RC ラーメン高架橋の温度・乾燥収縮の 影響に関する調査

石橋 忠良*1・吉野 伸一*2・斉藤 啓一*3

概要 鉄筋コンクリートラーメン高架橋の温度変化・乾燥収縮に対する合理的な設計法を確立する基礎資料を得るため、実高架橋における温度変化・長さ測定ならびに供試体による基礎実験を行った。温度測定の結果から高架橋の部材間の温度変化を、高架橋が建設される地点の月別平均気温から求める算定式を提案した。また、基礎実験の結果から、部材断面形状・寸法・湿度による乾燥収縮ひずみの変化、および軸方向鉄筋による乾燥収縮ひずみの拘束効果を明らかにした。さらに、実高架橋における長さ測定結果と、本手法による乾燥収縮ひずみの計算値との比較検討を行い、本手法の妥当性を確認した。

キーワード：ラーメン高架橋，温度変化，乾燥収縮

まえがき

鉄筋コンクリート（RC）不静定構造物では、温度変化および乾燥収縮による部材の伸縮が構造的に拘束されるため、曲げモーメント，せん断力，軸方向力等の不静定応力が生ずる。したがって，RC ラーメン高架橋（以下，高架橋という）を合理的に設計するためには，これら温度変化および乾燥収縮の影響を適切に把握し，評価することが大切である。

温度変化・乾燥収縮に対する高架橋の合理的な設計法を明らかにするために，1975 年から約 7 年間にわたり宮城県仙台市内の 4 径間高架橋（以下 A 高架橋という），1979 年から約 3 年間にわたり宮城県宮城郡内の 10 径間高架橋（以下 B 高架橋という），1984 年から約 1 年間にわたり埼玉県戸田市内の 3 径間高架橋（以下 C 高架橋という），1984 年から約半年間にわたり盛岡県花巻市内の 4 径間高架橋（以下 D 高架橋という）の実高架橋での温度等の測定を，気温の変化が異なる数地区において実施し，併せて供試体による基礎実験を行った。

本稿は，これらの調査実験の結果をとりまとめ報告するものである。

1. 実高架橋の温度変化

1.1 実高架橋での測定

(1) A 高架橋における測定

1) 測定概要

1975 年から約 7 年間にわたり，高さ $H=8.5\text{ m}$ ，長さ

図-1 A 高架橋測定位置

$L=35\text{ m}$ の標準的な高架橋において温度測定を行った。高架橋諸元ならびに測定位置を 図-1 に示す。

2) 測定結果

a. 経年変化について

高架橋の各部材の中心におけるコンクリート温度の経年変化を 図-2 に示す。地中ばり以外はほぼ同じ動きを示しており，また，高架橋の建設地点における気温の

図-2 構造物の部材中心の温度の経年変化
(A 高架橋)

*1 日本国有鉄道構造物設計事務所主任技師（正会員）

*2 同 上 主席（正会員）

*3 同 上 主席（正会員）

図-3 B 高架橋 測定位置

実測値の月平均値（以下、月平均気温という）と同様な動きをしているのがわかる。

一方、地中ばり中心のコンクリート温度は、上ばりや柱のコンクリート温度の変化より若干遅れて同様の変化をするが、その変動幅は小さいようである。これは、地中ばりが地中にあり、地中ばりのコンクリート温度が温度の影響を受けるため、地中ばりのコンクリート温度の変化は地温の変化と密接な関係があるものと思われる。

(2) B高架橋における測定

1) 測定概要

1979年から約3年間にわたり、 $H=4.2\text{ m}$ 、 $L=75\text{ m}$ の図-3に示す10径間高架橋において、高架橋の各部材におけるコンクリート温度の測定を行った。なお、測定時刻は、日射の影響や気温の変化による影響が最も少ないと考えられる午前4時としている。

2) 測定結果

a. 経年変化について

上ばり内の各位置における測定結果の一例を、図-4に示す。なお、A高架橋の測定結果より、高架橋の各部材の中心のコンクリート温度の変化が月平均気温と密接な関係があることが認められたので、月別平均気温（理科年表、統計期間1951年から1980年までの平均値）

図-4 上ばりにおけるコンクリート温度の測定結果 (B高架橋)

