

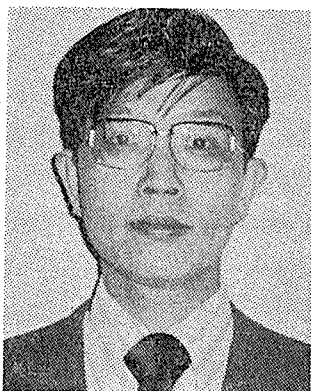
道路橋 PC 梁橋脚の メンテナンス

今 井 宏 典
水 元 義 久



Hirosuke IMAI

阪神高速道路管理技術センター理事
(元：阪神高速道路公団保全施設部長)



Yoshihisa MIZUMOTO

阪神高速道路公団工務部調査役
(元：保全施設部専門役)

1. ま え が き

阪神高速道路は、現在供用延長 124 km、1 日通行台数 65 万台の都市高速道路であり、そのほとんどは高架構造物により構成されている。このうち PC 橋は、本線および出入路を含めて約 27 km の 20% よりなる。

建設開始より 20 年を経過し、現在では阪神都市圏における産業経済のみならず、社会・文化面でも都市基盤としての果たす役割は大きい。一方、年々の交通量の増大と経年という社会的累加便益の拡大とともに、コンクリート構造物においても老化や劣化などの道路機能の耐久性を低下させる損傷や変状も生じつつあり、適切な調査・点検をもとに構造物の状況を適確に把握し、適切機敏な機能回復措置をシステムチックに講ずるよう努力している。

このような阪神高速道路を支える橋脚形式に PC 梁を用いた T 型橋脚がある。本形式は都市高架道路に要請される都市空間の確保、景観上の配慮ならびに経済性の理由などから多用されてきたものであるが、本稿ではこれらのマッシブな PC 梁に生じたひびわれについて紹介する。

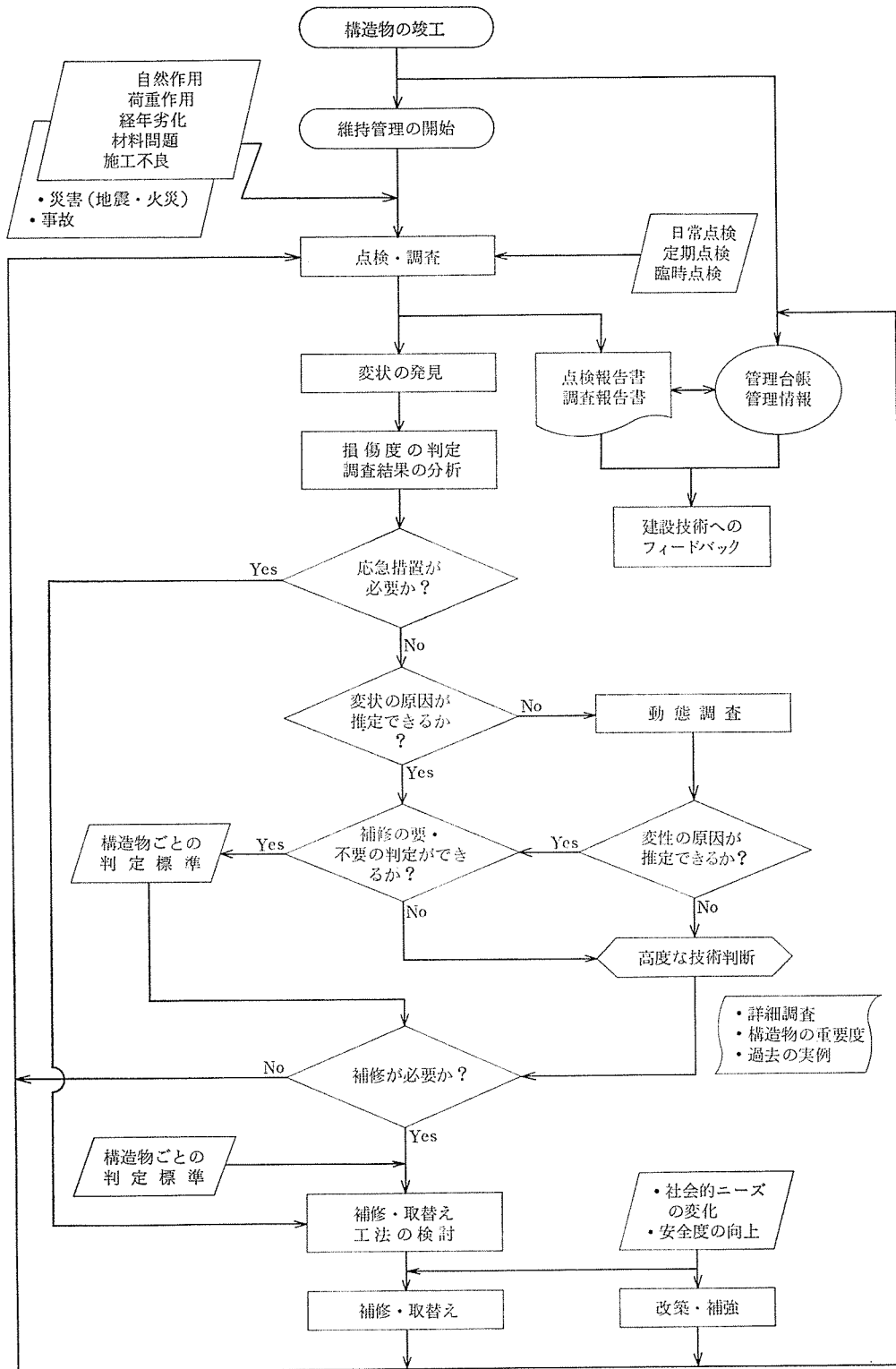
2. コンクリート構造物のメンテナンスとひびわれ

コンクリート構造物は、良好な品質管理のもとに建設されたものは、造形、維持管理ならびに環境保全面などで長所を有する。反面、ひびわれ問題の短所があるが、構造物に生ずるひびわれは、耐久性、健全度に関する“warning”と考えられ、メンテナンスにおける貴重な情報となる。

