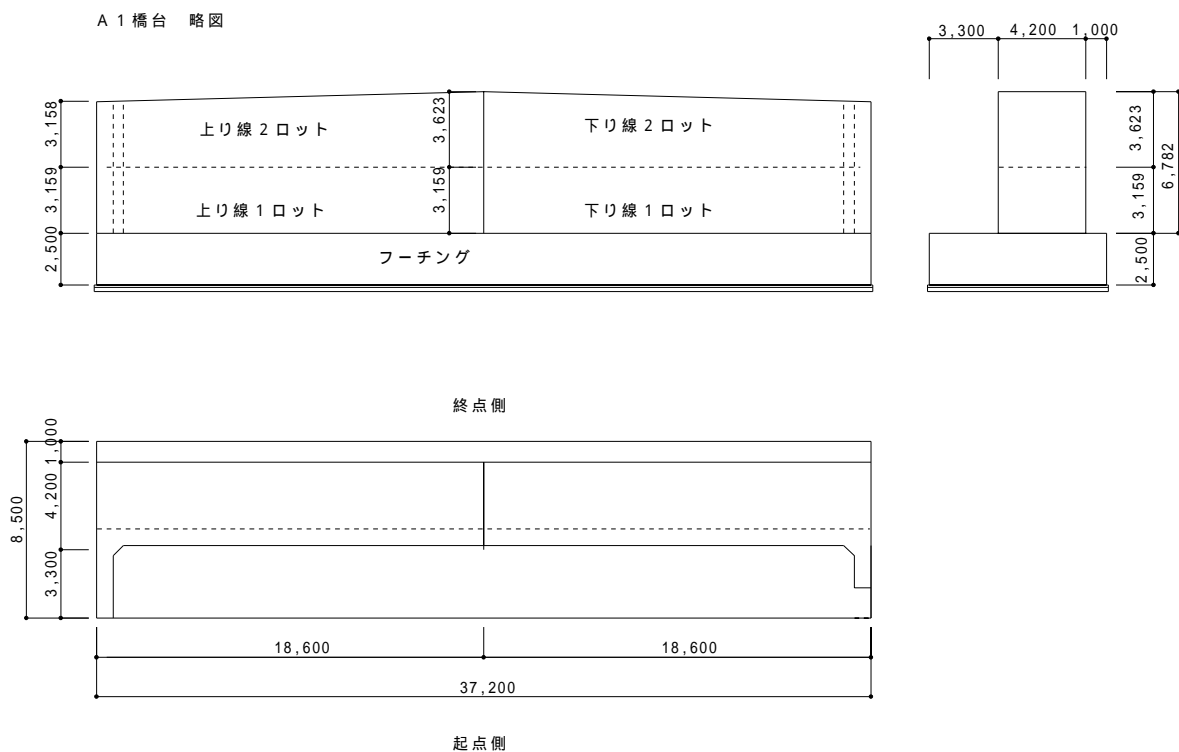


図 - 2 A1橋台

3. マスコンクリートの温度ひび割れの検討

(1) 検討方針

温度応力解析，温度ひび割れ幅解析および対策工法の検討するにあたって，図 - 3 のように発注者側との協議打合せのうえ，マスコンクリート対策を検討した．

c) 検討のフロー

検討方法のフローを下図に示す。

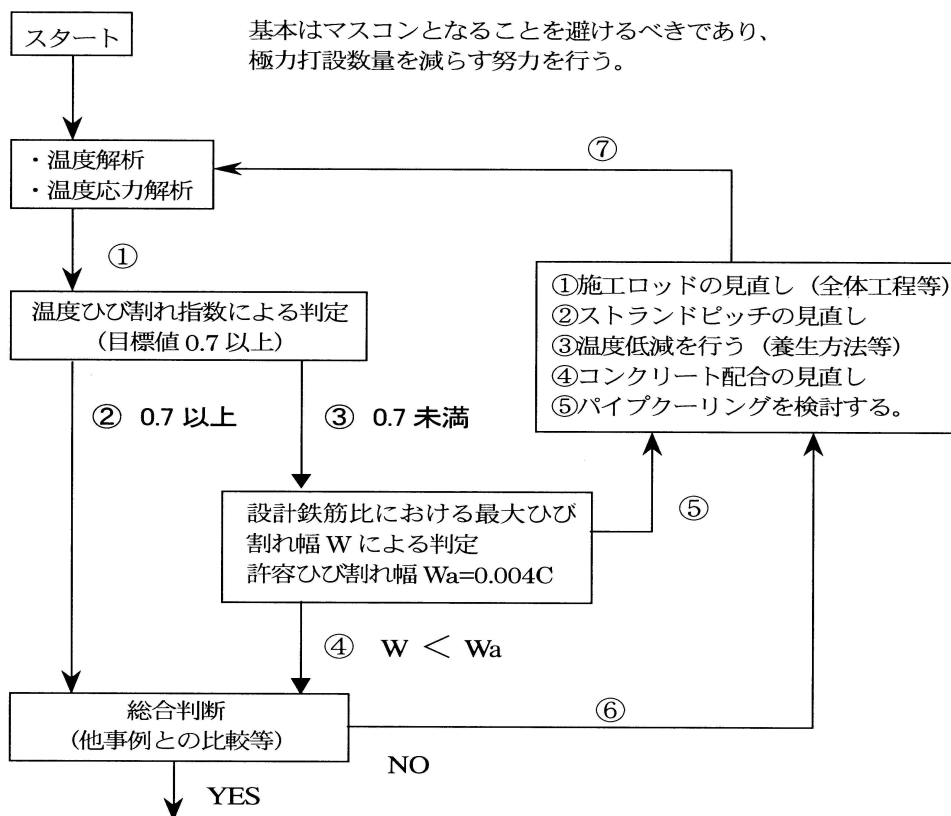


図 1-1 ひび割れの検討フロー

図 - 3 マスコンクリート対策検討フロー

まず，原設計での施工時期による気象条件，1回のコンクリート打設高さ（リフト高さ）や養生方法ならびに期間などの施工条件下で温度応力解析を実施し，温度ひびわれ指数を算出する．ひび割れ指数0.7以上であれば他事例との比較や工期，工費を踏まえて総合的に同条件下での施工実績に対して判断することとする．（ or ）

ひびわれ指数が0.7以下の場合にはひびわれ幅解析を実施し，ひびわれ幅による判定を行う．設計鉄筋比における最大ひびわれ幅（W）と許容ひびわれ幅（Wa）を比較し，解析で得られた最大ひびわれ幅が許容ひびわれ幅より小さければ（W < Wa）総合判断とする．（ or ）

最大ひびわれ幅が許容ひびわれ幅より大きくなる場合は対策工法を検討することになる．（

）

ここに、

- W : 設計鉄筋比における最大ひび割れ幅
 W a : 許容ひび割れ幅 (W a = 0.004 c)
 c : 純かぶり

対策工法として図 - 3 のフローでは次の5種を検討することになっている。

- 1回のコンクリートの打設高さ(リフト高さ)の見直し
- 鋼より線巻きつけ間隔の見直し(鋼管コンクリート複合構造の場合)
- 温度低減を行う(養生方法など)
- コンクリート配合の見直し
- パイプクーリング

ここで、施工ロットの見直しとは、1回の打設高さを小さくして、マスコンとなるのを避ける対策である。鋼より線巻きつけピッチの見直しとは鉄筋比をより小さくしてひび割れを防止しようとする方法であるが、通常のコンクリートを打設する場合(ワーカビリティ)は100mm程度が最小と考えられる。今回は橋台の施工(ハイブリッド橋脚でない)のため、この対策工法は除外する。養生方法は養生温度や型枠の残置期間を変更する対策法、さらにコンクリート配合の見直しとはセメント種類の変更である。パイプクーリングは今回の場合、施工条件から送風機による空冷である。