を併せて示す。これより、上ばりの表面（側面、下面）と中心のコンクリート温度とはほぼ等しく、また月別平均気温と同様の変化をすることが認められる。

地中ばりにおける測定結果の一例を、図-5に示す。高架橋基礎部分の埋戻しおよび側道の整備が完了し、通常の状態になったと思われる1981年1月以降について述べれば、地中ばりの各測点におけるコンクリート温度は、上ばりの場合とは異なり、地中ばり上面から測定点までの深さによって変化し、かつ若干の位相のずれ（以下、位相差という）、ならびに変動幅が異なるようである。しかし、やはり月別平均気温と似た動きを示してい

Investigation on the Effect of Temperature and Drying Shrinkage of R.C. Rigid Frame Viaduct

By T. Ishibashi, S. Yoshino, K. Saitoh

Concrete Journal, Vol. 24, No. 12, pp. 21~31, Dec. 1986

Synopsis In order to obtain basic data to establish rational design criteria to cope with changes in temperatures and drying shrinkage of R.C. rigid frame viaduct, measurements were made on changes in temperatures and lengths of beams at the virtual viaduct, and fundamental experiments were carried out on the specimens. As a result of measurements of temperatures, a formula to obtain the changes in temperatures between structural members from the temperatures as measured monthly at the virtual location where the viaduct is to be constructed was proposed. And also, as a result of fundamental experiments, shape and dimensions of cross sections of structural members, change in drying shrinkage flexure due to moisture, and effective area of longitudinal reinforcements against drying shrinkage flexure were identified. In addition, a comparative study was made on the result as measured for the lengths of beams and calculated values of drying shrinkage flexure obtained by this method, and adequacy of this method was verified.

Keywords : rigid frame viaduct, changes in temperatures, drying shrinkage

図—5 地中ばりにおけるコンクリート温度の測定結果 (B高架橋)

図—6 K と H との関係

るのがわかる。

b. 地中ばりの各測点におけるコンクリート温度の位相差・変動幅について

地中ばりの各測点におけるコンクリート温度の年間の変動幅と月別平均気温の年間の変動幅との関係について、コンクリート温度の年間の変動幅と月別平均気温の年間の変動幅との比 K を求め、測点の地表からの深さ H と K との関係を・印で 図—6 に示す。

これより、 K が H の関数で表されると考えると

$$K = (H+1)^{-0.85} \quad (H: \text{m}) \quad (1)$$

となる。図—6 に、式 (1) により与えられる曲線を実線で示す。図—5 より得られる地中ばりの各測点におけるコンクリート温度の位相差と測点の地表からの深さ H との関係を 図—7 に示す。

これより、位相差 TH (月) は地表からの深さ H の関数で表わされると考えると、

$$TH = 0.9 \cdot H \quad (H: \text{m}) \quad (2)$$

図—7 位相差 TH と深さ H の関係

となるようである。

(3) C高架橋・D高架橋における測定

前述した2箇所における温度測定の結果、上ばりならびに地中ばりのコンクリート温度は月別平均気温あるいはその関数として与えられることがわかったので、月別平均気温が異なる埼玉県ならびに盛岡県の2箇所において、主として地中ばりの温度測定を実施した。なお、測定に際し、地中ばりのコンクリート温度は地温と密接な関係があると考えられたので、地温の測定も同時に行うこととした。

1) C高架橋における測定結果について

高架橋の諸元ならびに測定位置を 図—8 に示す。なお、測定日時はデータ整理の都合上、各月の中旬における1日で午前4時の測定値をその月の代表値としている。柱中心のコンクリート温度と月別平均気温との関係を 図—9 に示す。地中ばり中心のコンクリート温度ならびに地表面からの深さが同じ位置の地温、そして月別平均気温との関係を 図—10 に示す。

これより、本地区においても (1)(2) 地区と同様に、柱中心のコンクリート温度は月別平均気温と同じ動きをしているのがわかる。そして、地中ばり中心のコンクリ

図—8 C高架橋測定位置 (線路直角方向)

図—9 柱中心のコンクリート温度の測定結果 (C高架橋)

図一10 地中ばり中心のコンクリート温度の測定結果 (C高架橋)

図一11 地表面からの深さと地温の測定結果 (C高架橋)

