

正会員 ○ 門司 唱 (日本セメント(株)研究所)
 大江 長生 ()

1 まえがき

膨張コンクリートの膨張は、蒸気養生を行うコンクリート製品の場合、鉄筋の配置によつて著しい影響をうけ、考えている方向の鉄筋比を一定にすれば、軸方向に導入されるストレスは、横方向の鉄筋比が小さいほど高くなることをすでに報告した¹⁾。本研究は、これと同様の傾向が、湿潤養生されたコンクリートにも存在することを、現場で施工された膨張コンクリートの長さ変化を実測することによつて、確かめたものである。

2 現場試験

2.1 構造物の概要

試験を行つた構造物は、図1のような箱型ラーメン構造の断面を有する地下構造物で、全長32.3mを、A区間：15.0m及びB区間：17.3mに区分している。カールソンひずみ計を、A、B区間それぞれの長さの中央部の断面に、図1のように6個ずつ設置した。施工は、オープンカットの状態で行われ、構造物の施工終了後、埋戻しが行われた。

供試構造物は、全体に傾斜しているため、A区間とB区間とでは、地表からの深さが異なり、土圧に差が生じるが、断面の寸法を一定にしているため、鉄筋の配置は同一ではない。構造物の長手方向を軸方向、横断方向を横方向とすれば、それぞれの鉄筋比は表1のようである。

2.2 試験条件

使用したセメントは、普通ポルトランドセメントで、膨張材には、アサノジブカルを用いた。骨材には、細骨材として、大野川産川砂(比重：2.55, 吸水率：2.74)と峨朗産砕砂(比重：2.65, 吸水率：1.03)とを7:3の割合で混合したもの(FM:2.74)を用い、粗骨材として、峨朗産砕石(比重：2.68, 吸水率：0.84, FM:6.93)を用いた。

コンクリートの配合は、表2のようであつた。

表2 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水結合材比 $\frac{W}{(C+E)}$ (%)	細骨材 率 $\frac{B}{a}$ (%)	単 位 量 (Kg/m ³)					
					水 W	セメント C	膨張材 E	細骨材 B	粗骨材 G	混和剤 ポゾリス / 0 0 N
25	15 ± 2.5	4.5 ± 1	53.4	45.2	161	274	30	821	1032	760g

供試体は、圧縮強度試験用としてφ10×20cmの円柱型、長さ変化測定用として10×10×40cmの無拘束及び一軸拘束(JIS素案B法)のプリズム型を、それぞれ現場で、コンクリート打込み前に試料を採取し、成形した。

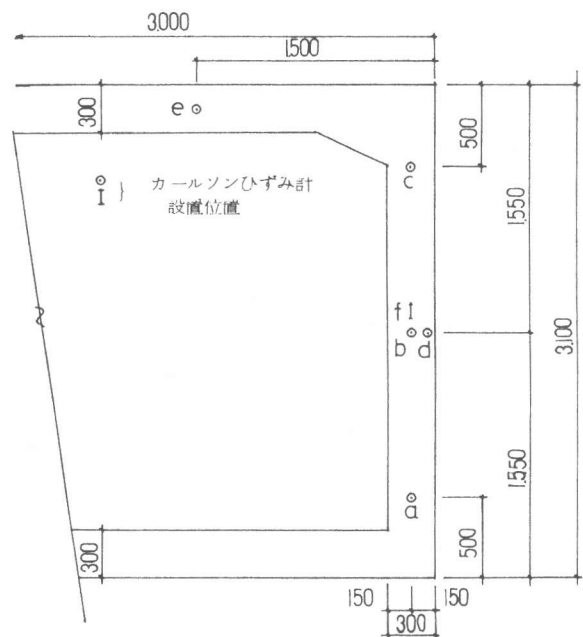


図1 供試構造物の断面及び計器設置位置

表1 鉄筋比 (%)

区 間	軸 方 向	横 方 向
A	0.2 / 2	0.548
B	0.2 / 2	0.327

2・3 試験結果

試験結果を表3に示す。

表3 試験結果

3 考察

3・1 導入ストレスと抗膨張係数

実験室における蒸気養生されたコンクリートに関する試験結果から、横方向に導入されるストレスが高くなるほど、軸方向の導入ストレスは低下することが認められている¹⁾。このことは、式(1)で表現することができる。

$$r \sigma_m = \sigma_m - \alpha \sigma_l \text{ ----- (1)}$$

ここに、 $r \sigma_m$ ：軸方向に導入されるストレス

σ_m ：一軸拘束の場合、軸方向に導入される
ストレス

σ_l ：一軸拘束の場合、横方向に導入される
ストレス

α ：抗膨張係数

ここでは、横方向の導入ストレスが、軸方向の膨張に抵抗する度合を α で表わし、抗膨張係数と呼ぶ。

また、一軸拘束の場合、

$$\left. \begin{aligned} \sigma_m &= \epsilon_m E_s P_m \\ \sigma_l &= \epsilon_l E_s P_l \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

