

V-56

RCラーメン高架橋の時間依存性挙動に関する基礎的研究

東北大学 学生員 ○七澤利明
木更津高専 正 員 石田博樹
東北大学 正 員 尾坂芳夫

1. はじめに

アーチやラーメンのようなRC不静定構造物は、温度変化やコンクリートの乾燥収縮によって内部に不静定応力を生ずる。このような不静定応力は、従来の弾性設計法では径間数の増加に比例して増大するため、例えば、本研究の対象となるRCラーメン高架橋のような不静定構造物を設計する際には、使用限界状態に対する検討から、通常は1ブロック長が35m程度以下に抑えられているのが現状である。したがって、多径間ラーメン高架橋のような不静定構造物の設計を可能にするためには、経験的に評価されている不静定応力、すなわち温度変化及び乾燥収縮に依存する力学的性状を明確化しなければならない。

本研究は、東北新幹線仙台車両基地通路線三径間高架橋において実際に測定されたひずみデータを、クリープ関数や乾燥収縮係数などの時間依存性関数を含むラーメン解析法により得られた解析データと照合することにより、解析法の有効性を探ると共に、構造物の使用限界状態を検討する際に必要となる不静定応力の評価方法に何等かの示唆を与えることを目的としている。

2. 解析手法

本研究では、ラーメン構造物に於ける部材を棒要素とみなす一次元有限要素法に基づいた弾性解析法に、各種の時間依存性成分を導入することによって構造物の挙動を解析している。有限要素法の詳細については本報告では省略させてもらい¹⁾、以下ではクリープ、乾燥収縮及び温度応力をどのようにこの解析法に取り入れたかを述べる。

(1) クリープ関数（クリープコンプライアンス）

本研究では、コンクリートのクリープによる緩和作用を考慮するため、内部応力の算定に重ね合わせの原理を導入している。クリープ関数については比較検討を行った結果、CEBの1990年度版モデル(MC90)を採用している²⁾。このモデルに於いて、応力依存ひずみ $\varepsilon_{cs}(t)$ とクリープ関数 $\Phi(t, t_0)$ は次式により定義される。

$$\varepsilon_{cs}(t) = \sigma_c(t_0) \cdot \Phi(t, t_0) + \int \Phi(t, \tau) \cdot d\sigma_c(\tau) \quad (1)$$

$$\Phi(t, t_0) = \frac{1}{E_c(t_0)} \cdot \left[1 + \frac{E_c(t_0)}{E_c} \cdot \phi(t, t_0) \right] \quad (2)$$

ここで、 $\sigma_c(t_0)$ は載荷時 t_0 の材齢に於ける応力、変数 t は、 $\tau(t_0 < \tau < t)$ 時に応力増分 $d\sigma_c(\tau)$ が作用されたときのひずみが考慮される時間、 $E_c(t_0)$ と E_c はそれぞれ載荷時 t_0 と材齢28日のコンクリートの弾性係数、そして $\phi(t, t_0)$ はクリープ係数を表している。

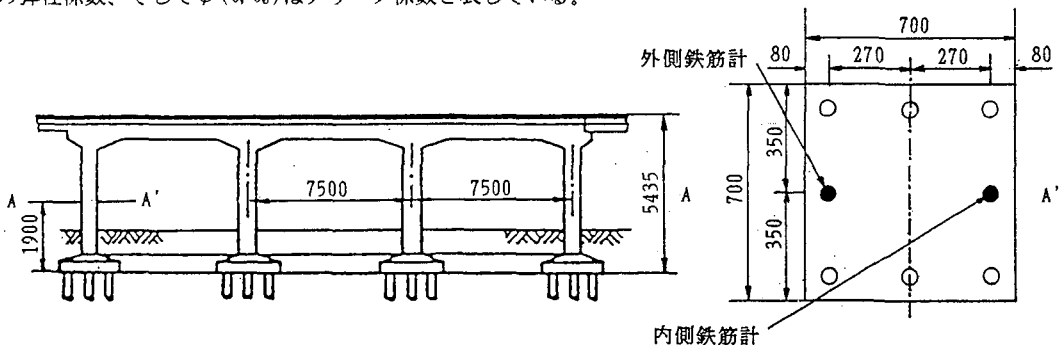


図1：高架橋一般図 [mm]