ート温度と地表面から同じ深さの位置における地温とはほぼ等しく、地中ばり中心のコンクリート温度は、地表面から同じ深さにおける地温により表わされることもわかった。

また、地表面からの深さと地温との関係を 図一11 に示す。これより、地中の各測点における地温の年間の変動幅と月別平均気温の年間の変動幅との比を求め、図一6 に△印で示す。これより、式 (1) は、地表に近い部分についてはばらつくものの、 $H=3.5\text{m}$ 程度までの深さの範囲においてはよく一致するようである。同様に、位相差 (TH) についても、本地区で得られた結果を図一7 に△印で示す。これより、式 (2) についても、 $H=3.5\text{m}$ 程度までの深さの範囲においてはよく一致することが認められた。

2) D高架橋における測定結果について

高架橋の概要ならびに測定位置を 図一12 に示す。本地区の特徴は、在来地盤上に約 3.5m 程度の高さに盛土され、柱の一部が土により覆われていること、高架橋の基礎がかなり深くなっていることである。

空中に露出している柱の中心におけるコンクリート温

度 (午前 4 時における測定値の月平均値) と月別平均気温との関係を 図一13 に示す。これより、本地区においても冬期には若干の違いはあるものの、(1)(2)(3) 地区と同様、柱中心におけるコンクリート温度は月別平均気温と同様の動きをしているのがわかる。

盛土および地中の柱あるいは基礎におけるコンクリート温度を 図一14 に示す。同様に、地温と月別平均気温とを 図一15 に示す。両図より、柱のコンクリート温度

図一12 D高架橋測定位置 (線路直角方向)

図一13 地上における柱中心のコンクリート温度の測定結果 (D高架橋)

図一14 地中における柱および基礎中心におけるコンクリート温度の測定結果 (D高架橋)

については、埋設されている位置が盛土と在来地の地盤かのいずれかで若干異なる動きを示す傾向があるとも思われるが、本地区においても、前述した3地区と同様、地中におけるコンクリート温度は、同じ位置における地温と同様な動きを示しているのが確かめられた。

1.2 考 察

気象条件ならびに地質が異なる4地区における高架橋の各部材のコンクリート温度・地温の測定結果を基に、各部材の中心のコンクリート温度について考察する。

(1) 上ばり等、地上部材の中心のコンクリート温度について

上ばり等、地上部材の中心のコンクリート温度は、月別平年気温と同一の動きを示すと考えられる。 t 月において、これらのコンクリート温度 T_1 を式 (3), (4) のように表す。

$$T_1 = A - B/2 \cdot \cos\{n/7 \cdot (T-1)\}$$

ただし、 $1 \leq t \leq 8$ (t : 月) (3)

$$T_1 = A + B/2 \cdot \cos\{n/5 \cdot (T-8)\}$$

ただし、 $8 < t \leq 12$ (t : 月) (4)

ここで、 A : 月別平年気温の年平均値、 B : 月別平年気温の年間の変動幅、とする。

本式により求まる計算値をそれぞれ 図-16~19 に示すが、計算値と実験値とがよく合っているのがわかる。なお、A 高架橋の夏期に実験値が約 5°C 程度上回る傾向が認められるが、これは、他の高架橋の軌道構造がバラスト軌道であるのに対して、本高架橋の軌道構造がスラブ軌道であり、夏期の日射等による影響を大きく受けるためと思われる。

(2) 地中ばり等、地中部材中心のコンクリート温度について

地中ばり等、地中部材中心のコンクリート温度は、地温とほぼ等しい動きを示す。地温は月別平年気温に対して式 (1) の K と、式 (2) の TH で補正を行うこと

図-16 上ばりの実測値と計算値 (A高架橋)

図-17 上ばりの実測値と計算値 (B高架橋)

図-18 柱中心のコンクリート温度の実測値と計算値 (C高架橋)

図-15 地温の測定結果 (D高架橋)

図-19 柱中心のコンクリート温度の実測値と計算値 (D高架橋)

により地温は求められる。したがって、地中部のコンクリート温度も計算できる。すなわち、地中ばり等、地中部材中心のコンクリート温度 (T_2) は、

$$T_2 = A - B/2 \cdot \cos\{n/7 \cdot (t - TH - 1)\} \cdot K$$

ただし、 $1 \leq t - TH \leq 8$ (t : 月) (5)

$$T_2 = A + B/2 \cdot \cos\{n/5 \cdot (t - TH - 8)\} \cdot K$$

ただし、 $8 < t - TH \leq 12$ (t : 月) (6)

