

R C 床版破損問題とその対応策

— コンクリートの乾燥収縮現象よりの検討 —

保全施設部 保全技術課
(前)工務部 設計課) 水 元 義 久

工 務 部 設 計 課 正 田 正 一

まえがき

道路橋 R C 床版の破損が問題にされ始めてからすでに10数年の年月が経過している。当公団においても、当初17cm程度の床版厚より、最近では25cm程度へと増厚の経過をたどり現在に至っている。

このような経緯を踏まざるを得なかった R C 床版破損問題については、その根本的な材料特性や疲労によるひびわれ進展を考慮した設計法、そして、これに必要な破壊メカニズムの工学的把握が充分なされていない現状である。

すなわち、従来重ねられてきたこの種の研究は、主軸として交通量、大型車混入率等の荷重条件と桁形式、主桁間隔、床版厚、鉄筋量や主桁の不等沈下などの構造条件との相関のもとに力学的応答関係を主体として行われてきた。

一方、破損に大きな寄与度を有する他の因子として、従来よりコンクリートの材料・施工あるいは雰囲気の問題が感覚的にサブ因子として議論されてきた。すなわち、骨材事情の悪化やポンプ施工などともなうモルタル量増加の問題である。

モルタル量の増加はコンクリートの乾燥収縮現象を促進し、最近の鋼桁あるいは鉄筋などの軸および曲げ拘束度の上昇傾向と相まって R C 床版の初期ひびわれを増加させていると考えられる。本研究はこのような初期欠陥に焦点をあて各種検討を展開したものである。

R C 床版の破損問題は下記 3 段階に整理・検討すべきであろうが、この研究は第 1 段階のうち、初期欠陥にスポットをあてている。

第 1 段階 設計以前の各種問題

初期欠陥(内力問題、初期ひびわれ)
境界問題、安全率

第 2 段階 作用外力と断面性能

通常的设计における力学的評価

第 3 段階 ひびわれの程度と耐久性

耐荷、耐疲労、耐久性より実用上無害なひびわれもある。

一連の研究で明らかにした事項を列記すると次のとおりであるが、詳細は文献^{1)~6)}に譲ることとし、本報告はコンクリートの乾燥収縮現象の実験を主体に紹介する。

① R C 床版の乾燥収縮現象を鉄筋・鋼桁の拘束との関係より、経時的な解析・実験をもとに定量的把握の手法を確立・検証した。^{7),8)}

② 設計に用いる乾燥収縮の定数について、体積と乾燥面積との関係を明らかにし、小型供試体と実構造物との相関を明らかにした。^{9),10)}

③ 床版に用いる現実的な材料として普通コンクリート、高性能減水剤添加コンクリート¹¹⁾、膨張コンクリート、鋼繊維補強コンクリート¹²⁾および人工軽量骨材コンクリートを選び、これらの基本性状把握と収縮特性を定量的に明らかにした。⁸⁾

④ コンクリートの収縮特性に与える細・粗骨材の影響を明らかにした。^{9),10)}

⑤ 鋼繊維補強コンクリートについては、その曲げ疲労特性を実験的¹³⁾に明らかにするとともに、その施工性(ポンプ圧送性)の実験¹²⁾をも踏まえ、大阪西宮線尼崎西出路で試験施工を行いその挙動を調査した。^{14),15)}

⑥ 雰囲気問題も重要であり、R C 床版の防水工施工の投資効果を明らかにするための基礎情報を

得べく、水中疲労実験を行いひびわれ進展に水が大きい影響を与えることを明らかにした。¹⁶⁾

⑦ 構造面での対応策として経済性・施工性・信頼性よりの評価のもとに、ひびわれ制御の観点からP C埋設型砕合成床版をとりあげ、その耐荷性状を明らかにし、施工法を確立した。⁴⁾

1. 調査の体系と仮説

図-1に本調査研究の全体的体系を示す。この図の左側に示すような仮説のもとに乾燥収縮にともなう初期欠陥防止を重要視した。すなわち、道路橋RC床版の設計思想では、設計荷重作用時には曲げひびわれの発生を認めているものの、活荷重載荷前にはひびわれは無いものとされてきた。しかし、実橋床版において供用開始前にひびわれの発生が認められることもしばしばあり、しかも、このひびわれはコンクリート打設後、3～5年間は成長する傾向にある。これは床版コンクリートが鋼桁ならびに鉄筋により拘束されて生ずる引張応力によるものと考えられる。

この初期欠陥はそれ自身ひびわれ幅も小さく、構造上すぐ問題とならない。しかし、活荷重に対する有効幅あるいは剛性低下をきたすような場合には、繰り返し載荷により亀甲状のひびわれがより早く形成され、床版の耐久性を著しく低下させる一因となることが推察される。

このような仮説のもとでは、設計の目的関数として、単に外力に対する抵抗特性面からの評価だけでなく、鋼桁剛性の選択法や鉄筋比の与え方に関し、内力面からの評価をもとにバランスのとれた設計と適切な材料選択が重要となる。

そこで、この研究は、まずコンクリートの収縮特性の把握を拘束条件との関係も含めて検討する

こととした。そして、このような視軸より改善策についても現実的ないくつかの対応策を検討対象として選択し、その基本性状を実験的に明らかにしたものである。

2. 未供用実橋床版の観察¹⁷⁾

RC構造物においては、ある程度のひびわれ発生は、当然として看過されてきた。また、一般的には乾燥収縮によるひびわれの発生程度は、問題視するほどに至らない場合が多いと考えられるが、施工条件、環境条件(湿度、温度、風)、材料条件、構造条件などの悪条件が重なることにより顕著に現われることもある。

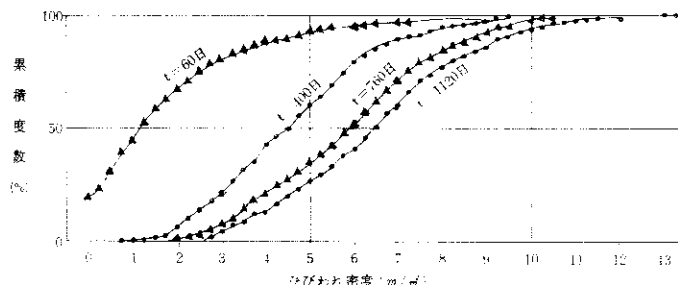
すでに1章で述べたように、初期ひびわれがRC床版の疲労特性に関与するものと考えれば、その実態把握が重要となる。

このような認識のもとに、昭和51年と昭和52年に大阪西宮線の3径間連続非合成I桁におけるRC床版を試験床版として施工し、コンクリート打設直後より詳細な追跡調査を実施している。

すなわち、当橋におけるRC床版のひびわれ生長状況を、活荷重載荷前の5年間にわたり経年的に、かつミクロ的(0.05mm未満の可視ひびわれもすべて対象)に現地調査を展開し、初期欠陥問題に関し興味あるデータを得た。¹⁷⁾ 詳細は割愛するが、この調査より下記傾向が確認されている。

- ① 各年度で計測したひびわれ密度累積度数分布を図-2に例示する。計測時のコンクリート材令は60, 400, 760, 1120日程度であり、活荷重載荷前に2年をこえてひびわれが生長している。
- ② 乾燥収縮の時間経緯は図-3に示すRüsch式により得られる。¹⁸⁾ 図-2の増加傾向は、Rüsch式により示される基本乾燥収縮度の有効厚さを20cm