(2)原設計での解析

前述のマスコン検討フローにしたがって、A1橋台の原設計での温度応力解析を実施した。このときの条件はつぎのとおりである。

- ・ リフト高さ：3.165m(縦壁2分割)
- ・ 型枠：合板
- ・ 外気温：浜松地方気象台データ
- ・ 養生方法：3日の型枠存置(コンクリート圧縮強度 5.0N/mm²以上)
- ・ セメント種類：普通セメント

解析プログラムはJCI(社団法人日本コンクリート工学協会) 編のマスコンクリートの温度・応力・ひびわれ幅計算用プログラム(windows 版) を用いた。プログラムは2次元解析であることと、橋台の形状から橋台を橋軸直角方向の断面にて検討した。また、図 - 4 に要素分割図を示す。

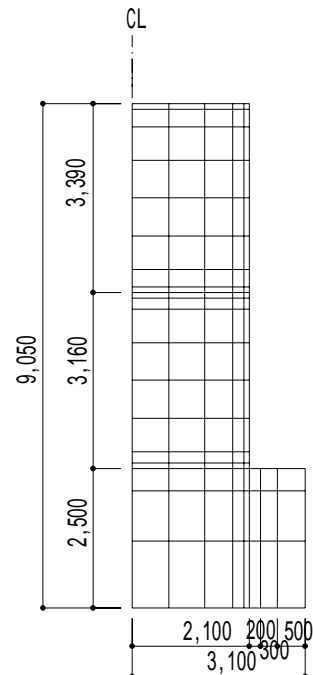


図 - 4 要素分割図

構造物の耐久性，美観性を損なうひび割れは主に外表面上に発生するひび割れである．そこで，表面部の解析結果に着目すると，セメントの水和熱による温度上昇は1ロット，2ロットで最高 35～38 であり，ひび割れ指数は最小ひび割れ指数は1ロット0.55，2ロットで1.05 となった．したがって，1ロットはひび割れ指数の目標値0.7を満足しないため，ひび割れ幅解析を行った．