一般に道路構造物のメンテナンスの流れは、図—1 に示すように、点検・調査を基本とし構造物の状況を把握し、判定を行うことにより補修等の道路管理上の行為に反映させている。阪神公団における定期点検の判定基準を表—1 に示す。本表のように、コンクリート構造物においては“warning”として現われるひびわれの状況を基本としている。

次に、当公団における PC 構造物に関する変状事例を拾ったものが表—2 である。このように従来 RC 構造に比較し、設計荷重によるひびわれ発生には有利とされてきた PC 構造も、多くは材料・施工面に起因するひびわれ等の変状が増加しつつある。

一方、コンクリートに生ずるひびわれは、大きく分けると、良い影響はないにしろ別段支障のないひびわれ(許容されるひびわれ)と構造物の劣化に係わるひびわれとに分けられる。この両者の境界をどのように設定する



図一 構造物のメンテナンスの流れ

かは必ずしも明確でなく、ひびわれ発生の部位や原因、周辺の環境、構造物の重要度や使用目的などにより高度な技術的判断によらなければならない場合も多い。補強鉄筋の最大間隔の制限などの設計における示方書などの規定も、過去の数多くの経験と研究によるものと考えられるが、ひびわれの発生原因の明らかでないものについ

ては、より綿密な検討をもとにその対処が必要である。

以下に示す PC 梁におけるひびわれは、多くは建設後数年以上を経て発見され、しかもその方向性に特徴があり、多くの橋脚で確認されたので問題視したものである。

表—1 コンクリート構造物の点検判定基準（阪神公団）

判定区分		A	B	C
ひびわれ	RC 桁, RC 橋脚, 橋台, 擁壁	ひびわれ幅 ≥ 0.3 mm	0.3 mm $>$ ひびわれ幅 ≥ 0.2 mm	ひびわれ幅 < 0.2 mm
	PC 桁, PC 橋脚	ひびわれ幅 ≥ 0.2 mm	0.2 mm $>$ ひびわれ幅 ≥ 0.1 mm	ひびわれ幅 < 0.1 mm
はく離, 鉄筋露出および錆流出, 漏水, 遊離石灰の流出, 空洞, 跡埋めコンクリートの損傷, 沓座コンクリートの損傷, 異常音の発生, 欠落の有無, その他の損傷		主筋または PC 用シースが露出している場合	Aに該当しない鉄筋および主筋が露出している場合	損傷はあるがBランク以下の程度である場合
		PC 鋼材の定着体が露出している場合		
		主筋が腐食している場合		コンクリートの表面が錆により変色している場合
		ひびわれ部よりの漏水で遊離石灰が多く流出している場合	ひびわれ部またはコンクリート打継部よりの漏水で遊離石灰の流出はほとんどない場合	
		沓座が沈下して沓座コンクリートが割れているかまたは, 沈下が予測される場合	沓座コンクリートが割れているが沈下の恐れがない場合	
		コンクリート片が落下する恐れがある場合	コンクリートのはく離跡がある場合	
		大きな断面欠損がある場合	小さな断面欠損がある場合	
		異常音が著しい場合		
判定区分	状 況			
A	損傷が著しく, すみやかに補修する必要がある場合			
B	損傷があり, 早い時期に補修する必要がある場合			
C	損傷が軽微であり, その進行状態を観察する必要がある場合			
OK	上記以外の場合			

表—2 PC 構造物の変状事例（阪神公団）

構 造	部 位	変 状	原 因	措 置
下 部 工	PC 橋脚の梁部	・ひびわれ ・PC 鋼棒の破断 ・定着部跡埋めコンクリートの落下	・マスコンの温度応力, 乾燥収縮 ・遅れ破壊 ・配筋不良	・注入補修 ・鋼板防護
		・ひびわれ ・締固め不良による豆板 ・グラウト忘れによる漏水 ・ヒンジ部の損傷, 耐震連結鋼材の落下	・温度応力, 養生不良 ・乾燥収縮 ・特殊骨材 ・活荷重による疲労	・注入, 防水 ・取替え
上 部 工	橋床部	・ひびわれ ・伸縮継手の損傷 ・高欄などの鉄筋発錆によるコンクリートのはく離	・乾燥収縮, 荷重 ・かぶり不足	・被覆防水

3. PC 梁水平ひびわれのメンテナンス

3.1 変状と調査概要

都市内では, 限られた都市空間の有効利用より, T型単柱式の橋脚が多用されている。そして, T型橋脚の梁部は, 張出し長の増大とともに生ずる断面力の合理的対応法の一つとして, PC 鋼材を梁中に配した, いわゆる PC 梁が多用されてきた。

阪神高速道路においては, 全橋脚数の 1/4 相当の 1000 基近くが, 図—2 に例示するような PC 梁を有する T型単柱である。これらの橋脚は, 5~7 年毎に長期的管理計画をもとに阪神高速道路管理技術センターによる定期点検において, 足場, 機器等を用いて所定区間の細部を接近して調査している。この定期点検結果によると橋脚の PC 梁に PC 鋼材配置方向と平行なひびわれ（以下,

水平ひびわれ）を生じている橋脚が多数認められ, しかもひびわれ幅が 0.2 mm をこえるものが 15% の発生率と高いことが判明した。

そこで, 道路管理上重要な問題とし, その原因調査ならびに健全度の評価を総合的に検討することとした。主要な調査検討項目の一覧を表—3 に示す。

3.2 ひびわれ発生の主要因

コンクリート構造物にひびわれを発生させる要因は多種多様であるが, PC 梁のようにその断面積が 10 m² に及ぶような構造物の大型化と高強度コンクリート ($\sigma_{ck} = 350$ kg/cm²) の組合せ下においては, マッシブなコンクリート固有な問題が顕著となる。