図-2
ひびわれ密度の
経時変化実測例
(大阪西宮線、
供用前)



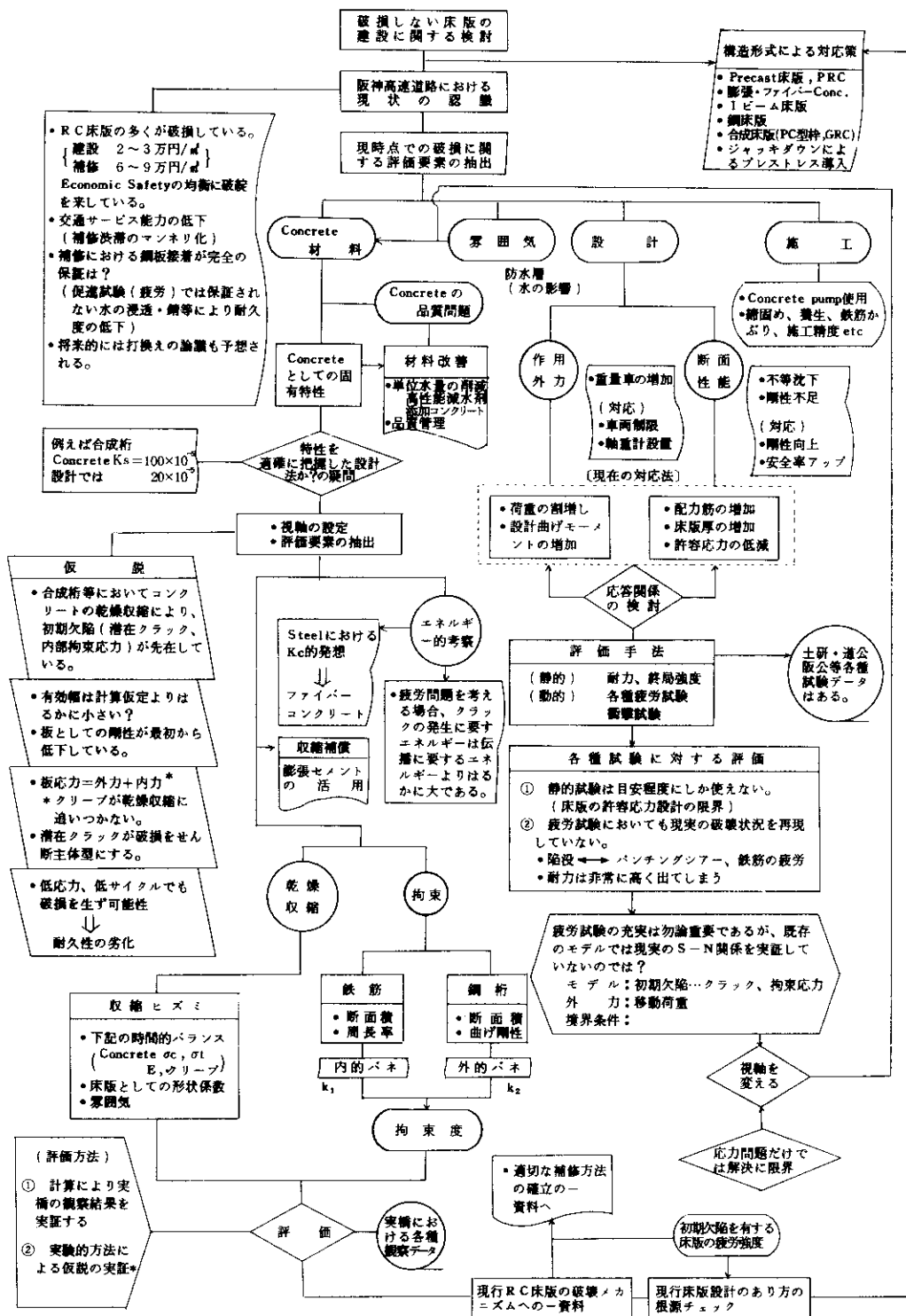


図-1 調査研究の体系

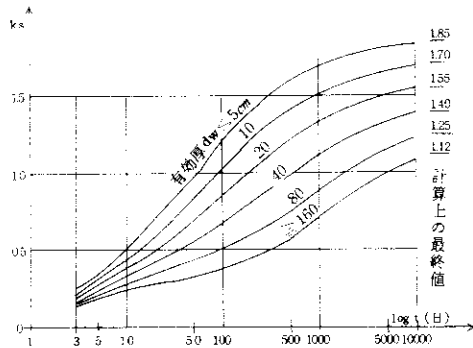


図-3 乾燥収縮度の経時変化について
材令と関係のある係数 k_s

とした場合の時間的収束に概ね近似している。すなわち、Rüsch式では $k_{st}/k_s \rightarrow \infty$ について、材令 50, 200, 500, 1000 日の各々に対し、30, 54, 73, 86%の乾燥収縮の進行度が得られるが、実橋のひびわれ密度変化もこのような傾向を示している。

③ ひびわれパターンは、明確に桁拘束の影響を受け、橋軸直角方向への走行性を示している。また、桁端部のパネルでは、端横桁の拘束効果により、 45° 方向に大きな幅のひびわれが走行している。

このように実橋床版の一部においては、明らかにコンクリートの乾燥収縮現象がひびわれとして表面化している。この実情に対し、このひびわれを評価判定し、状況によっては、補修工事等に結びつける場合、その成因と疲労現象に与える影響等を適確に把握しておかなければならない。

3. 乾燥収縮応力の解析⁷⁾

実橋におけるこのような現象を解析的に予測・評価することが予防措置を講ずるうえからも重要となる。そこで、下記手法により単純合成I桁および前章で触れた3径間連続非合成I桁の床版について経時的な収縮拘束応力の計算を行った。また、同手法により4章に示す実験室内での実測値と解析値とを対比し、手法の妥当性を検証した。