ここで，ひび割れ幅の許容値 W_a は

$$W_a = 0.004c = 0.004 \times (110 - 16 - 16/2) = 0.34\text{mm}$$

である．

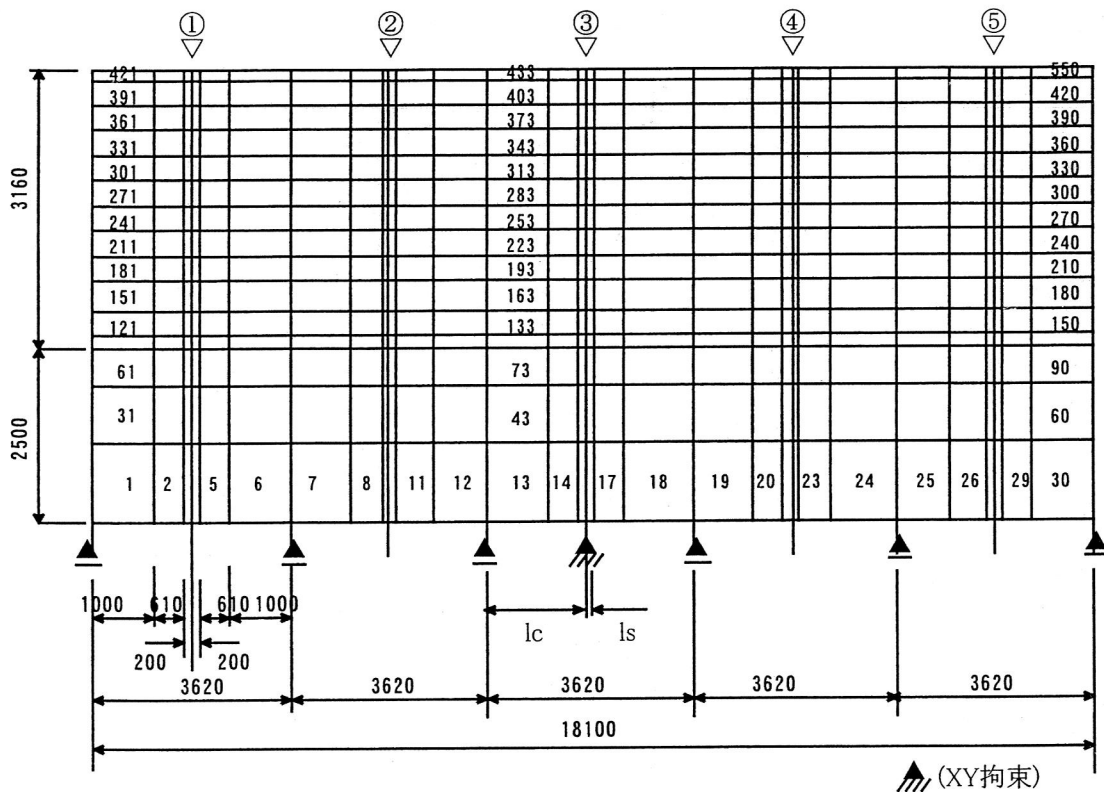


図 - 5 要素分割モデル

図 - 5 は，ひび割れ発生位置を仮定した要素分割モデルである．ここで，応力開放領域 $l_c=196\text{cm}$ から最大ひび割れ間隔は $2 \times l_c=392\text{cm}$ となり，これに近似した値として施工スパン $L=18.1\text{m}$ を5分割し， 3.62m 間隔にひび割れ発生を仮定した．その結果を表 - 1 に示す．

表 - 1 ひび割れ幅解析結果

	解析位置	ひび割れ幅(mm)	幅最大時の日数
ブロックごとの最大ひび割れ幅	ブロック	発生せず	---
	ブロック	0.42	55
	ブロック	1.33	25
	ブロック	0.42	55
	ブロック	発生せず	---