図—20 地中ばり中心のコンクリート温度の実測値と計算値 (A高架橋)

図—21 地中ばり中心のコンクリート温度の実測値と計算値 (B高架橋)

図—22 地中ばり中心のコンクリート温度の実測値と計算値 (C高架橋)

図—23 基礎中心のコンクリート温度の実測値と計算値 (D高架橋)

ここで、 K : 式 (1), TH : 式 (2) により求める。なお、 $t - TH$ が 1 未満となる場合には $t = t + 12$ とする。式 (5), (6) により計算される値を、それぞれ 図—20 ~ 23 に示す。計算値は各年とも等しいので、図の簡略化のため 1 年間の値を示す (以下、同様)。

いずれも計算値と実測値とはよく一致しており、これより、地中ばり等の地中部材中心のコンクリート温度は、式 (5), (6) により求めてよいと思われる結果が得られた。

また、D 高架橋のような盛土構造の場合、本地区における盛土構造では、在来の地表面からの深さを H と考えると実測結果とよく一致するようであるが、盛土構造の違いにより地温も異なることが予想されるので、今後さらに検討が必要であると思われる。

(3) 地上部と地中部の部材間のコンクリート温度差

図—24 部材中心間のコンクリート温度の実測値と計算値 (A高架橋)

図—25 部材中心間のコンクリート温度差の実測値と計算値 (B高架橋)

図—26 部材中心間のコンクリート温度差の実測値と計算値 (C高架橋)

図-27 部材中間のコンクリート温度差の実測値と計算値 (D高架橋)

高架橋の各部材中心のコンクリート温度は、式 (3)～(6) で比較よく表現できることがわかった。

したがって、地上部と地中部との部材間のコンクリート温度差 (T) は、

$$T = T_1 - T_2 \quad (7)$$

として求められる。図-24～27 に、実測値 および 計算値を示す。これより、多少の変動はあるものの、式 (7) により求まる計算値は各地の実測値をよく評価している

ものと思われる。

2. 乾燥収縮量の調査

2.1 RCはり供試体による乾燥収縮量の測定

(1) 実験概要

RCはり供試体による乾燥収縮量の測定は、軸方向鉄筋による乾燥収縮拘束効果に着目したシリーズI、供試

表-1 供試体諸元

シリーズ	断面寸法 (cm)	使用鉄筋 (本)	鉄筋比 (%)	供試体雰囲気
I	30×30	—	0	露天放置
		D16-10	2.2	
		D22-12	5.2	
		D29-12	8.6	
		D32-19	16.8	
		D32-26	22.9	
II	10×10	—	0	Case 1. 恒温・恒湿 (20°C, RH 60%)
	15×15	D13-4	4.94	
		—	0	
		D10-4	1.21	Case 2. 露天放置
		D16-4	3.40	
		D19-4	4.97	
	20×20	—	0	Case 2. 露天放置
		D25-4	4.89

(a) シリーズ I

(b) シリーズ II

図-28 供試体断面

表—2 コンクリートの配合

骨大骨材寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	WC (%)	S/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	混 和 剤
25	12±2.5	4±1	52	45.3	171	329	788	1 051	ボジリス No. 5 L 0.823

体断面寸法の変化および軸方向鉄筋比の変化による乾燥収縮量の変化に着目したシリーズⅡの2シリーズで行った。供試体の諸元を表—1に示す。また、配筋図を図—28に示す。軸方向鉄筋の配置は鉛直・水平いずれにも対称とした。コンクリートの配合を表—2に示す。

(2) 実験方法および実験結果

供試体の中心部に塩ビパイプを埋設し、その中に丸鋼棒を配置した。鋼棒の一端を供試体端面の鉄板に溶接して固定し、他端を自由とし、ダイヤルゲージを取り付けて供試体の軸方向伸縮量を測定した。同時に、供試体中心部にカーソン型ひずみ計を埋設し、コンクリートのひずみを測定した。供試体の端面は、端面からの乾燥収縮を防ぐように鉄板でシールした。供試体は水平に設置し、軸方向の伸縮が拘束されないようにローラーで支持

図—29 シリーズⅠの乾燥収縮ひずみ

した。シリーズⅠおよびⅡのCase 2の測定では、温度変化による伸縮量を含んでいるので、カーソン型ひずみ計による温度測定結果を用いて温度変化による伸縮量を除去し、乾燥収縮