コンクリートの乾燥収縮による拘束応力度の解析は、桁、鉄筋などによる拘束条件とともに弾性

係数、クリープ等が時間的に変化し、計算がはん雑となる。この研究では、これらの現象を把握するため、時間に対する段階的積分法により収縮拘束応力度を解析した。

図-4に解析モデルと仮定した応力・ひずみ分布を、図-5に拘束応力解析のフローチャートを示す。

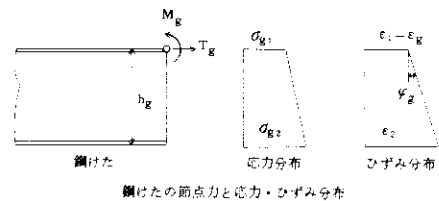
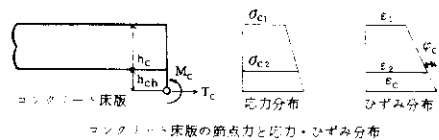
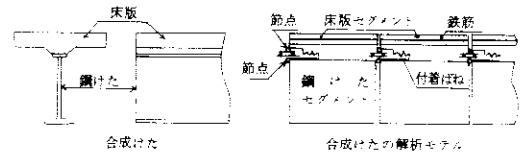
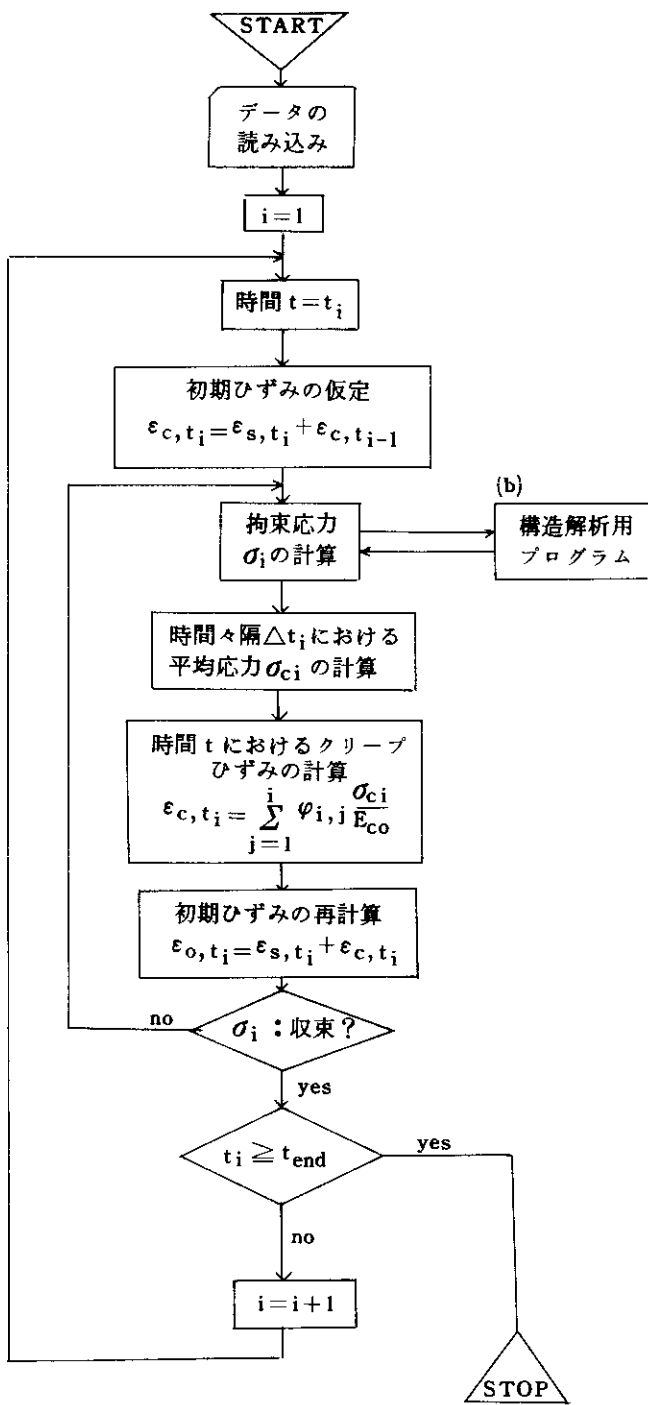


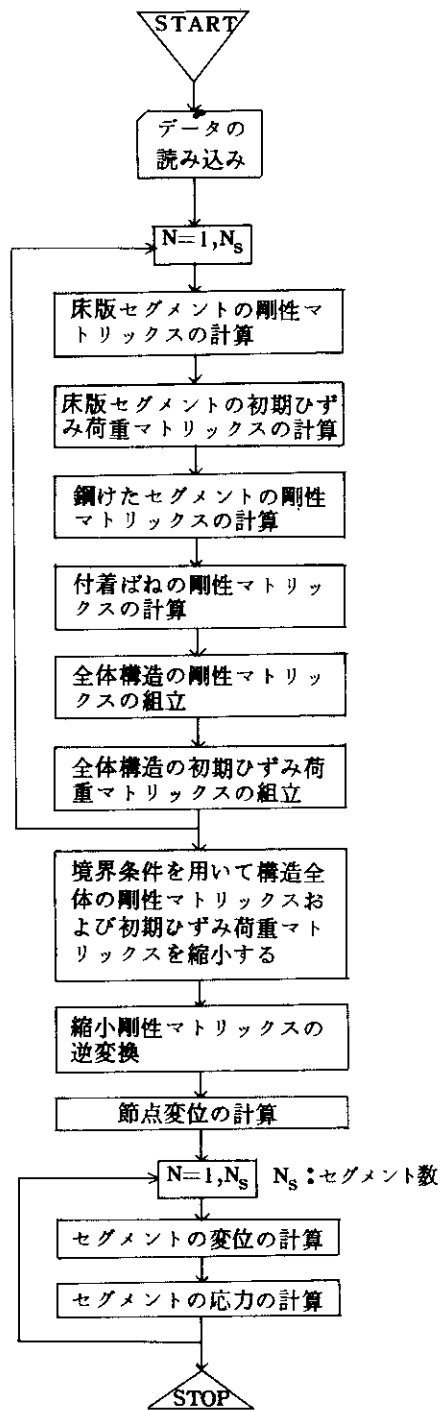
図-4 解析モデルと応力・ひずみ分布

詳細は省略するが、この解析で得られた結果を要約すると下記のとおりである。

- ① この研究で開発した解析プログラムにより、任意の乾燥収縮およびクリープ性状を用いて、任意の材令における応力解析が可能である。
- ② 単純合成桁の床版に生ずる引張応力は、鋼桁と橋軸方向鉄筋の収縮拘束により生ずるが、鉄筋の影響はかなり大きく、鉄筋を考慮しない場合に比較して40%以上増加する。
- ③ 小型供試体 (JIS A 1129) による91日での乾燥収縮ひずみを 440×10^{-6} 程度と設定すると、Rüschの図-3で与えられる材令と経時変化との相関で基本乾燥収縮度 800×10^{-6} に相当する。この場合、同一環境条件における20cm厚の床版に換算すると、材令100日で 240×10^{-6} の収縮ひずみとなり、これに相当する拘束引張応力は 10.5 Kgf/cm^2 程度となる。



(a) 収縮による拘束応力解析フロー



(b) 構造解析のフロー

図-5 乾燥収縮による拘束応力解析のフローチャート

- ④ 3径間連続非合成桁では、収縮による不静定反力の影響が大きく、中央径間では単純桁と比較して約2倍の引張応力が生ずる。③と同一条件に対する拘束引張応力は 19.2 Kgf/cm^2 であった。
- ⑤ 連続桁では温度差による応力も大きく、 10°C の温度差で 10.2 Kgf/cm^2 の引張応力を生ずる。
- ⑥ 連続桁では④、⑤の応力を加えると 30 Kgf/cm^2 の引張応力を生ずる。なお、①で与えた乾燥収縮ひずみは、JIS A 1129 で通常得られる $700 \sim 1000 \times 10^{-6}$ のひずみに比較し、湿度条件の問題はあるが小さ目の値である。

以上が、観察対象とした実橋に対する解析面での評価であるが、このように実橋床版でのひびわれ発生の可能性が高いことが判明した。

4. コンクリートの乾燥収縮実験

コンクリートの乾燥収縮問題は、数十年來の伝統的課題であり、一朝一夕に明確になるものではない。しかしながら、阪神地区という立地、気象条件およびRC床版という具体的構造物を対象とする場合、そのコンクリートの品質、鉄筋量、桁拘束の度合ならびに施工法などがかなり限定され、相応の具体的評価と対応とが可能と考えられる。