図2：A-A'断面図 [mm]

(2) 乾燥収縮及び温度応力

乾燥収縮及び温度応力は、それぞれ算定されるひずみと等しい影響を及ぼす外力を、解析対象に作用させる事により考慮される。解析結果として得られる応力は実際には作用されない外力を含むため、真の内部応力を求める際には解析結果から仮の外力を減じなければならない。上記の外力を P とすると、 P は次式により表される。

$$P = E \cdot A \cdot (\alpha \cdot \Delta T + \varepsilon_{sh}) \quad (3)$$

ここで、 E は対象となる要素の弾性係数であり、クリープを考慮する際には $1/E$ をクリープ関数と置き換える。また、 α はコンクリートの線膨張係数、 ΔT は考慮される時間でのコンクリートの温度増分、そして ε_{sh} は、同じく適用される時間でのコンクリートの乾燥収縮ひずみをそれぞれ示している。

尚、コンクリートの乾燥収縮ひずみを算定するために、本解析では比較検討の結果、ACIの1978年度版乾燥収縮モデルを採用している³⁾。

3. 解析結果及び考察

図1には高架橋の一般図、図2には鉄筋計の埋設位置が示されている。図3と図4では、鉄筋計により測定された鉄筋応力と解析により得られた鉄筋応力を比較している。図の横軸は日数、縦軸は応力である。

この図を見る限りでは、本解析は乾燥収縮、温度変化、そしてクリープによる緩和作用などの時間依存成分に左右される内部応力の変動を、ある程度把握することが出来ているといえる。

両データが一致しない原因としては、鉄筋の拘束による乾燥収縮量の低下に対する評価が未だに不十分なこと、ひび割れの発生による部材の剛性低下に起因する応力の再分配を考慮していないこと、温度変化及び乾燥収縮量に応じて課せられる外力が上下各梁とも一様となっていること、上部T型梁の断面積や鉄筋量の場所による違いが考慮されていないこと、そして温度データが各部材に於いてそれぞれ一様となっていることなどが挙げられる。

本研究では十分満足な成果を得るには至らなかったが、この問題をより深く追求するためには、より高次元の解析法とそれに付随する精密な温度及び乾燥収縮データの蓄積、それにひび割れの発生による部材の剛性低下に対する明確な定義が必要とされることが予想される。また、より高次元の解析を行い、不静定構造物の形状因子と発生する内部応力との関係が明白となり、何等かのかたちで定義することが出来たとき、はじめて多径間高架橋の設計が可能になるであろう。

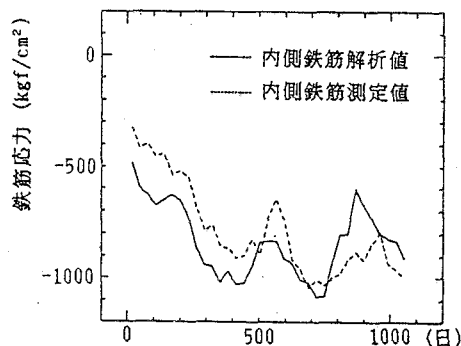


図3：内側鉄筋計の測定値と解析値の比較

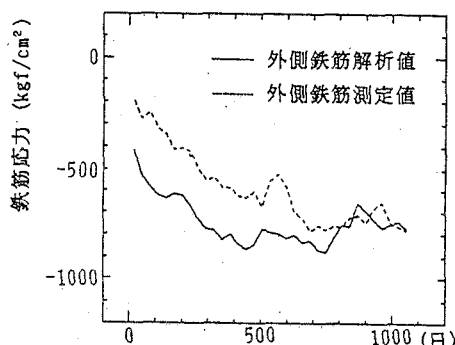


図4：外側鉄筋計の測定値と解析値の比較

参考文献 1)小堀為雄・吉田博著：有限要素法による構造解析プログラム

2)ACI COMMITTEE 209: Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structures, Oct., 1978

3)H. S. Muller and H. K. Hilsdorf: Evaluation of the Time Dependent Behavior of Concrete, CEB Bulletin D'Information No. 199