みの変形となるように補正した。

シリーズⅠの実験結果の例を図—29に示す。乾燥収縮 (E_{sh}) の進行を

$$E_{sh} = A \cdot t / (B + t) \quad (t: \text{材令}, A, B: \text{定数})$$

という形に近似した曲線を同図に示す。鉄筋比が大きくなるほど乾燥収縮が小さくなり、鉄筋比が5%を超えると、乾燥収縮は鉄筋により拘束され、発生しないことがわかる。

シリーズⅡ、Case 1 (恒温・恒湿) の測定結果の例を図—30に示す。供試体の雰囲気は恒温状態にあるから、温度変化による伸縮は生ぜず、測定ひずみは乾燥収縮によるものと考えてよい。無筋供試体の乾燥収縮は材令の進行とともに単調に増加する。鉄筋を配置した供試体では、乾燥収縮ひずみが最大値を記録した後、鉄筋と直角方向にひびわれが発生・増加し、収縮量が次第に減少して、供試体は元の長さに戻ろうとする傾向を示している。これは、鉄筋が収縮しようとするコンクリートを常に元の長さに押し戻そうとする「ばね」としての働きをしているためと考えられる。

図—30 シリーズⅡ、Case 1 の乾燥収縮ひずみ

図—31 無筋試体の乾燥収縮の進行

無筋供試体について、断面形状寸法別の乾燥収縮ひずみを図—31に示す。図中の曲線は、乾燥収縮ひずみの進行を

$E_{sh}(t) = E_{sh}(\infty) \cdot (1 - e^{-A \cdot t})$ (t : 材令, A : 定数) という指数関数に近似したものである。供試体断面が大きくなるほど乾燥収縮ひずみが小さくなると同時に、収縮の進行が遅くなることが明らかである。

図—30に示した断面が 15×15 cm の供試体では、鉄筋比が 1.21%, 3.40%, 4.97% と増加するにしたがい乾燥収縮拘束効果が大きくなり、最大乾燥収縮量が 360×10^{-6} , 130×10^{-6} , 70×10^{-6} へと減少している。

シリーズ II. Case 2 (露天放置) の測定では、乾燥収縮ひずみは単調には増加せず、収縮・膨張を繰り返しながら進化した。乾燥収縮ひずみは、シリーズ II. Case 1 [恒温 (20°C), 恒湿 (60%)] に比べて 80~90% 程度となった。これは、露天放置の場合は湿度が 70~80% の日が多いこと、さらに、雨水による水の補給があるためと考えられる。

ひびわれ状況の例を図—32に示す。ひびわれは、供試体全面に、軸方向鉄筋に直角に発生している。鉄筋比が大きくなるにしたがって、ひびわれ本数が増加する。ひびわれ幅は、ほとんどが 0.1 mm 以下であった。

(3) 考 察

1) 部材断面の大きさと乾燥収縮の関係

図—31 から明らかなように、部材断面が大きくなるほど乾燥収縮ひずみは小さくなる。図—31 に示した曲線から最終乾燥収縮ひずみを求めると、表—3 (測定値)

図—32 ひびわれ状況 (シリーズ I)

表—3 部材断面大きさによる乾燥収縮ひずみの関係

部材断面寸法 (cm)	測定値		計算値	
	乾燥収縮量 ϵ_{sh} ($\times 10^{-6}$)	各 ϵ_{sh} の 10×10 cm 供試体の ϵ_{ch} に対する比	乾燥収縮変形の時間的変化に関する係数 K_s	K_s から求める各 ϵ_{ch} の 10×10 cm 供試体に対する比
10×10	992	1.0	1.17	1.0
15×15	904	0.91	1.08	0.92
20×20	841	0.85	1.02	0.87

図—33 乾燥収縮度の時間的進展について
コンクリートの有効材令 t_s に関係のある係数 K_s

のようになる (シリーズ II. Case 1)。

一方、参考文献 1) による有効部材厚 d_w と、乾燥収縮変形の時間的進展についての係数 K_s の関係は、図—33のようになっている。

$$\text{有効部材厚 } d_w = k_w \cdot 2F/u$$

ここに、 k_w : 環境条件に関する係数 (表—4), F : 部材断面積, u : 乾燥にさらされる断面の周長

この関係を利用して、シリーズ II. Case 1 の無筋供試体の乾燥収縮変形の時間的進展についての係数 K_s を求めると表—3 (計算値) のようになり、断面の大きさの違いによる乾燥収縮測定値の変化と整合する。