ここに、 ϵ_m 、 ϵ_l ：一軸拘束の場合の、それぞれの拘束方向の膨張率

P_m 、 P_l ：一軸拘束の場合の、それぞれの拘束鉄筋比

E_s ：鉄筋のヤング係数

であるから、

$$r \sigma_m = \epsilon_m E_s P_m - \alpha \epsilon_l E_s P_l \text{ ----- (3)}$$

予備試験の結果から、一軸拘束の場合一般に、

$$\epsilon = m (p + k)^{-n} \text{ ----- (4)}$$

式(4)を式(3)に代入し、式(5)を得る。

$$r \sigma_m = m E_s P_m (P_m + k)^{-n} - \alpha m E_s P_l (P_l + k)^{-n} \text{ ---- (5)}$$

現場で湿潤養生された膨張コンクリートにも、この考え方が適用できると仮定し、本試験の結果をこれらの式に当てはめてみる。A、B区間とも、軸方向(a~e)の膨張率は、位置別の特徴が認められず、位置によつて何らかの傾向が存在することはないようである。したがつて、A及びB区間におけるa~eの膨張率のデータ5個を、別々に平均し、その平均値が、各位置におけるコンクリートの膨張率であると仮定した。しかし、横方向は、膨張率のデータが、A、B区間とも、各々1個ずつしか得られていないので、やむを得ず、この数値だけを用いて導入ストレスの算出を行つた。

まず、式(4)の実験定数を求めるため、供試体の膨張率を一軸拘束及び無拘束とも、A及びB区間について平均し、試算した結果、式(6)が得られた。

$$\epsilon = 0.150 \times 10^{-5} (p + 0.5 \times 10^{-2})^{-1.07} \text{ ----- (6)}$$

式(6)から、表1に示した供試構造物の各鉄筋比が、一軸拘束であると仮定した場合の膨張率を算出し、表4を得た。表4の数値を用い、式(5)から、抗膨張係数を求めたところ、表(5)に示す値が得られた。横方向は、1個のデータから算出した値であるため、信頼度が低いので、その点を考えあわせると、この構造物の場

項 目	区 間			
	A	B		
ス ラ ン プ (cm)	14.0	14.0		
空 気 量 (%)	6.1	5.4		
圧 縮 強 度 (Kg/cm ²)	7日	220	234	
	28日	283	311	
材令7日の供 試体の膨張率 (× 10 ⁻⁵)	一軸拘束	14.5	13.0	
	無拘束	40.6	45.8	
材令7日の構 造物の膨張率 (× 10 ⁻⁵)	計 器 記 号	a	5.5	11.7
		b	4.9	10.7
		c	8.9	8.0
		d	5.0	14.2
		e	7.2	13.5
		f	8.7	14.7

合、抗膨張係数は0.5前後のようである。

3.2 p比と導入ストレスの関係

前述のように、膨張コンクリートの導入ストレスは、考えている方向の鉄筋比に対するそれと直角方向の鉄筋比の比に影響をうけることが、蒸気養生した場合について確かめられているので、この鉄筋比の比を“p比”と呼ばば、供試構造物の場合、p比は式(7)で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} x_m &= p_\ell / p_m \\ x_\ell &= p_m / p_\ell \end{aligned} \right\} \text{--- (7)}$$