そこで、ここでは前章における解析での前提となる定数把握とその手法の検証とをねらい実験を行ったところを紹介する。

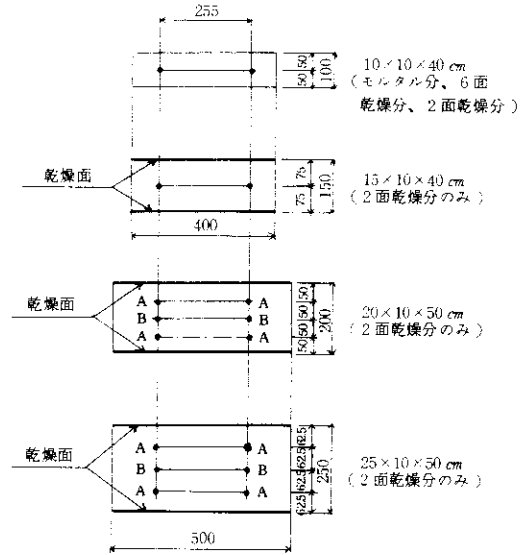
4-1 乾燥収縮に及ぼす骨材と寸法効果の影響に関する実験^{9),10)}

(1) 試験概要

コンクリートの種類と配合は、実橋床版の条件に近似させ、 $W/C = 50\%$ 、スランプ $10 \pm 1 \text{ cm}$ 、空気量 $4 \pm 1\%$ とした。示方配合を表-1に示す。

試験項目の一覧を表-2に示す。供試体の寸法を変化させ、図-6に示すように側面に防水シートを貼りつけ、上下2面乾燥とし、 V/S (V : 供試体体積、 S : 供試体乾燥面の表面積)を変化させ、収縮試験を行った。

表-2に示すように、シリーズⅠは細骨材の種類を、シリーズⅡは粗骨材の種類を変化させたもの



注) 上下面(2面乾燥では乾燥面)にもプラグを配置する。
2面乾燥では側面はすべてシールする。

図-6 供試体の諸元

である。なお、 V/S の2倍値は Rüs ch の有効厚さに相当するものであり、図-3の d_w に相当する。

供試体はコンクリート打設翌日に脱型し、材令7日まで温度 20°C の恒温水槽内で養生し、その後シリーズⅠでは温度 20°C 、湿度 60% 、シリーズⅡでは温度 20°C 、湿度 70% の恒温恒湿の室内に保存し、ひずみを計測した。

(2) 試験結果と考察

各配合コンクリートの経時的なひずみ変化を計測し、 V/S と乾燥収縮ひずみとの関係を調査した。

個別の収縮状況は省略するが、得られた測定値より、 V/S と乾燥収縮ひずみとの関係を整理したものが図-7である。

なお、図中の乾燥収縮ひずみは、測定値の時間との関係を $S_t = t / (a + bt)$ と仮定し、 a, b の値を最小自乗法により定め、 $S_{t \rightarrow \infty} = 1/b$ である。

細骨材の収縮に及ぼす影響は大きく、この実験では、砕砂を用いた配合Bが最も大きく、一般的に用いられる JIS A 1129 の6面乾燥条件では 1110×10^{-6} の収縮ひずみを生じている。

配合Aと配合Dとは同一配合であり、湿度条件

表一 1 コンクリートの示方配合

配合	コンクリート試験に供した細骨材の種類	コンクリートの示方配合									混和剤	
		W/C	C	W	S/a	S (Kg/m ²)			G (Kg/m ²)		P _Z No.70	P _Z No.303A
		(%)	(Kg/m ²)	(Kg/m ²)	(%)	海砂	砕砂	風砕砂	5~13mm	13~20mm		
A	海砂	50	340	170	41	714	-	-	537	541	C×0.25%	2.5 A
B	砕砂	50	356	178	39	333	343	-	545	549	"	5.5 A
C	風砕砂	50	336	168	42	243	250	264	530	534	"	4.0 A

配合	粗骨材の種類と最大寸法	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量				混 和 剤	
						W	C	S	G	P _Z No.70	P _Z No.303A
						D	砕石 20mm	6.7	5.0	50	41
E	砕石 40mm	10.7	4.0	50	35	162	324	620	1217		
F	人工軽量骨材15mm	16.0	6.8	50	41	168	336	714	567		

注) A, D配合の条件は同じである。

表一 2 試験項目一覧とV/Sの設定

配合条件	配合名	骨材条件	供試体の形状 (乾燥収縮・クリープ)					モルタル分の試験	圧縮 ϕ 100	引張 ϕ 150	備考
			V/S=2.2	V/S=5.0	V/S=10.0	V/S=12.5	V/S=7.5				
シリーズ I 細骨材を 変化させる	A	Gmax=20 mm ⊕海砂 100%	○	○	○	○	○	V/S=2.2 ○	材令 3.7.28. 91	材令 7.28. 91	
	B	Gmax=20 mm ⊕海砂+砕砂	○	○	○	○	○	V/S=2.2 ○ ⊙	"	3.7.28. 91	
	C	Gmax=20 mm ⊕海砂+砕砂 +スラグ砂	○	○	○	○	○	V/S=2.2 ○	"	7.28. 91	
シリーズ II 粗骨材を 変化させる	D	Gmax=20 mm ⊕海砂	○	○	○	○	○	-	"	3.7.28. 91	
	E	Gmax=40 mm ⊕海砂	○	○	○	○	○	-	"	"	
	F	人工軽量骨材 ⊕海砂	○	○	○	○	○	-	-	"	

⊙: 収縮、クリープ両方 ○: 収縮

供試体	供試体の寸法 (mm)	乾燥条件	V/S*	供試体の寸法選定の意味
A	(h × b × l) 100 × 100 × 400	6面乾燥	2.2	小型供試体で従来データを得ているもの (conf JIA 1129)
B	100 × 100 × 400	2面乾燥	5.0	同上モデルで乾燥面数との相関を得る
C	200 × 100 × 500	"	10.0	公団旧基準床版を想定
D	250 × 100 × 500	"	12.5	公団新基準床版による床版増厚を考慮
E	150 × 100 × 400	"	7.5	スチールファイバーの使用により将来減厚可能を想定

* V: 供試体体積
S: 乾燥面の表面積

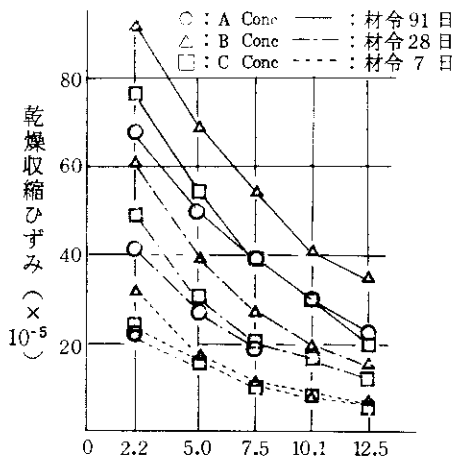


図-7 乾燥収縮ひずみとV/Sとの関係

を60%と70%に設定している。この10%の湿度変化はJIS A 1129試験で評価すると、約60%の収縮ひずみの低減をもたらし、V/Sの増加にともない低減率が大きくなる。

