

V-356

壁状コンクリート構造物中の無応力計のひずみに関する検討

大成建設（株）正会員 武田 均
同 上 岡本 修一
同 上 丸屋 剛

1. はじめに

コンクリート構造物においては、モニタリングや調査・研究を目的として、構造物内部にひずみ計や温度計とともに、コンクリートの線膨張係数を把握するために無応力計が埋設される場合が多い。その際、無応力計を“周辺の拘束を極力少なくしたひずみ計”と位置付ければ、無応力計により乾燥収縮等の構造物がうける環境の影響を評価できると考えられる。これらの埋設計器から得られるデータによりコンクリートの挙動を解析する場合、計測初期値をいつの値とするかが得られる結果に影響を及ぼすが、その決定方法についての統一的な見解は得られていない。そこで、本報告では計測値の初期値に対する考え方の一例を示すとともに、無応力計により測定されたひずみと温度から、温度変化以外の要因によるひずみについて検討を行った。

2. 計測対象構造物の概要

計測対象構造物の概要を図-1に示す。図のようにコンクリート製ピットの壁厚500mmの側壁の中央部縦断ラインの上中下段の3箇所に、測温機能付きひずみ計を埋設した。また、上段と中段の中間に測温機能付き無応力計を埋設した。コンクリートの配合と使用材料を表-1に示す。本ピットは、1月に構築し、打設後28日間は型枠を取り付けた状態で封緘養生した。その後、夏期にはビニールシートにより被覆し、9月にはピット内部にモルタルを充填した。

表-1 コンクリートの使用材料と配合

Gmax	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	
25	12	4	55	46.4	
単位量 kg/m ³	W	C	S	G	ad(AE)
	159	289	837	1025	0.903

セメント：高炉セメントB種(比重3.02)

細骨材：山砂、粗骨材：碎石、混和剤：AE減水剤

3. 計測結果および考察

以下に無応力計による測定値の処理手順に沿って、計測結果に考察を加える。測定値の処理にあたっては次の1)、2)を仮定した。1)無応力計は拘束を受けない。2)硬化後のコンクリートの線膨張係数(記号： α_c)は変化しない。

(1) 計測初期値の検討

図-2(上)に無応力計による、打設後3日間のコンクリートの温度と、計器の線膨張を補正したひずみ(以下、 ϵ_2)の変化を、図-2(下)に温度と ϵ_2 の単位時間当たりの変化量(以下、変化速度)をそれぞれ示す。図-2のA～Eの5点、4区間それぞれの温度と ϵ_2 の関係が変化している。即ち、A点で温度、 ϵ_2 ともに変化速度がプラスとなり ϵ_2 は温度に追従し始める。B～Cの区間では温度、 ϵ_2 ともに直線的に変化する。ただし、この区間の線膨張係数は $30 \sim 33 (\times 10^{-6})$ というかなり大きな値であった。C～Dの区間では、図-2(下)に示したように高炉セメントの水和発熱測定で得られる第3ピーク¹⁾に類似した温度変化速度のピークが得られている。ただし、 ϵ_2 の変化速度はこの発熱のピークには追従していない。また、C点とD点では線膨張係数が $30 (\times 10^{-6})$ 程度から $6 \sim 10 (\times 10^{-6})$ 程度へと急激に変化している。D～Eの区間では線膨張係数 $6 \sim 10 (\times 10^{-6})$ 程度で温度に追従して ϵ_2 も変化しているが、E点で温度がピークになる2時間程度前に ϵ_2 はピークとなっている。E点以降、 ϵ_2 は線膨張係数 $11 (\times 10^{-6})$ 程度で温度降下とともに減少している。これら

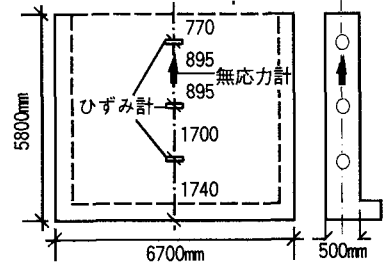


図-1 計測構造物

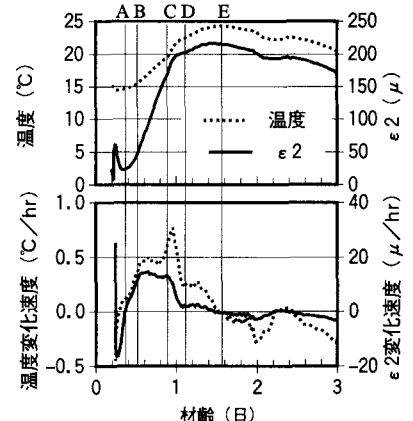


図-2 温度およびひずみの変化

の挙動は、水和初期にはコンクリート内部の組織構造はまだ緻密でなく、水和の進行にともなって徐々に強固な組織構造が形成されるとすれば、C～Dの温度変化速度のピークの前後で組織構造が強固となり硬化コンクリートとしての挙動を示すようになると解釈できる。また、初期の大きな線膨張係数が $6 \sim 10 (\times 10^{-6})$ 程度に小さくなる現象は、水の体膨張(体膨張率: 0.21×10^{-3})の影響と捉えることができる。つまり、水和による未水和水の減少と組織構造の強化により水の体膨張の影響が減少していった結果と考えられる。以上のような挙動は各測点での計測結果にも共通していた。