ここに、 x_m 、 x_ℓ ：軸方向及び横方向のp比
 p_m 、 p_ℓ ：軸方向及び横方向の鉄筋比

表4 一軸拘束の場合の膨張率

鉄筋比(%)	膨張率($\times 10^{-5}$)
0.2 / 2	29.8
0.3 2 7	25.4
0.5 4 8	19.7

表5 抗膨張係数

区間	軸方向	横方向
A	0.46	0.95
B	0.47	0.55

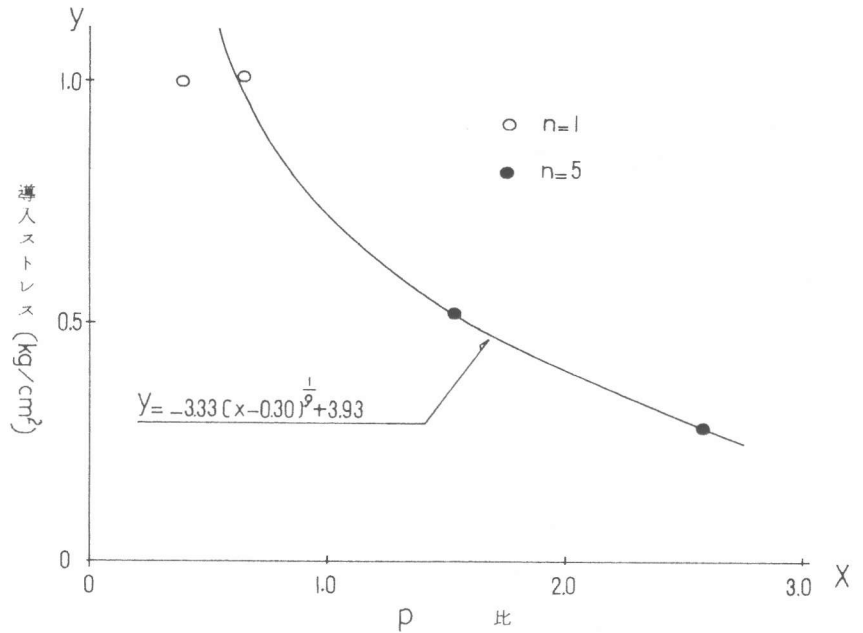


図2 p比と導入ストレスとの関係

式(7)で求めたp比と式(5)で求めた供試構造物の軸方向及び横方向の導入ストレスとの関係を図2に示した。この図から、p比が大きいほど、考えている方向の導入ストレスは小さくなる傾向が認められ、蒸気養生した場合と同様に、湿潤養生した膨張コンクリートもこの傾向を有することがわかった。したがって、3.1項でこのようなコンクリートに対して行つた仮定は、実際に成立すると考えられる。このことは、一般の鉄筋コンクリート構造物に膨張材を適用した場合、所定の方向に導入されるストレスに対し、式(1)が成立することを意味している。

また、速心力鉄筋コンクリート管に関するこれまでの試験結果から、p比と導入ストレスとの関係は、実験式として、式(8)のように表わすことができる。

$$y = -a(x - 0.30)^{\frac{1}{3}} + b \text{ --- (8)}$$

ここに、y：考えている方向(円周方向)の導入ストレス

x：p比(考えている方向を軸方向とすれば、 $x = p_\ell / p_m$)

a, b：実験定数

式(8)が、湿潤養生した膨張コンクリートにも適用できると仮定し、供試構造物に関する試験結果を当てはめ、実験定数を算出すると式(9)が得られる。

$$y = -3.33(x - 0.30)^{\frac{1}{3}} + 3.93 \text{ --- (9)}$$

このことは、少なくとも本試験の結果が、式(8)を満足することを示すものであり、膨張材を適用した一般の鉄筋コンクリート構造物にも式(8)を適用できる可能性のあることが示唆された。

以上のように、これまで蒸気養生された膨張コンクリートにのみ適用されていたp比と導入ストレスとの関係が、湿潤養生された膨張コンクリートにも適用されるとすれば、式(1)で表わされるストレス導入機構並びに式(8)で示されたp比と導入ストレスとの関係は、膨張コンクリートが、その特徴として有する一般的な性質

であるといふことができる。

4 まとめ

鉄筋の配置が膨張コンクリートの膨張に及ぼす影響を調べるため、箱型ラーメンの断面を有する地下構造物に膨張コンクリートを適用し、その膨張率を測定した。測定結果を、これまで蒸気養生した膨張コンクリートについて適用していたストレス導入機構並びに p 比（考えている方向の鉄筋比に対するそれと直角方向の鉄筋比の比）と導入ストレスとの関係などを表わす関係式に適用し、検討した。それらの結果を、本研究の範囲内でまとめると、次のようである。

(1) 膨張コンクリートに導入されるストレスは、考えている方向に対し、それに直角な方向の導入ストレスが大きくなるほど低減し、

$$r\sigma_m = \sigma_m - \alpha\sigma_l$$

で表わすことができる。この式で、 α を、“抗膨張係数”と称し、考えている方向に直角な方向の導入ストレスが、考えている方向の導入ストレスに抵抗する度合を表わすものとした。

(2) 膨張コンクリートに導入されるストレスは、考えている方向の鉄筋比に対するそれと直角方向の鉄筋比の比に著しく影響される。導入ストレスを y 、考えている方向の鉄筋比に対するそれと直角方向の鉄筋比の比を x とすれば、

$$y = -a(x - 0.30)^{\frac{1}{2}} + b$$

の関係が成立する。

(3) 膨張コンクリートにできるだけ高いストレスを導入するには、考えている方向に直角な方向の導入ストレスをできるだけ低くするため、コンクリートの性質を劣化させない範囲で、その方向の鉄筋比を小さくすることが必要である。

参考文献

- 1) 飯田秀雄・門司 唱：ケミカルプレストレスを導入する鉄筋コンクリート管の拘束条件に関する研究、土木学会論文報告集、第225号、1974年5月