一般にマスコンクリートは, ダムコンクリートを想定するが多い。しかし, ダムコンクリートの単位水量 120 kg/m³, 使用セメント量も一般には 200 kg/m³ 以下

表—3 PC 梁のひびわれ調査の概要

種 別	主 な 実 施 項 目	調 査 ・ 検 討 事 項 等	
ひびわれ発生	実橋のひびわれ性状調査	発生基数，幅，長さ，分布，進行状況把握	
ひびわれ発生原因究明	発生要因調査 ○設計段階	ひびわれ発生要因別の問題点確認 1. PC 緊張による引張応力の発生 2. 断面寸法 ・コンクリート断面の大きさ ・梁長さ 3. 配 筋 ・スターラップの分担率 ・各方面の鉄筋比	
	○施工段階	材 料 配 合	1. 各材料性状 2. 単位セメント量
		配 筋 組 立 て	1. 鉄筋かぶり 2. 組立て精度
	打 設	型 枠 支 保 工 養 生 脱 型	1. コンクリートの運搬 2. 打 設 ・打設順序 ・打設時間 ・締固め ・打継目の処置
			1. 型枠のずれ 2. 支保工のゆるみ，沈下 3. 気象条件 4. 振動（交通振動，近接工事の振動） 5. 温度応力の発生 6. 鉄筋の拘束（軸方向鉄筋，スターラップ）
	PC 緊張	桁 架 設 床版打設	1. 緊張順序 2. 若材令コンクリートの緊張 3. グラウト 4. 定着部近傍の引張応力
			1. 乾燥収縮 2. 偏心荷重
	○供用段階		1. 活 荷 重 ・繰返し荷重 ・過大荷重 ・ねじり荷重 2. 沓の拘束
	発生要因の抽出および性状解析	温度応力，乾燥収縮応力，PC 緊張応力と材料強度の相関	
	温度応力によるひびわれ発生確認実験	温度ひびわれの発生検証，クーリングおよび型枠のひびわれ抑制効果，材料特性の把握	
	実 橋 調 査	発生温度応力の把握	
構造物の健全度評価	1/10 小型模型実験	破壊性状の確認，ひびわれの影響度把握	
	1/3 大型模型実験	ひびわれによる剛性低下度の把握	
	実橋の載荷実験	ひびわれの存在による剛性低下度の把握，静的，動的性状のひびわれの有無による比較，ひびわれによる材料特性の変化の確認	
	ひびわれ進行状況調査	供用荷重によるひびわれの進行状況把握，材料特性の変化状況の確認	
	繰返しによるせん断疲労特性の確認および小型模型実験	ひびわれがせん断疲労に及ぼす影響度の確認，剛性低下に及ぼすせん断変動応力の把握	
ひびわれ防止対策および管理手法検討	パイプクーリングおよび中層熱セメント使用によるひびわれ防止効果の確認試験工事	実橋において試験的にパイプクーリングおよび中層熱セメントを使用したひびわれ発生防止効果の確認，発生温度応力の把握	
総 合 評 価		ひびわれの発生原因の確認，構造物の健全度の把握，ひびわれ補修方法の提案，管理手法の提案	

の場合と異なり，PC 梁では設計基準強度は高く要求され，配筋上の都合より骨材最大寸法は小さく，しかも最近ではポンプ施工などによるワーカビリティ確保などの理由により，単位セメント量は 400 kg/m^3 程度にも達している。

一般に 10 kg/m^3 のセメント量の増加は，その水和熱を 1°C 上昇するとされているが，このような単位セメント量の増加と図—2 に例示したような構造物の大型化とによりもたらされるひびわれ問題は，ダムコンクリートより厳しいものがあると考えられる。

PC 梁では，このマッシュな高セメント量のコンクリ

ートの温度応力によりもたらされる初期ひびわれはプレストレス力や鉄筋などにより拘束，分散された状態で潜在するが，長期間大気中に暴露され，温度変化や乾燥収縮などにより生長して顕在化することによってメンテナンス上問題視されるに至るものと考えられる。