いずれの配合においても、収縮とV/Sとの関係は、図-7に例示したように、V/Sの増加にともないほぼ双曲線に近い形で収縮量は減少する。一般に用いられるコンクリートの乾燥収縮試験(JIS A 1129)を基準とし、V/Sの増加による収縮量の減少率を図-8に示す。

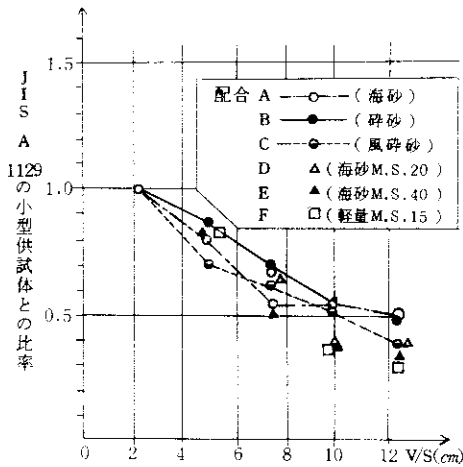


図-8 V/Sと乾燥ひずみ比

この図より、小型供試体の試験値から、実構造部材の収縮が算定可能となる。通常のRC床版(V/S≒10cm)では、JIS A 1129により得られる収縮量の約1/2を設計基本値にすればよいことが判断される。なお、この値は図-3に示すRüschの値を収縮開始の材令を含めて推定したものとほぼ一致することが検定できた。

図-9に配合Aについての供試体の重量減少率と時間との関係を例示する。この図より、重量減少率は収縮量とほぼ同じ傾向を示す。図-10に重量減

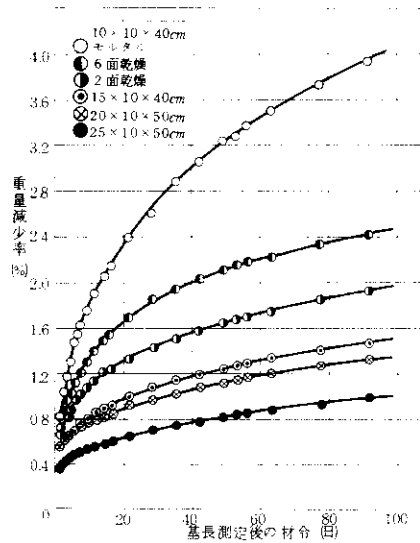


図-9 海砂の材令と重量減少率の関係(配合A)

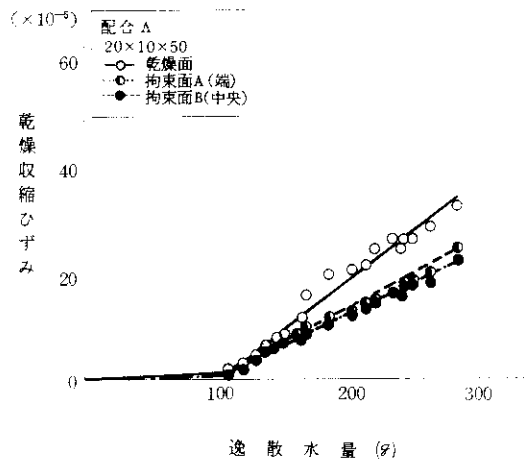


図-10 重量減少と収縮ひずみの関係

少と収縮ひずみとの関係を例示する。いづれの供試体においても、この図に例示したように、初期の逸散水量は収縮ひずみにあまり寄与せず、それ以降はほぼ直線関係となる傾向にある。

4-2 桁モデルによる乾燥収縮実験^{7),8)}

(1) 試験概要

鋼桁などにより拘束を受けるRC床版のひびわれ発生機構を桁モデルにより再現し、3章で紹介した段階的積分法による解析手法による解析値と測定値とを桁変形、ひずみなどで対比し、解析手法の適合性の拡張に関する検討を行った。

コンクリートの種類は、ひびわれ発生防止対策として、高性能減水剤使用コンクリート(HWRC)、鋼繊維補強コンクリート(SFRC)、膨張コンクリート(EXC)および実橋でのひびわれ発生の少ない人工軽量骨材コンクリート(LC)を普通コンクリート(CC)と対比させることとし、表-3に示す配合と諸性質を有するコンクリートを用いた。

これらのコンクリートを用いて、全長300cm、支間270cmのジベル付き鋼桁の床版内に、橋軸方向鉄筋比の影響を考慮するために桁1にはD13、

桁2にはD16を各々4本ずつ配筋して図-11に示すような合成桁を製作した。また、床版側面は乾燥防止のため、防水シートを貼付している。

乾燥収縮に伴う桁のたわみ、鋼桁のひずみは中央および中央より50cmずつ離れた断面で、床版上下面のひずみは中央断面で図-11に示す方法で測定した。

床版コンクリートの養生および乾燥は、材令7日まで床版をビニールシートで密閉養生することにより実橋床版の型枠・被覆養生条件に近似させ、それ以降はビニールシートを除去し室内雰囲気(温度20℃、湿度60%)中に暴露した。

無拘束の状態での床版コンクリートの乾燥収縮の測定は、V/S=6の桁モデルと同一条件とした12×30×40cm(2面乾燥)の供試体を用いて桁と同一室内、同材令で実施した。

(2) 実験結果および考察

無拘束供試体による各種コンクリートの乾燥収縮ひずみを図-12に示す。桁2に関するスパン中央のたわみを図-13に、CCおよびLC配合の床版および鋼桁のひずみを図-14に代表例として示す。

表-3 コンクリートの諸性質

コンクリート種類	最大寸骨法(mm)	スランブ(cm)	空気量(%)	水セト比(%)	細骨材率(%)	単 位 量 (kg/m ³)						混和剤	28日圧縮強度(kgf/cm ²)		28日引張強度(kgf/cm ²)		28日静弾性係数(×10 ⁴ kgf/cm ²)		備 考	
						水	セメント	細骨材		粗骨材	CSA		鋼繊維	水中	気中	水中	気中	水中		気中
								砕砂	海砂											
CC	20	9.5	3.7	50	42.0	180	360	210	500	1047	-	-	Pz No. 70	414	-	34.0	-	31.8	-	
HWRS	20	9.5	3.8	50	44.0	157	314	241	555	1061	-	-	Pz NL 4000	416	-	31.0	-	34.5	-	
SFRC	20	10.0	4.0	50	55.0	203	406	270	617	766	-	※79	Pz No. 70	489	398	40.8	36.1	30.7	27.9	※伸縮切断形
LC	15	12.0	4.3	50	38.4	151	302	※528	※578	-	-	Pz No. 70	290	272	19.3	16.1	17.0	16.1	※細・粗とも軽量	
EXC	20	9.5	3.8	50	42.0	175	320	221	505	1059	30	-	Pz No. 70	418	351	34.8	27.4	31.9	28.8	