また、シリーズ II. Case 1 (露天放置) を湿度 75% として、表—4, 図—33 を用いて有効部材厚 (以下、 d_w という)、乾燥収縮変形の時間的進展についての係数 (以下、 K_s という) を求め、同様にシリーズ II. Case 1 (恒湿 60%) の K_s を求めて比較すると、Case 2 は Case 1 の約 90% となり、Case 1, 2 の湿度の差による乾燥収縮ひずみの比の関係と整合する。

これらの検討結果より、実構造物の乾燥収縮についても参考文献 1) の d_w と K_s の関係が成立すると考えられる。

表—4 環境条件に関する係数 k_w

部材の状態	平均相対湿度 (%)	k_w
水 中	—	30
非常に湿った大気中 水上 など	90	5.0
普通 の 屋 外	70	1.5
乾燥した大気中 乾いた屋内 など	40	1.0

図—34 鉄筋による乾燥収縮の拘束

2) 軸方向鉄筋による乾燥収縮の拘束

測定結果から、軸方向鉄筋がコンクリートの乾燥収縮を拘束することが明らかである。

シリーズ I. (30×30 cm, 露天放置) の測定から得られた鉄筋比の差による乾燥収縮ひずみの変化を 図—34 に示す。さらに、シリーズ II. Case 1 [10×10 cm, 15×15 cm, 20×20 cm 恒温・恒湿 (60%)] の測定から得られた乾燥収縮ひずみを、(3) 1) による d_w と K_s の関係を用いて、部材の大きさを 30×30 cm, 湿度を 70% (ほぼ、露天放置の場合の湿度) に換算し、このひずみと鉄筋比との関係を 同図に示す。これより鉄筋比が小さい範囲では、鉄筋比の小さな変化が乾燥収縮ひずみに大きく影響し、通常のラーメン高架橋の上層ばり (スラブを含む) の鉄筋比 (約 1%) では、無筋の場合の 60% 程度に低減するようである。図—34 に示した曲線は、各点を最小自乗法で近似したものである。これにより、無筋の場合の乾燥収縮ひずみを 1.0 とすると、鉄筋を配置することにより、 $\alpha = e^{-0.52P}$ (P : 鉄筋比%) を乗じた値に低減すると推定できる。

したがって、鉄筋比が 5% 以下の RC 部材の乾燥収縮ひずみは、部材の大きさおよび環境条件から有効部材厚を求め、図—33, 34 を用いて推定することができる。ただし、コンクリートの配合が表—2 と著しく異なる場合は、別途検討する必要がある。

以上の検討結果より、実際の乾燥収縮ひずみは、現在設計で用いられている値 (15~25×10⁻⁶) よりもかなり大きいようである。

2.2 実ラーメン高架橋による長さ測定

(1) 実験概要

実際のラーメン高架橋の部材断面は、図—28 で示した供試体の断面よりかなり大きいので、乾燥収縮は小さくなり、その進行も遅れると考えられる。そこで、東北新幹線における実際のラーメン高架橋の長さ変化を測定

図—35 高架橋の長さ測定

した。

(2) 測定方法および結果

測定箇所はスラブ上面、上層ばり、および地中ばりの 3 箇所である。測定箇所の各部材の全長にわたり鋼棒を取り付け、その両端を固定し、中央部分に開口部を設けて、部材の長さ変化が開口の大きさとなって現れるようにした。部材の温度は熱電対により測定した。