以下，このような PC 梁における事象を実橋脚のひびわれや建設時の温度計測をはじめ，モデルによるひびわれ再現調査や解析的検討を実施したものの一部を報告する。

(1) モデルによる温度応力とひびわれ

マッシュなコンクリートの温度応力把握のため，実橋

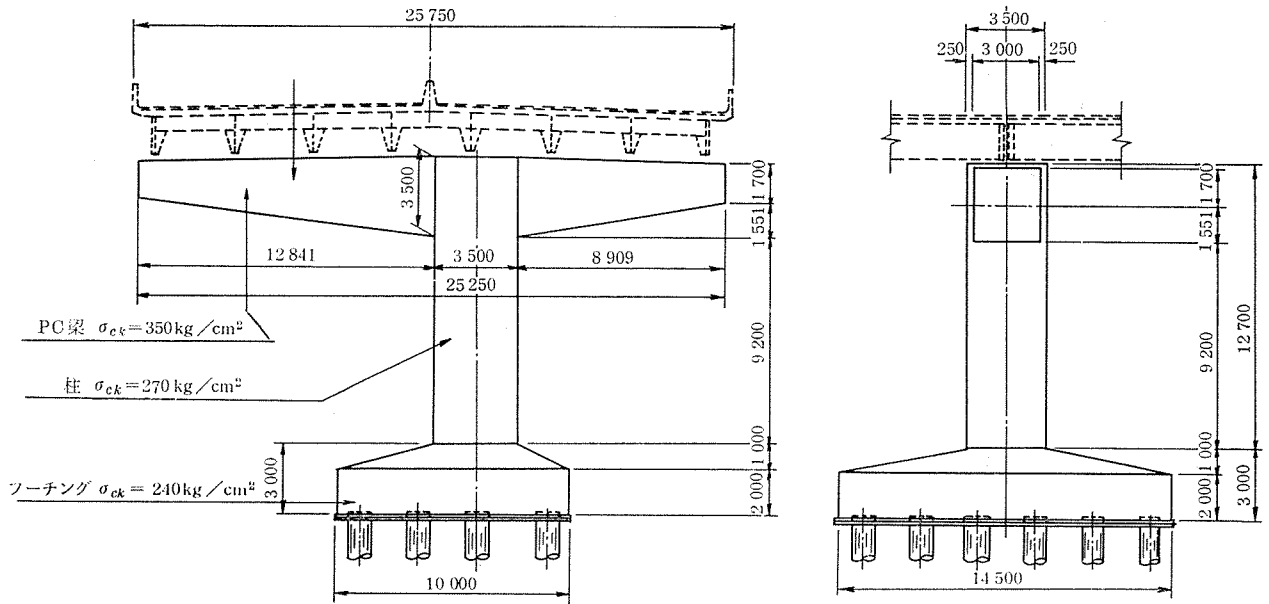


図-2 PC 梁を有する T 型橋脚

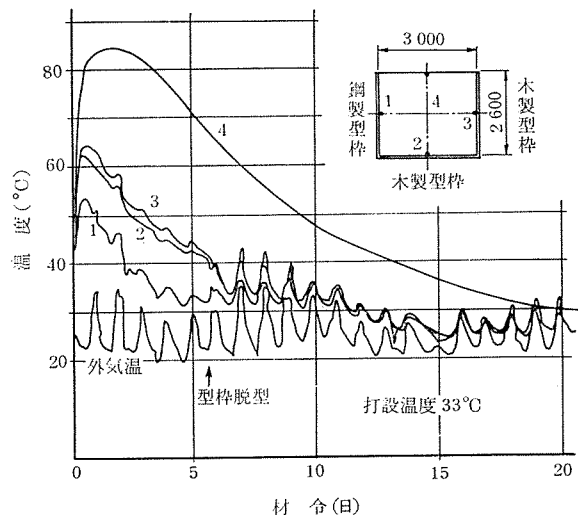


図-3 主要点の温度と昇履歴

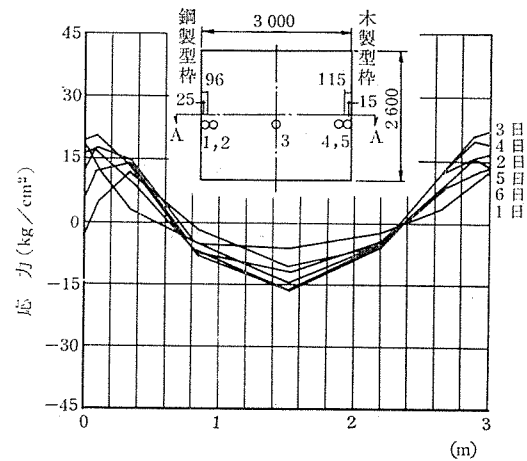


図-4 断面中央 (A-A) の応力分布

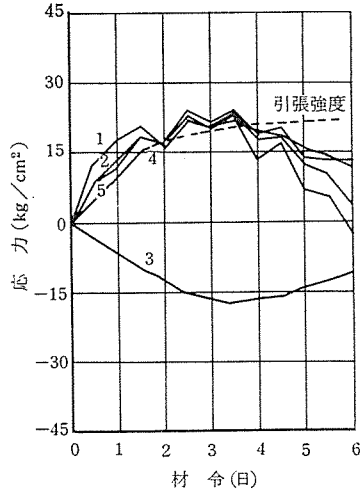
の梁に近似させた $3000 \times 2600 \times 1500$ mm のモデルを表-4 に示すコンクリートを用い、断面には断熱材を配して作成した。温度計、コンクリート歪計および鉄筋計を用いて主要点の温度ならびに歪を計測することにより、水和熱の影響を調査した。

図-3 に主要点の温度上昇の履歴を示す。型枠の違いによる保温効果により表面温度で 10°C の差があるが、中央部は 85°C となり、約 52°C の温度上昇が確認された。これは同一配合での材料試験における断熱上昇は約 44°C であるのに対し、高めの値である。

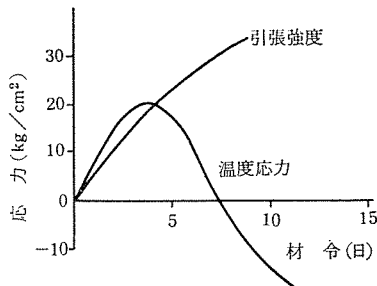
コンクリートの歪量の計測値と材料試験結果から推定した供試体内部の推定応力分布ならびに主要点の応力履歴を 図-4、図-5 に示す。図-4 に示されるように表面と内部との温度差は $20 \sim 30^\circ\text{C}$ あり、この温度差に起因して、内部拘束によって発生する温度応力は、材令 2 ~ 3 日で 20 kg/cm^2 程度に達する。この材令 2 ~ 3 日に生ずる引張応力に対して、コンクリートの引張強度は水和反応の起こらない温度で示されるマチュリティーを考慮して推定すると、図-5 の破線で示すように、若材令時において生ずる引張応力を下まわる傾向にある。すな

表-4 コンクリートの配合 ($\sigma_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2$)

粗骨材最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位体積重量 (kg/m^3)				混和剤
					W	C	S	G	
20	8	3	45.1	43.1	172	381	759	1013	AE 減水剤