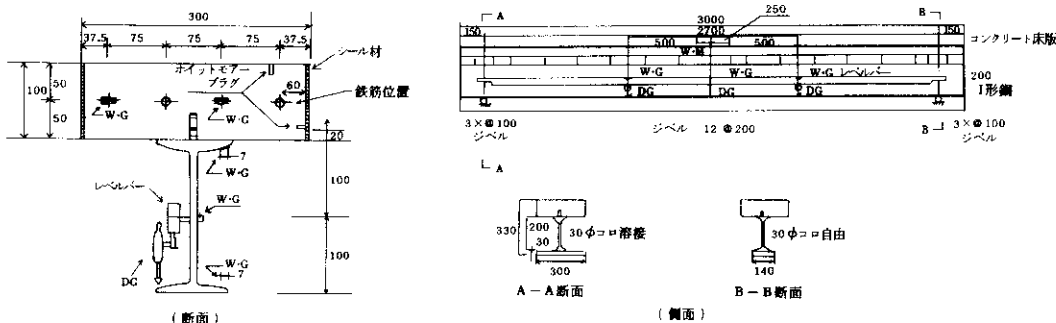


図-11 モデル桁と測定装置配置図

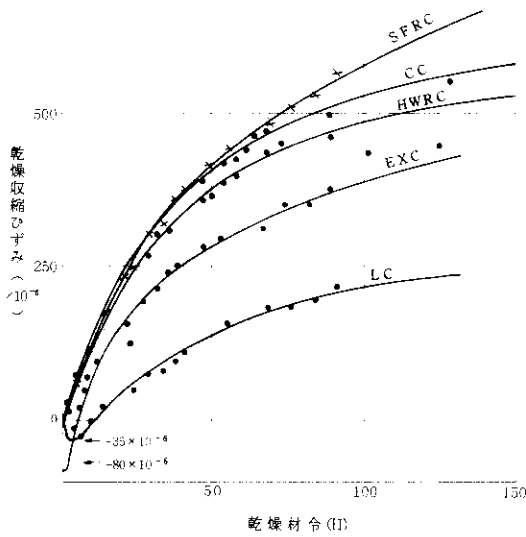


図-12 各種コンクリート乾燥収縮

なお、図-13、図-14における実線は、3章で紹介した解析手法により、桁たわみの実測値に最も適合する基本流動係数 (ψf_0) を設定して解析した理論値である。各種コンクリートの個別の結果は紙面の都合で割愛するが、得られた結果を要

約すると下記のようなものである。

① 乾燥収縮ひずみ

材令1日を基長とした無拘束収縮ひずみの結果からは、図-12に示すようにコンクリートの種類別にその値はかなり差がある。材令90日で比較するとCCの 500×10^{-6} に対し、単位水量が約 $20 \text{Kg}/\text{m}^3$ 増減したSFRCとHWRC とでは収縮ひずみは約 50×10^{-6} 増減している。一方、EXCやLCでは材令初期に膨張を起し、その後、収縮に転じるがその値はCCと比較し、それぞれ 350×10^{-6} , 200×10^{-6} と著しく小さくなっている。

② 桁のたわみ

図-13に示されるように、CCと同程度の圧縮強度、静弾性係数を有し収縮ひずみが多いSFRC、また収縮ひずみは小さいが静弾性係数が高くセメントペースト量が少ない(クリープひずみ)が小さいと推定される)HWRCにおいては桁たわみが大きい結果を得た。また、収縮ひずみの小さいEXCや、収縮ひずみ、静弾性係数とも小さいLCではCCより小さくなった。特に、LCはCCの $1/3$ 程度と顕著である。

解析法の各種コンクリートへの適合性は、基本

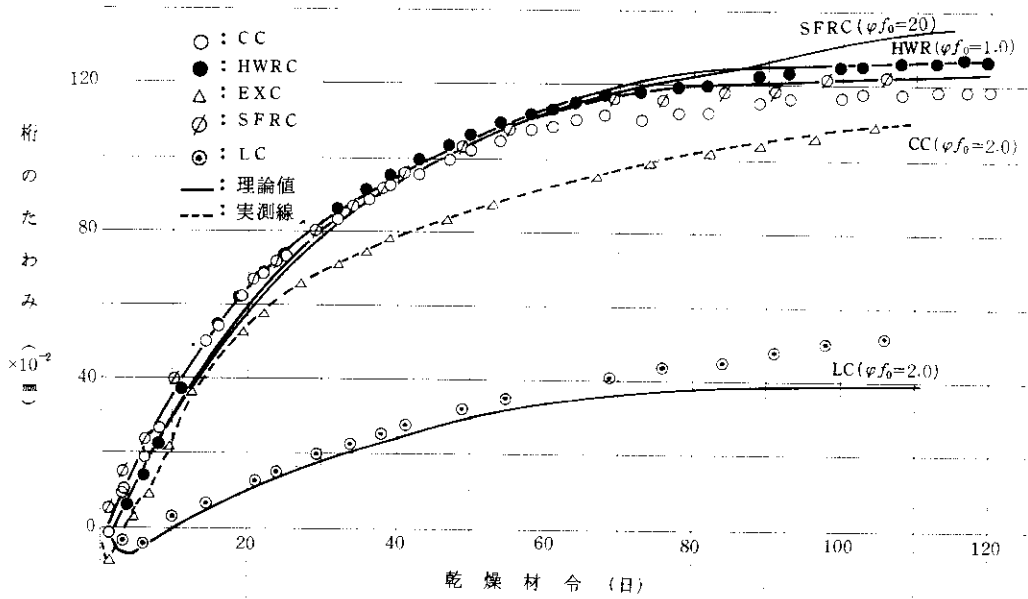


図-13 スパン中央の桁たわみの時間変化

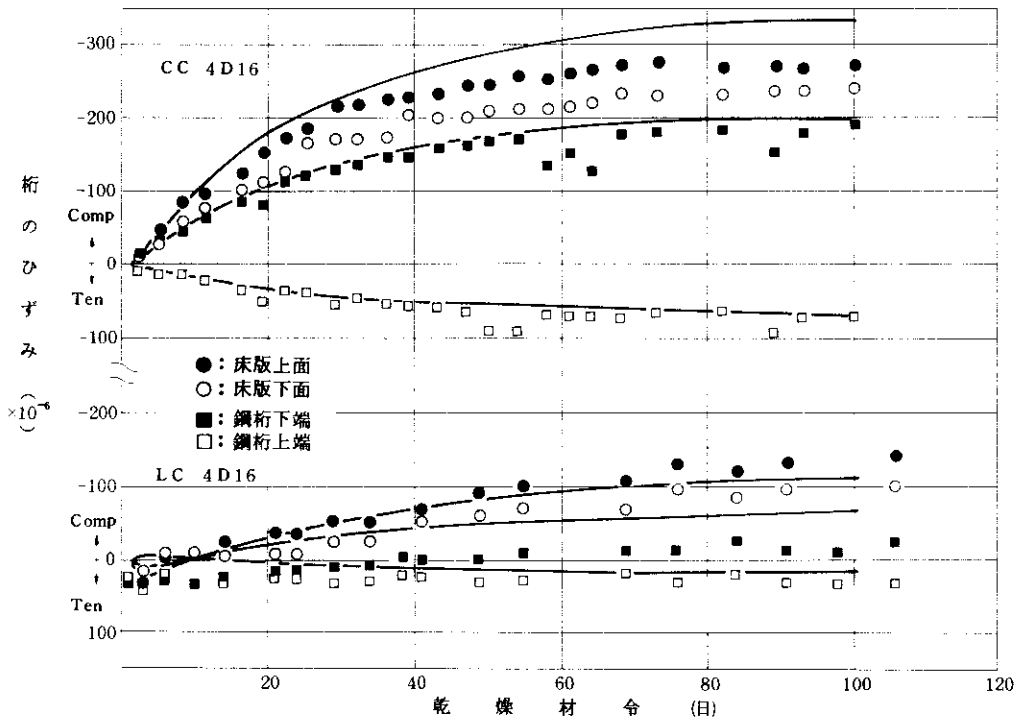


図-14 桁ひずみの時間変化

流動係数をCC, SFRC, LCに対し $\varphi_{f0} = 2.0$ 、クリープの小さいと推定されるHWRCで $\varphi_{f0} = 1.0$ を採れば、十分な適合性が得られる。しかし、EXCの場合は初期膨張量と静弾性係数との関係、拘束条件との関係などに未だ不明な点があり適合性は十分でなく、EXCについては解析法に新たなパラメータの導入の必要性を示唆していると考えられる。