測定結果の例を 図—35 に示す。若材令時はコンクリートの水和熱によりいったん膨張するが、その後、コンクリートの温度降下に伴い大きな収縮ひずみを生じ、以降は温度変化に伴い伸縮を繰り返している。測定されたひずみは、温度変化による伸縮、コンクリートの乾燥収縮、および柱による構造的拘束が重なったものと考えられる。図—35 において、測定値から部材温度変化によるひずみを除くと、同図の ▲—▲ となる。測定値から温度変化によるひずみを除いた値と測定値の差が乾燥収縮によるひずみと考えられる。仙台市の年平均湿度は 73% であるが、高架橋長さ測定を行っている所は仙台市の郊外で、地上から約 9 m の位置のはりであり、日射・風の影響もあると考えられる。これらを考慮して、平均湿度を 60% とし、実高架橋の d_w (図—36)、 K_s を求め、

$$A = 1.475 \times 0.37 + 1.475 \times 0.11 \times 1/2 + 0.85 \times 1.40 + 2.375 \times 0.28 + 0.45 \times 0.20 \times 1/2 = 2.53 \text{ m}^2$$

$$U = 4.70 + 1.925 + 0.49 + 0.92 \times 2 + 0.85 + 1.48 = 10.21 \text{ m}$$

図—36 ラーメン高架橋上層縦ばり断面

断面 30×30 cm, 湿度 70% ($d_w = 22.5$ cm) の場合の K_s との比から 図-34 の乾燥収縮量を補正し, さらに, 軸方向鉄筋による乾燥収縮拘束効果を考慮して実高架橋の乾燥収縮ひずみを求めて 図-35 の ▲-▲ を補正すると同図の ●-● となり, 測定値とほぼ一致する。したがって, この手法はほぼ妥当であると考えられる。

今回測定を行ったような通常の高架橋では, 柱による拘束はほとんどないと考えられるが, 多径間の場合などは柱による拘束を考慮する必要があると考えられる。

3. ま と め

(1) 上ばりおよび柱等地上にある部材の中心のコンクリート温度は, 部材の最小寸法が 1.5 m 以下の範囲では月別平均気温とほぼ同じ値となり, 式 (3), (4) で表される。

(2) 地中ばり中心のコンクリート温度は, 月別平均気温に地表から地中ばり中心までの深さ (H) による補正係数 (K) と位相差の補正 (TH) とにより, 式 (5), で表される。

(3) 高架橋の地中部と地上部との部材間におけるコンクリートの相対温度差の変化は式 (7) で表される。

(4) 乾燥収縮ひずみは, 部材形状寸法・湿度によって変化する。その変化割合は, 参考文献 1) による有効部材厚 d_w , 乾燥収縮変形の時間的進展 についての係数

K_s の関係で評価できる。

(5) 乾燥収縮ひずみは, 軸方向鉄筋により拘束される。無筋コンクリートの乾燥収縮ひずみを 1 とすると, 鉄筋コンクリートの乾燥収縮ひずみは, 鉄筋比に応じて $e^{-0.52p}$ (p : 鉄筋比 %) となる。

(6) 実構造物の乾燥収縮ひずみは, 現在設計で用いられている乾燥収縮ひずみ ($15 \sim 25 \times 10^{-6}$) よりもかなり大きい。

(7) 実ラーメン高架橋の長さ測定によると, 柱による構造的拘束はほとんどないと考えられる。

*

[謝辞] 本研究を進めるにあたり, 東北大学 尾坂教授, 東北学院大学松本助教授から多くの助言を頂いた。国鉄盛岡工事事務所, 同東京第二工事局の関係者の皆様に多くのご協力を頂いた。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) H. Rüschi, D. Jungwith, 百島祐信訳: コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮, 鹿島出版会

(投稿: 昭和 61 年 9 月 18 日受付)

国際会議ニュース

12 th Conf. on Our World in Concrete Structures

日 時: 1987 年 8 月 25 日~26 日

場 所: シンガポール

主 催: ACI シンガポール支部,
シンガポールコンクリート学会ほか

後 援: 日本コンクリート工学協会ほか

内 容: The Conference now invites submission
of technical papers on the following
themes:

1. New materials for concrete construction
2. New technology for concrete construction
3. Durability and Repair of concrete structures
4. Assessment of strength in existing structures
5. Quality Control and Assurance in

concrete construction

6. Application of Computer Methods in concrete construction
7. Case Histroy of Failure and Rehabilitation
8. Innovative Design of Concrete Structures
9. Hot Weather Concreting
10. Concrete Pours including Roller Compacted concrete

論文申込: 300 語程度の英文概要 (コピー 2 部) を下記へ送付のこと。

連絡先: John S.Y. Tan, Conference Director,
CIPremier PTE Ltd.,
150 Orchard Road #07-14, Orchard
Plaza, Singapore 0923
Tel. 7332922/Telex: RS 35377 COMPA