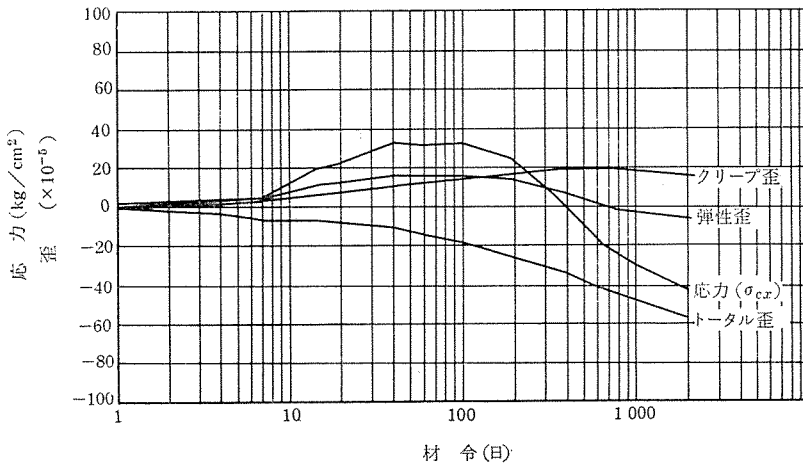
図—5 主要点の応力履歴



図—6 温度応力と引張強度

わち、温度応力と引張強度との関係は概ね 図—6 の関係となり、ひびわれを発生させる可能性が高いことが判明し、型枠脱型後このようなひびわれを確認した。

このような水和熱に伴う温度応力を解析的にも検討したが、その結果、温度応力による引張領域は、表面より 50 cm 程度であった。そして、ひびわれを生じない場合には、材令 6 日で表面は圧縮に転じ、20~30 kg/cm² の圧縮応力が残留することとなる。以下マッシブなモデル



図—7 表面における温度差による応力、ひずみ履歴

による実験等で判明した事項を列記すると、下記のとおりである。

- ① 型枠による保温効果は、木製型枠が鋼製型枠に比べてよく、材令 1~4 日ではコンクリート表面温度で 15°C 程度の差がある。そして、木製型枠の方が内外の温度勾配はゆるく、生ずる表面ひずみは小さく、ひびわれ発生の可能性は低くなる。
- ② 実橋脚での試験施工の基礎データを得るため、パイプクーリングの効果把握調査を行った。シース中に外気を通風し水和熱放出を行って、温度上昇の抑制効果を確認した。実験では通風により材令 1~2 日における中心部の温度を 10~20°C 低減することで、ひびわれ発生を防止することができた。
- ③ 暑中コンクリートの打設においては、打設温度が高いと水和反応が促進され、表面引張応力も若干大きくなり、最大応力発生材令も若くなる傾向であった。
- ④ 型枠脱型時に構造物表面の温度と外気温との差が大きい場合、あるいは降雨などで急激に表面が冷却される場合などにおいては、急激に表面が冷却されるため温度衝撃による引張応力が生じ、温度応力に加算される。温度応力に伴うひびわれ発生防止面から、脱型時期は十分時間を確保して行うのが望ましい。

(2) コンクリートの乾燥収縮

マッシブなコンクリートの乾燥収縮は長期にわたって継続するが、設計計算上の収縮度は低いとされている。しかしながら、施工段階で温度応力等により生じた微細なひびわれは、鉄筋等の拘束効果とクリープの兼合いのもとに拡大するものと考えられる。

ここでは、ひびわれ生長に与える乾燥収縮の影響は省略し、ひびわれ発生に与える乾燥収縮の影響について述べる。

マッシブなコンクリートでは、表面から水分が逸脱する状況において、若材令では表面に近い所のみ収縮が進む。そして、逐時内部に収縮が進行する。このような表面と内部との温度差により内部拘束ひずみが生じ、表面に引張応力が生ずる。

このような引張応力がひびわれ発生に関与するか否かの検討を、平均湿度 65%、最終収縮ひずみ 70×10^{-5} を設定し解析的に行った結果を 図—7 に示す。本図に示す

ように若材令時における温度応力との相乗効果はほとんどない。型枠を脱型し乾燥が促進され生ずる表面引張応力は、40~100 日ぐらいの間で生じ、その値は 30 kg/cm² 程度である。そして、この応力は水和熱の温度下降に伴う表面に残留する圧縮応力と相殺されるので、ひびわれ発生には関与しないものと考えられる。

(3) プレストレス力による影響

PC 梁においては、PC 鋼材の緊張によりポアソン比に相当する横ひずみを生じ、これが柱部に拘束されると引張力を生ずる。また、PC 鋼材曲線部の腹圧力によっても引張力が発生する。

これらの影響を2次元の応力解析により照査したが、水平ひびわれを誘発させると考えられる梁軸直角方向の応力は、両者の影響を合わせても 1~2 kg/cm² 程度であり、ひびわれ発生には関与しないことが判明した。

3.3 健全度の調査

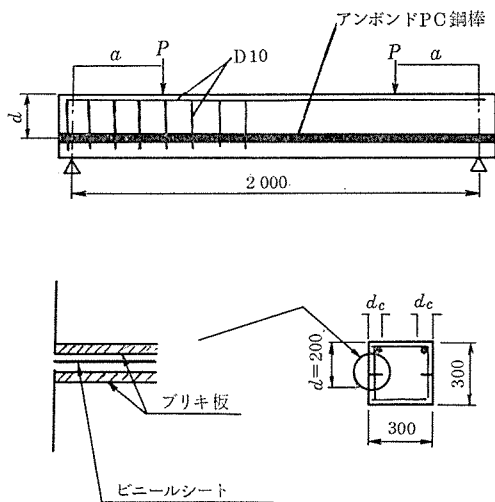


図-8 小型梁モデル

PC 梁に存在する水平ひびわれが、長期的な観点にたった構造物の管理面から、安全性や耐久性にどのように関与するかを把握しておく必要がある。すなわち、水平ひびわれの存在が、どの程度の剛性低下につながるか、そしてどの程度の剛性低下が、構造物の耐力・機能低下に結びつくかを中心に検討評価することにより構造物の健全度を把握しようと、下記のような調査を実施した。

(1) 水平ひびわれと剛性低下

水平ひびわれの存在による剛性低下と破壊性状の変化を把握するため、図-8 に示す実橋断面の 1/10 小型モデルならびに図-9 に示す実橋の 1/3 大型モデルを用いて試験を行った。

小型モデルでは、ひびわれ深さ ($2d_c/b=0, 0.25, 0.5, 1.0$) とせん断スパン比 ($a/d=1.5, 2.0, 2.5$) との相関について調査した。