鉄筋比の影響をCCについて例示すると図-15のようであり、鉄筋比 $p = 1.7$ と 2.6% の差により、桁の収縮変形が拘束され、その程度が解析値で再現できることがわかる。

③ 桁・床版のひずみ

図-14に例示したように、EXCを除いて解析値と実測値とはほぼ一致した。この図で対比されるようにCCに比較し、低収縮、低弾性係数のLCが拘束収縮ひずみで約 $1/3$ と著しく小さくなっていることが注目される。また、このことは実橋でLCを用いた床版における損傷事例の少ないことと一致し、興味深いところである。

④ 拘束引張応力とひびわれ

EXCを除いたコンクリート種類別に解析した床版下縁に生ずる引張応力と時間との関係を桁2について示すと図-16のとおりである。なお、EXCについては解析法に検討の余地があるため除いた。

この解析結果から拘束引張応力の最大に達する時間は、CC, HWRC, SFRC, LCでそれぞれ73, 73, 122および108日であり、その時の拘束引張応力はLCを除きすべてのコンクリートでその引張強度を超えており、ひびわれの発生確率が著しく高いことが示唆される。

一方、供試体における実測ひびわれ観測の結果では、図中に示したような材令で可視ひびわれがCC, HWRC, SFRCについて確認された。やゝひびわれ発見時期が理論最大引張応力に達する時期より遅れているとはいえ、工学的には十分な精度でひびわれ予測が可能であり、3章の解析手法の適合性が確認された。