図 - 6 に変形図，図 - 7 にひび割れ幅履歴を示す．

—ステップ 15 変位量の拡大倍率 = 500

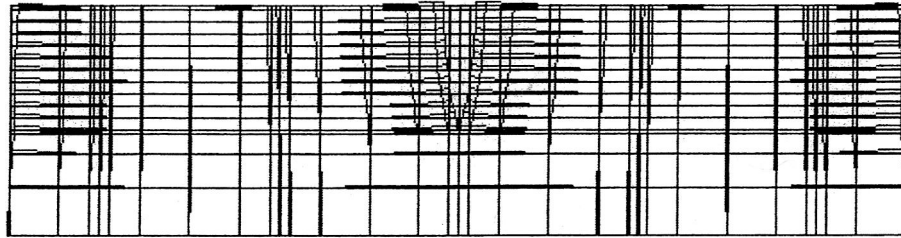


図 - 6 変形図

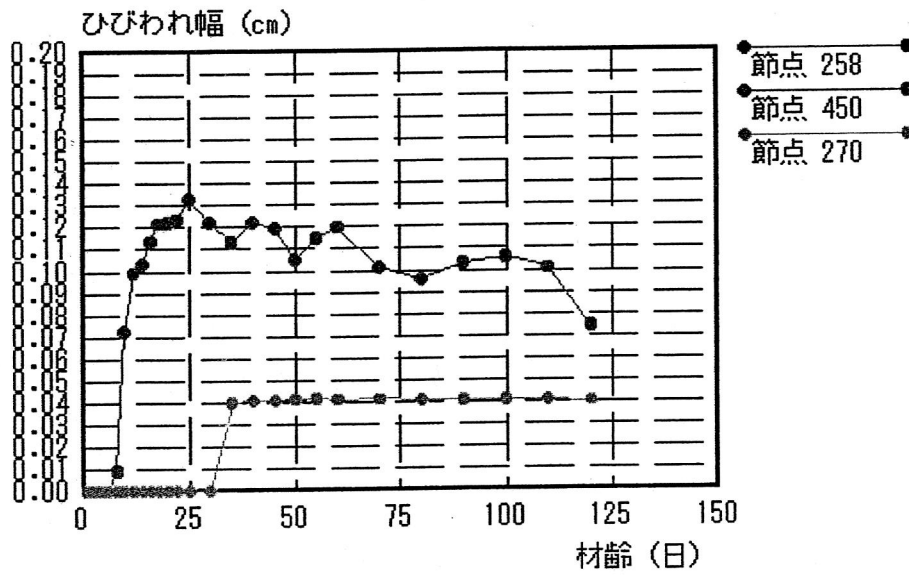


図 - 7 ひび割れ幅履歴

(3) 解析結果のまとめ

温度ひび割れ指数および最大ひび割れ幅の解析結果を表 - 2 にまとめる。

表 - 2 解析結果

施工ロット		下部	中心部	上部	側面部	最大ひび割れ幅
1	ひび割れ指数	0.94	0.32	0.68	0.55	1.33
	発生確率(%)	57	98	88	95	
2	ひび割れ指数	1.13	0.59	1.05	1.05	
	発生確率(%)	32	93	43	43	

このように、解析結果より判断してひび割れの発生は確実と考えられた。1ロットは2ロットより外部拘束が大きいいため、ややひび割れ発生確率が大きいと、ともに中心部における発生確率は90%台で貫通ひび割れ発生の可能性が大きいと判断した。

ここで、前述の図 - 3 検討フローにてマスコンクリート対策を行うと、最も応力の大きい橋台中心部は、ひび割れ指数0.7以下であり、最大ひび割れ幅も許容ひび割れ幅を大きく上回る。各ロット中心部の評価は「総合判断による評価」となり、温度応力ひび割れ対策の検討が必要であった。

4. 対策工の検討

温度応力解析とひび割れ幅解析を実施したところ、原設計でのひび割れ指数ならびに最大ひび割れ幅が許容値を満足せず、対策工を実施する必要があるとの結果を得たので、図 - 3 のマスコン検討フローにしたがって、対策工法の検討を行った。

(1) 対策工法の比較検討

対策工法のうち、作業工程、全体工程、施工性および経済性を考慮して当作業所では下表の方法で対策工を比較した。

表 - 3 対策工比較検討表

	パイプクーリング	誘発目地	セメント変更	備考
形状・仕様	300mm程度のシースを全断面に均等に設置する	橋台の長辺を分割するように、ひび割れを誘導する断面欠損部を設置する	低熱ポルトランドセメントL5を使用 断熱温度上昇量が著しく穏やか	
概要	躯体内にシースを配置し、外気を循環させることにより内部温度の上昇を抑制させる	躯体内に計画的に断面欠損部を設け、温度応力ひび割れを制御する	セメントを低発熱型に変更し、水和熱による温度上昇を抑制させる	
経済性	3.2	1.0	2.5	
留意点	外気温より、効果が一定にならない費用対効果が低い	美観上やや難がある	特殊なセメントのため、セメントサイロの確保が困難	
評価	×			

以上比較表から、施工性と経済性を考慮して、本工事では、マスコンクリート対策として誘発目地を実施することとした。

(2) 誘発目地詳細

誘発目地詳細を施工条件から次の項目とした。

- a) 断面欠損率を40%とした。(コンクリート標準示方書では断面欠損率の推奨値を20~30%としているが、当社施工実績よりこの値を用いた)
- b) 沓座への影響と施工性を考慮して沓座間の中心に誘発目地を配置した。
- c) 解析の結果は誘発目地設置間隔3,270mmとなるが、割り付けのバランスや施工時例(敷地高架橋・金谷高架橋)および土木学会コンクリート標準示方書での推奨値は4~5mであることから次項割り付け図のとおりとした。
- d) 施工性を考慮して、単純構造とした。