小型モデルでの 載荷試験結果は、ひびわれ深さが 50

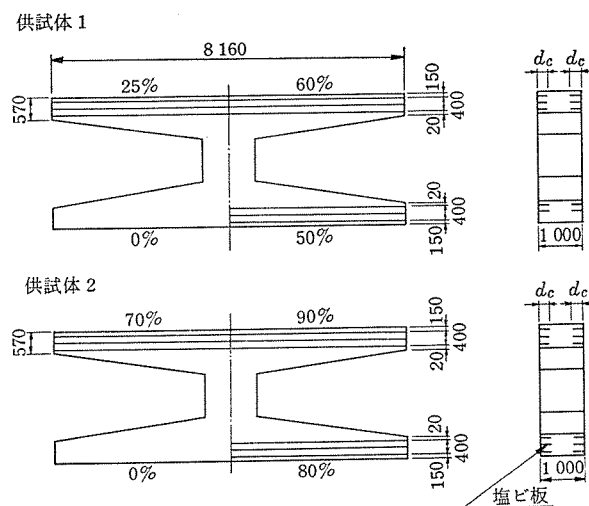


図-9 大型モデルとひびわれ配置

表-5 大型モデルによる試験結果

水平ひびわれ深さ (%)	曲げひびわれ発生荷重 (t)	曲げひびわれ発生時曲げモーメント (t・m)	鉄筋歪より得られた曲げひびわれ発生荷重 P_{cr} (t)	鉄筋歪より得られた曲げひびわれ発生曲げモーメント M_{cr} (t・m)	$\frac{M_{cr}}{M_{cr}^*}$	$\frac{M_{cr}}{M_u^*}$	曲げ破壊荷重 P_u (t)	曲げ破壊モーメント M_u (t・m)	$\frac{M_u}{M_u^*}$
90	143	265	132	244	0.89	0.45	301	523	0.95
80	157	293	131	242	0.89	0.44	—	—	—
70	141	264	130	240	0.88	0.44	—	—	—
60	146	264	124	229	0.84	0.42	300	559	1.02
50	161	291	148	274	1.00	0.50	—	—	—
25	152	280	129	239	0.88	0.44	—	—	—
(供試体 No. 1) 0	167	324	145	268	0.98	0.49	—	—	—
(供試体 No. 2) 0	171	319	150	278	1.02	0.51	—	—	—

計算値 (水平ひびわれ無し)

- 1) 曲げひびわれ発生荷重: $P_{cr}^*=148$ t
- 2) 曲げひびわれ発生モーメント: $M_{cr}^*=273$ t・m
- 3) 曲げ破壊荷重: $P_u^*=296$ t
- 4) 曲げ破壊モーメント: $M_u^*=548$ t・m

ここに、

コンクリート圧縮強度: $\sigma_{cu}=300$ kg/cm², 鉄筋引張強度: $\sigma_{su}=5600$ kg/cm²

コンクリート曲げ強度 $\sigma_{cb}=47.0$ kg/cm², PC 鋼棒引張強度: $\sigma_{pc}=11600$ kg/cm²

論 説

%の場合は、 $a/d > 2.0$ では曲げ破壊を生じ、 $a/d=1.5$ でせん断破壊であった。なお、実橋における a/d は $2.3 \sim 2.5$ である。また、50%程度の深さのひびわれの存在は曲げ剛性、耐荷力の低下に寄与しないことが確認された。

そこで、大型モデルでは、図—9に示すようにひびわれ深さが深い領域での性状を調査することとした。

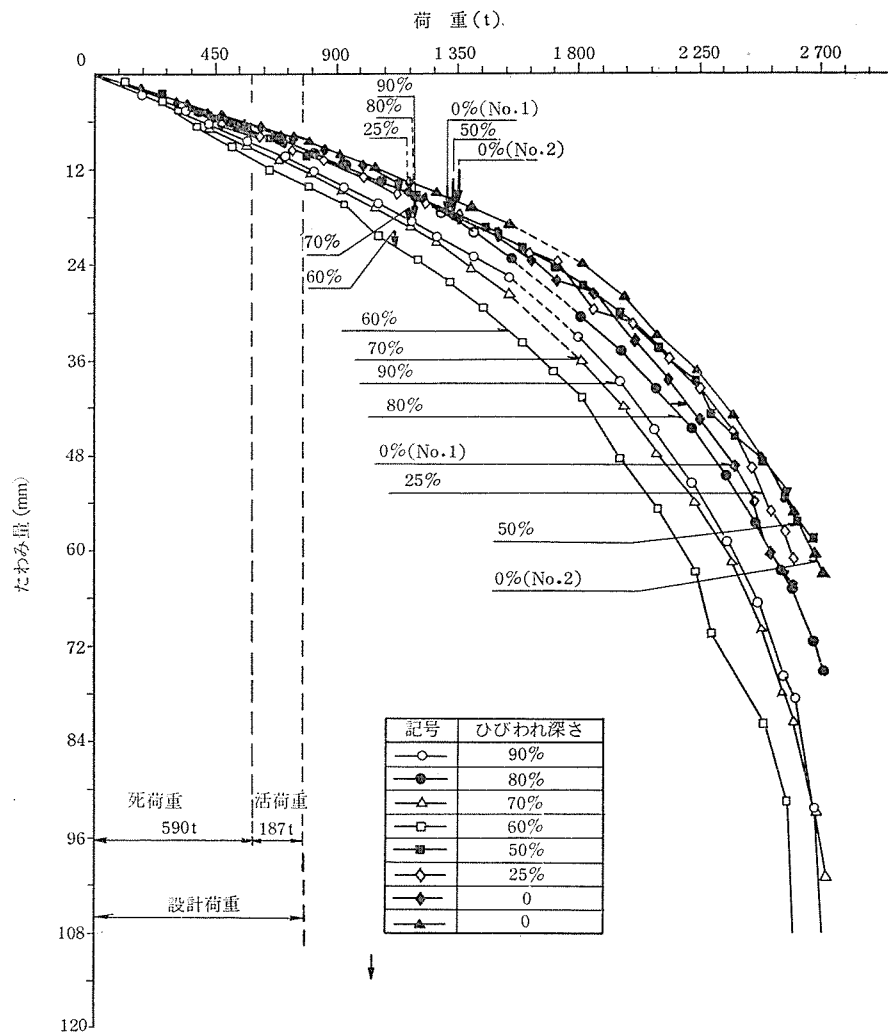
大型モデルによる載荷試験結果を表—5に示す。大型モデル試験においても、曲げひびわれ発生荷重はひびわれ深さにあまり相関はなく、破壊時の測定最終耐力と計算上の耐力との比較では、ひびわれ深さが90%であってもあまり大きな低下は認められなかった。ひびわれの発生状況は、曲げひびわれが中立軸付近まで進展し、人工ひびわれから斜めひびわれが発生し、最終的には圧縮側のコンクリートの圧壊により破壊している。