図-17にCCにおけるひびわれ発生状況を実測

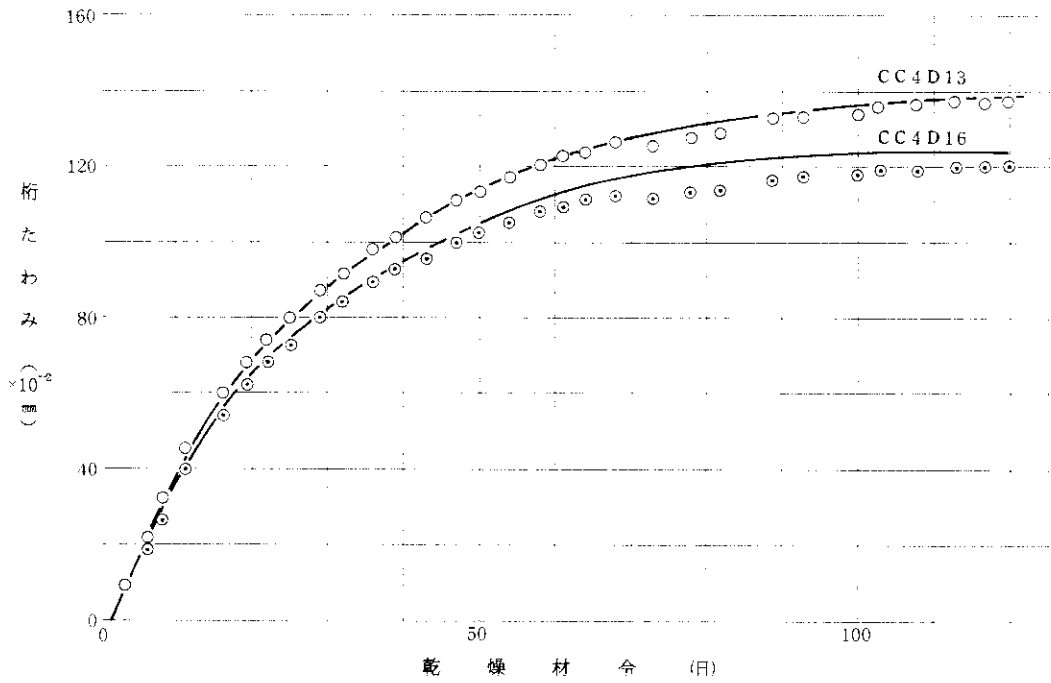


図-15 桁たわみにおよぼす鉄筋比の影響

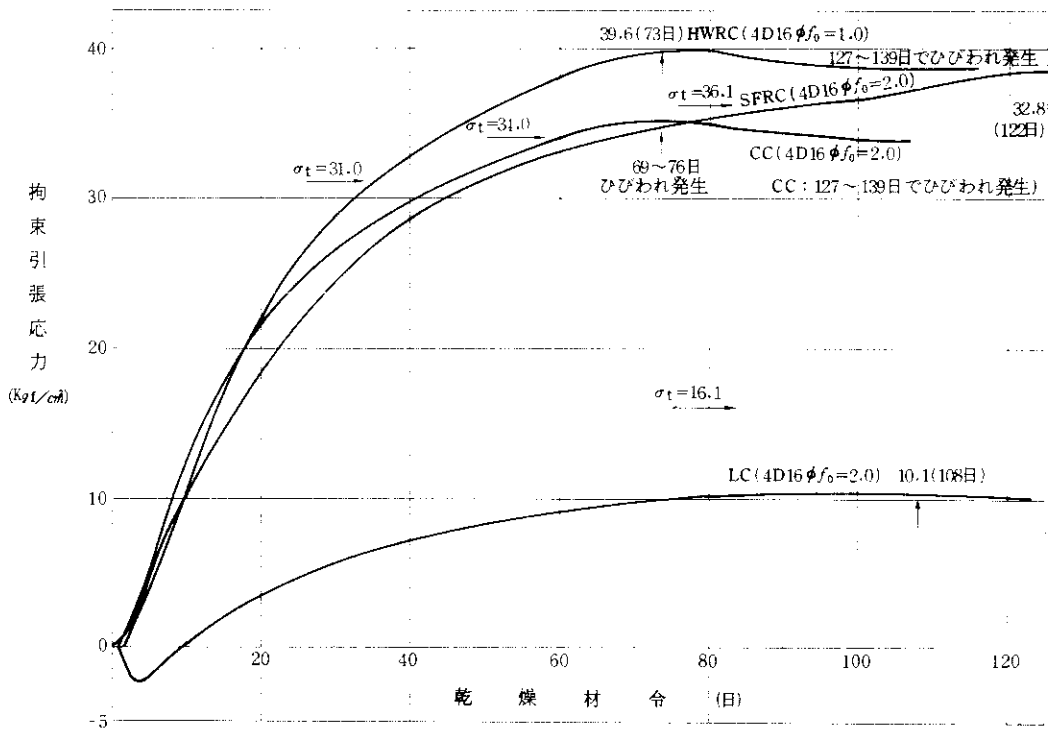


図-16 コンクリート別の床版下線拘束引張力と時間との関係

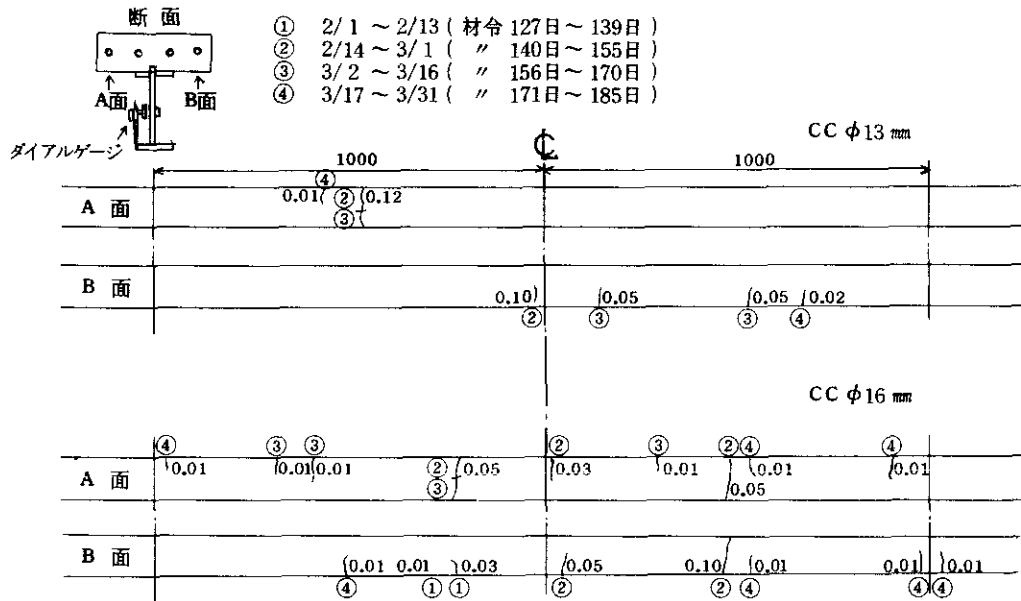


図-17 床版のひびわれ発生パターン (CC)

したものを例示する。このようにひびわれ発生程度は明らかに鉄筋拘束の割合により変化し、理論値の傾向と一致した。

なお、LCはコンクリートの引張強度が低いにもかかわらず、拘束引張応力の発生はCCの1/3以下と小さいため、ひびわれ発生に対し十分な余裕がある結果となった。そして、モデル桁の観察においてもLCはEXCとともに材令250日においてもひびわれは認められなかった。

あとがき

昭和54年度より3ケ年にわたり、RC床版の破損問題について、材料面にスポットをあて調査研究を実施してきた。そして、ここではRC床版の拘束にともなう初期欠陥の発生機構とその対応策として、各種コンクリートの性状にともなう影響を紹介した。

このような現象に対し、従来わが国においては、鋼合成筋あるいはPC合成桁などの設計に用いられる諸定数は、DIN 1045あるいはCEBなどに準拠することが多く、わが国における気象条件、

材料条件あるいは施工条件に合致した独自の諸定数の蓄積が少ないと思われる。また、材料評価面で数多く実施されてきた、例えばJIS A 1129に代表される乾燥収縮値が、構造設計に活用されることが少ない点も認識された。そこで、材料特性問題と具体的設計展開との間の橋渡しが出来ないかとの意図により、V/Sに関する調査や解析手法の検討をも含め、膨大な実験を行ってきたところである。

得られたデータも膨大であり、そのすべてを紹介することはできず詳細は文献に譲るが、当公団においても、床版補修に多くの投資と労力の消費が余儀なく迫られている実情を考慮すると、得られた知見をより早くフィードバックし、合理的な構造物の建設・管理の糧となるよう期待し、調査の一端を紹介した。

なお、RC床版の損傷に対し、荷重条件、材料施工条件とともに大きな因子となる水の影響に関する調査¹⁶⁾ならびに構造面での対応策としてのPC埋設型枠床版に関する調査研究⁴⁾については、本稿では省略したので文献を参照されたい。

これらの調査研究を進めるにあたっては、阪神

高速道路公団技術審議会コンクリート分科会（主査：岡田 清 京都大学教授）委員各位を初めとして多くの協力者に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) R C床版の初期欠陥とその改善策に関する研究報告書、日本材料学会委託、昭和55年3月
- 2) R C床版の初期欠陥とその改善策に関する調査研究（その2）報告書、日本材料学会委託、昭和56年3月
- 3) コンクリートの基礎性状に関する調査研究報告書、日本材料学会委託、昭和57年3月
- 4) P C埋設型枠床版の耐荷性状に関する調査研究報告書、日本材料学会委託、昭和57年3月
- 5) 水元、関本、南荘：R C床版破損問題とその対応について：阪神公団、第13回技術研究発表会、昭和56年2月、PP 99～107
- 6) 水元、正田、関本：R C床版破損問題とその対応（その2）：阪神公団、第14回技術研究発表会、昭和57年2月、PP 103～112
- 7) 前岡、児島、河井：合成桁における鉄筋コンクリート床版の乾燥収縮による初期欠陥発生機構に関する研究：第36回土木学会年次学術講演会、V-165、PP 328～329
- 8) 中野、児島、水元：コンクリートの種類が合成桁R C床版の収縮拘束度とそれに伴うひびわれに与える影響：第37回土木学会年次学術講演会、V-170、PP 339～340
- 9) 児島、水元、前岡：コンクリートの乾燥収縮におよぼす細骨材の影響と寸法効果に関する一実験：昭和56年度年次学術講演会、土木学会関西支部、V-3
- 10) 岡田、松村、小林、児島、中島：コンクリートの乾燥収縮とクリープにおよぼす寸法効果に関する基礎実験：昭和56年度年次学術講演会、土木学会関西支部、V-4
- 11) 南荘、松村、山崎：高性能減水剤の分割添加に関する基礎的実験：第35回土木学会年次学術講演会、V-165
- 12) 後藤、河井、水元：鋼繊維補強コンクリートに関する基礎的研究：第35回土木学会年次学術講演会、V-62、PP
- 13) 児島、水元、阪、前岡：鋼繊維補強コンクリートの曲げ疲労性状に関する実験的研究：昭和56年度年次学術講演会、土木学会関西支部、V-22
- 14) 古田、新山：スチールファイバーコンクリートの施工に関する検討：阪神公団、第13回技術研究発表会、昭和56年2月、PP 218～223
- 15) 中島、古田、新山：鋼繊維補強コンクリート床版の施工について：第36回土木学会年次学術講演会、V-83
- 16) 前岡、水元、児島：鉄筋コンクリートはりの疲労性状におよぼす水の影響に関する一実験：第37回土木学会年次学術講演会、V-153、PP 305～306
- 17) 大阪西宮線床版追跡調査業務（その5）報告書：阪神公団大阪第二建設部、昭和56年3月
- 18) H. Rüsç & D. Jungwirth：コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮、鹿島出版会、1976年