図-8に誘発目地の設置位置、図-9に詳細を示す。

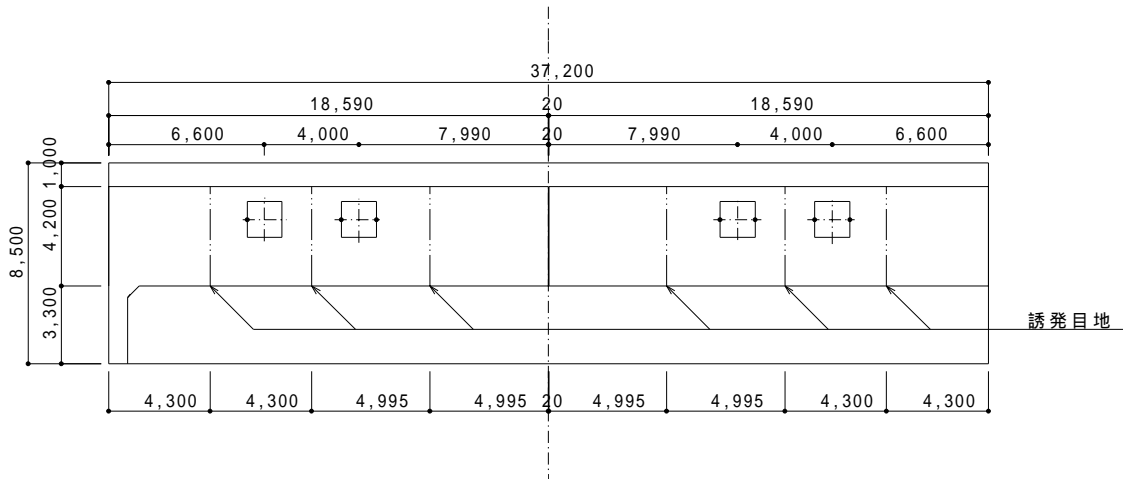


図-8 誘発目地設置位置

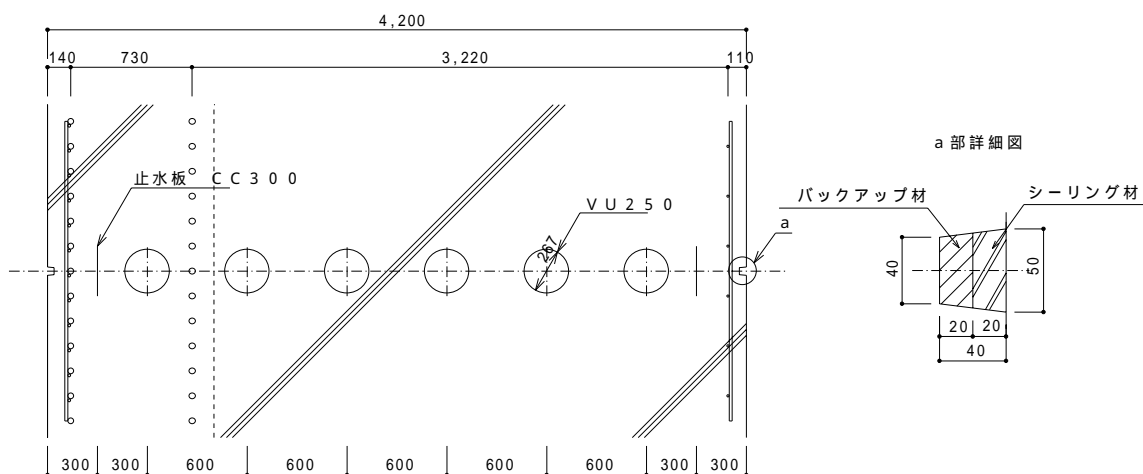


図-9 誘発目地詳細

5. 対策工施工結果

温度応力解析とひび割れ幅解析を実施して最も有効なマスコン対策として誘発目地を設置した。躯体コンクリート打設後には計画どおり写真-1のように誘発目地にクラックが発生したので、橋台背面の誘発目地から地下水などが浸入することを防ぐ目的で誘発目地の防水処理を実施した。



写真-1 誘発目地に発生したクラック

コンクリート打設後、5日以上型枠を存置してから脱枠をした。図-10のように脱枠時からクラックの調査と計測を開始し、データを集積した。

以下に、クラック調査の結果を発生位置と経時変化着目し、それら特長についてまとめた。

クラックの発生位置は主に誘発目地とすることができたが、構造物天端橋軸直角方向にも生じた。構造物全体を考えると、クラックの全てが誘発目地に集中した。

クラックは誘発目地型枠脱枠時にはすでに生じており、脱枠後2~3日でひび割れ幅の増加は終了し、その後変動が見られないという調査結果が得られた。

ここで、ひび割れ幅解析結果と実構造物での総ひび割れ量を比較する。表-4のとおり、1ロット打設後50日後での総ひび割れ幅を比較すると、解析結果と実構造物におけるひび割れ幅はよく一致していることがわかった。