このように静荷重下において、水平ひびわれの存在が曲げひびわれの発生を早めたり、最終耐力を低下させるような傾向はあまりないことが確認された。

図—10に本試験における荷重と梁先端たわみ量との関係を示す。本図では、実橋脚と1/3モデルとの関係を相似律を考慮して、各々の測定値を変換して表示している。本図で示されるように、実橋脚における設計条件である死荷重および活荷重に対するたわみは5~6mm程度であり、しかも直線領域である。このように実橋脚の設計荷重条件と終局状態への推移の状況を水平ひびわれの程度との関係で評価したが、貫通ひびわれでなければ力学的な機能保持はなされるものと判断できる基礎資料を得た。

(2) せん断耐力の検討

上記のようにPC梁の水平ひびわれは、その深さが80~90%程度であっても顕著な曲げ耐力の低下につながるということが実験的に確認できた。しかし、このようなひびわれの存在は、せん断応力の分布や大きさには影響を及ぼすことが懸念される。



図—10 大型モデルによる荷重とたわみ (スケールは相似律にて換算)

すなわち、水平ひびわれ面内のせん断力はスターラップと残存コンクリートにより受け持たれるが、ひびわれの存在により分担率が大きくなる。そのためスターラップ等に過大な外力による応力を生じたり、外力の繰返し等により疲労寿命が低下するなどの懸念である。

そこで、3次元FEMによるせん断応力分布の変化を検討するとともに、図—8に示した小型モデルにより繰返し載荷の影響を調査した。

応力範囲は実橋脚相当とし、ひびわれ深さとスターラップのひずみ、梁中央のたわみ計測による剛性低下などの関係を検討したが、図—11に剛性低下の状況を示す。

ひびわれ深さが90%程度をこえると、モデル梁端部におけるずれ量、コンクリートの歪、スターラップ応力および図—11に示すたわみの各々について重ね梁の傾向が顕著となる。

以上のような各種試験による健全度の調査では、PC梁に存在する水平ひびわれは75%程度まで存在しても、耐荷性能上は顕著な機能低下がないものと診断され

る。

しかし、実橋脚ひびわれのモデル化における問題やひびわれ存在による鉄筋の発錆などの問題もあり、実橋脚でのひびわれ監視と適切な手当てとは管理上必要である。

3.4 実橋脚の点検調査

実橋脚のメンテナンスでは、発生しているひびわれの幅、長さ、分布、進行状況などを監視する点検が基本となる。そして、ひびわれ調査のほか必要に応じシュミットハンマ試験、コアサンプリングによるコンクリートの試験、超音波伝播速度の把握などとともに、本稿で問題視しているひびわれ深さについては、超音波法により計測を行っている。超音波法によるひびわれ深さの計測については、測定手法の確立、測定精度の検証などをモデルを用いて各種検討を重ねている。

一方、マクロ的に PC 梁の健全度を剛性低下より判定しようとする場合、PC 梁のたわみ性状や振動性状を計測することが工学的に有効である。一方、PC 梁が用いられているような箇所は多くの場合、その路下は街路等に供されている。

そこで、たわみ測定は従来のように接触型の方法では不都合な面が多いので、図-12 に示すような非接触電子光学式変位測定装置（オプトフォロ）の適用が考えられる。このオプトフォロの PC 梁におけるような微小変位計測への適用性を確認するとともに、これを用いて水平ひびわれの存在する PC 梁の剛性低下に及ぼす影響の基礎データを収集した。

詳細な内容は割愛するが、試験車を用いた計測、自由振動試験、一般走行車両による動的変位計測をオプトフォロを用いて行い、たわみならびに固有振動数などを理論値との対比を行い、実橋脚の健全度評価に活用した。

3.5 ひびわれ補修

水平ひびわれの原因や影響度について不明な部分が多く存在していた初期の補修においては、ひびわれ幅の大きな梁について PC 鋼線 ($\phi 12.4 \text{ mm}$) を断面に巻きつけプレストレス力を与えた後、グラウト注入したケースもある。しかしながら、一連の調査により PC 梁に存在する水平ひびわれは、その深さがある程度でとどまっていれば構造物としての健全度に実用上支障がないことが確認できた。