以上より、コンクリートが硬化コンクリートとしての挙動を示し始める温度変化速度のピークの終了時(D点)を初期値とするのが適当と考えられる。また、線膨張係数(α_c)は乾燥収縮の影響を受けない材齢2日から7日の平均値($10.95 (\times 10^{-6})$)を使用することとした。

(2) ひずみの分離

ϵ_2 は、温度変化による変形(以下、 $\alpha_c \Delta T$, ΔT :初期値からの温度変化量)の他に乾燥収縮や硬化収縮等の温度変化以外の要因による変形(以下、 ϵ_4)を含んでいると考えられる。そこで、 ϵ_2 を $\alpha_c \Delta T$ と ϵ_4 に分離することにより、温度変化以外の要因の影響を評価する。 ϵ_4 は ϵ_2 と $\alpha_c \Delta T$ を用いて式(1)のように表される。

$$\epsilon_4 = \epsilon_2 - \alpha_c \Delta T \quad \cdots \cdots (1)$$

ϵ_4 の経時変化を図-3に示す。図のように、 ϵ_4 は材齢80日付近までに、 50×10^{-6} 程度の収縮を示している。それ以降、収縮していないのはシートによる被覆等によって、環境条件が変化したためと考えられる。また、材齢256日付近でモルタル充填の影響が見られる。無応力計は外力の影響を受けないはずであるが、モルタル充填により発生した側圧や発熱により壁自体が変形し、無応力計に影響を及ぼしたと考えられる。

(3) 各測点の拘束率(記号: R)の変化

(2)で分離した ϵ_4 は無応力計の埋設位置での乾燥収縮や硬化収縮等の影響を評価したものであるが、無応力計と同一の縦断ライン上にある各測点でも、乾燥収縮や硬化収縮等の影響は ϵ_4 と同程度であると考えられる。ここで、各測点の ϵ_4 を考慮した拘束率は無拘束下の自由変形($\alpha_c \Delta T + \epsilon_4$)と拘束下の変形($\epsilon_2(R)$, 拘束率Rのもとでの変形)を用いて式(2)のように表される。

$$R = 1 - [\epsilon_2(R) / (\alpha_c \Delta T + \epsilon_4)] \quad \cdots \cdots (2)$$

式(2)に示すように、拘束率は変化するものと考えている。したがって、拘束率を評価する際に ϵ_4 を考慮しない場合には、温度上昇時には拘束率を大きく評価し、下降時には小さく評価することになる。式(2)により求めた拘束率分布の経時変化を図-4に示す。図のように、拘束率は壁下段ほど大きいが、材齢1ヶ月と2ヶ月の間に中段と下段の拘束率は約0.1大きくなり、2ヶ月から3ヶ月の間ではほとんど変化していない。また、モルタルの充填により中・下段の拘束率はかなり大きくなる。これは、モルタル充填・硬化により構造物全体の系が変化しているためである。したがって、計測ひずみから発生応力の算定を行う際には、注目断面の構造物全体の系としての拘束状況の変化も考慮する必要がある。

4. まとめ

- (1) 計測の初期値は、温度変化とひずみ変化の関係について検討した結果、コンクリートの水和に起因する発熱速度のピークの終了時とするのが適当と考えられる。
- (2) 無応力計の変形量から、乾燥収縮等の温度以外の要因の影響度をある程度定量的に評価できる。
- (3) 乾燥収縮を考慮した構造物の拘束率は変化するものと思われる。また、モルタル充填による構造物の系の変化により、拘束率がかなり大きくなる。

参考文献 1)内川 浩: 混合セメントの水和および構造形成に及ぼす混合材の効果(その2), セメント・コンクリート, No.484, June 1987

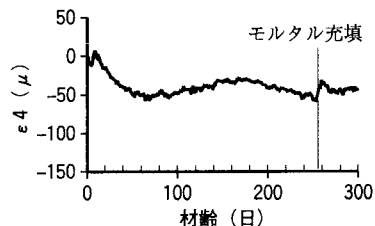


図-3 ϵ_4 の経時変化

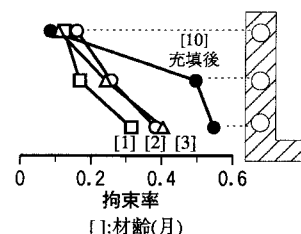


図-4 壁内の拘束率分布の経時変化