表-4 総ひび割れ幅の比較

	総ひび割れ幅(mm)	備考
解析結果	1.45	図-7参照
実構造物	1.2	図-10 (A2,B2,C2)

また、これらひび割れは打設後数日で発生し、直線状であり、ひび割れ幅の大きさと経時変化の傾向が、先に実施した温度応力解析およびひび割れ幅解析結果とほぼ一致することがわかった。したがって、A1橋台に発生したひび割れはマスコンであることでの温度応力によるひび割れと考えられる。

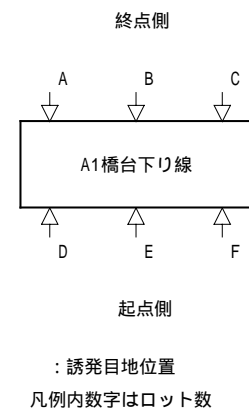
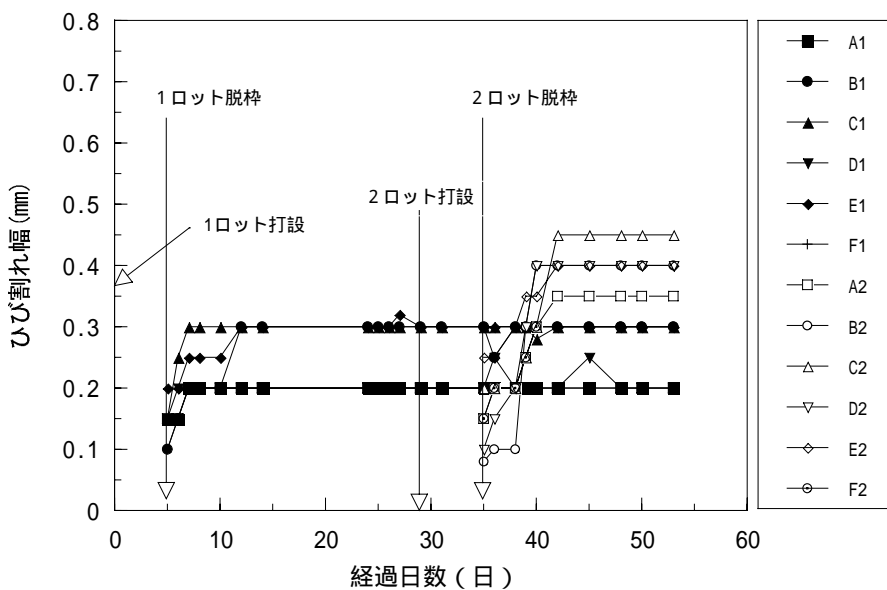


図-10 クラック経時変化

6.まとめ

誘発目地を設置し、温度応力によるコンクリート構造物のひび割れをコントロールするための計画を実施した。その結果、計画したとおりひび割れを誘発目地へ誘導することができた。このことにより、単純構造の誘発目地が非常に有効であることを確認した。



写真 - 2 A 1 橋台前面



写真 - 3 A 1 橋台背面

謝辞

最後に、JH掛川工事事務所掛川西工事区石橋工事長をはじめ、関係各位に感謝の意をここに表します。

参考文献

- 1) コンクリート施工管理要領，日本道路公団，1977
- 2) コンクリート標準示方書 施工編，社)土木学会，1996
- 3) マスコンクリートのひび割れ制御指針，社)日本コンクリート工学協会
- 4) マスコンクリートの温度応力研究委員会報告書 温度応力ひび割れ算定方法についての提案，社)日本コンクリート工学協会，1992.9
- 5) マスコンクリートの温度応力研究委員会報告書 外部拘束係数の見直しとC P法の摘要範囲拡大 社)日本コンクリート工学協会 1998.4
- 6) セメント技術資料，三菱マテリアル株式会社