そこで、現場における適切な点検をもとにひびわれ幅

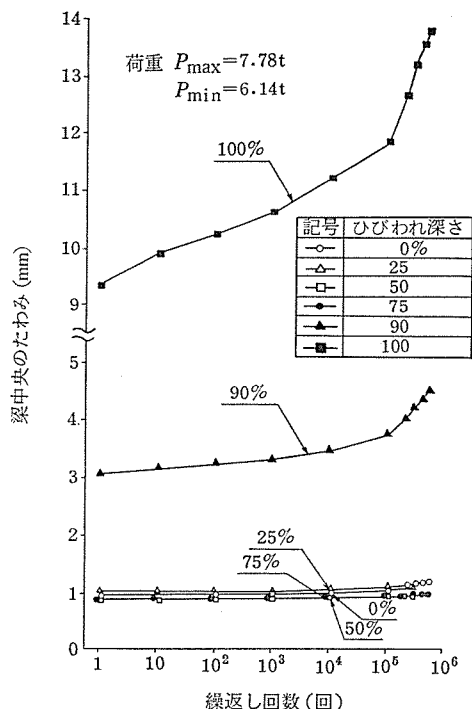


図-11 繰返し載荷によるたわみ変化

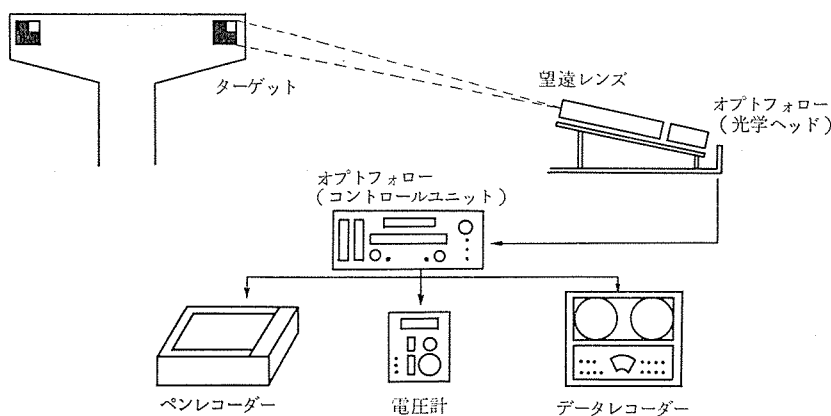


図-12 オプトフォロによる実橋脚梁のたわみ計測

を観察することにより、適切な時期に適切な補修を、①鉄筋、シース、PC 鋼材の防錆、②支承まわりの局部破壊防止、③コンクリート片の落下防止、などを目的として行うこととしている。

表-1 に示したひびわれ幅が 0.2 mm 程度が補修にあたっての判定基準であるが、ひびわれに対する樹脂注入においては適切な材料と工法の選択が重要である。

過去の事例では、一度注入補修したものが経年変化により再度同一箇所にひびわれを生じる場合も多い。注入用材料の特性把握とともに、実橋脚における温度変化、湿度変化ならびにマシブなコンクリートの乾燥収縮の長期化など多への影響によりひびわれ幅が変化することも認められるので、これらの特性を踏まえた合理的な補修への配慮が必要である。

5. あとがき

昭和 39 年代より多用されてきた 都市高架道路を支える PC 梁橋脚に多発した水平ひびわれは、多くの場合、施工後かなりの年数が経過して発見され、管理上問題視される。

阪神高速道路では、建設初期段階の構造物においては比較的ひびわれ等の変状は少ない傾向にあるが、概ね昭和44年以降における構造規模の大型化や使用セメント量の増大の傾向にあいまって多発している傾向がある。

都市高速道路とし供用後、約 10 年を経過した橋脚群の定期点検結果によって、その種の変状を有する施設数量が多いことが確認された。ここで、昭和 53 年度より 3 か年にわたり原因調査、耐荷力評価および補修に関する一連の検討を「PC 梁橋脚の健全度検討委員会」(委員長：岡田清京都大学教授)を設けて総合的に 行っ

た。

本稿は、委員会における各種検討成果の一部を示しながら、PC 梁のメンテナンスの概要を紹介した。最後に本調査検討に協力を賜った多くの委員・幹事ならびに関係者に深謝する。

参 考 文 献

- 1) PC 梁橋脚の健全度検討委員会報告書, 阪神公団, 1981.3
- 2) コンクリート構造物の健全度に関する調査研究業務 (その 2) 報告書, 阪神公団, 1983.3
- 3) 加藤, 高橋, 島田: PC 梁橋脚の温度応力について, 第 36 回土木学会年次学術講演会論文集
- 4) 石塚, 今井, 小野: 水平ひびわれを有する PC 橋脚梁の耐荷力, 第 36 回土木学会年次学術講演会論文集
- 5) 石塚, 嶋村, 篠田: 水平ひびわれのある PC 梁の理論的挙動, 第 36 回土木学会年次学術講演会論文集
- 6) 今井, 千代, 加藤: PC T 型単柱橋脚の ひびわれの原因と耐荷力, 第 14 回日本道路会議論文集

◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート構造物の設計・施工の現状

本書は第 11 回 PC 技術講習会のためのテキストとして編纂したもので、PC 構造物の設計・施工の現状について、我が国のみならず、諸外国の現状にまで言及・解説しています。また、耐久的な PC 構造物作製のための注意点や、新しい建築設計規準法の解説なども盛り込み、大いに参考になることと思います。

ご希望の方は、代金を添えて(社)プレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

体 裁：A 4 判 112 頁
 定 価：3,500 円 送 料：450 円
 内 容：(A) 諸外国における PC 橋梁設計・施工の発展 (第 9 回 FIP ストックホルム大会セミナー報告) 1) 架設工法の発展, 2) プレキャスト技術応用範囲の拡張, 3) 断面形状とその構成, 4) 複合構造物, 5) 結論。(B) PC 構造物の設計基本——考え方 1) まえがき, 2) 許容応力度設計方法から限界状態設計法へ, 3) 限界状態, 4) 水準-1 の安全検証法, 5) プレストレストコンクリートの限界状態, 6) 断面応力の計算, 7) 曲げ破壊に対する安全度の検討, 8) せん断。(C) 耐久的な PC 構造物構築のための注意点 1) まえがき, 2) 橋梁における PC 構造物に関して, 3) 建築における PC 構造物に関して, 4) 構造物の欠陥に対する一般的注意, 5) あとがき。(D) PC 建築構造物の新しい設計法について 1) まえがき, 2) 新耐震設計法の概要, 3) PC 造建築物に対する新耐震設計法の適用, 4) PRC 造の設計, 5) 結語。(E) 最近施工された PC 橋 1) 新プレストレストコンクリート鉄道橋設計標準の概要, 2) 注目される施工法, 3) 実施例。