

加山工業高等専門学校 正会員 中 本 純 次
同 上 正会員 戸 川 一 夫

1. まえがき: 本研究は、膨張コンクリートを用いた鉄筋コンクリートはり通常の鉄筋コンクリートはりの2, 3の力学的特性を比較検討したものであり、主として力学的特性におよぼす試験時までの養生条件の影響を調べた。試験時までの養生条件としては、散水養生を継続する場合と材令7日まで散水養生し以後乾燥養生する場合とを計画した。これは膨張コンクリートはり部材の力学的特性に関して、水中養生あるいは散水養生直後の資料は比較的多いのであるが乾燥養生下におかれた場合の報告が少ないためである。

2. 実験概要: セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は硬質砂岩砕石をそれぞれ用いた。膨張材はカルシウムサルホアルミネート系のものを用いた。使用した鉄筋はD10 ($\sigma_{sy}=39 \text{ kg/mm}^2$) とD13 ($\sigma_{sy}=35 \text{ kg/mm}^2$) である。コンクリートの示方配合を表-1に示す。単位膨張材量は0, 40, 60, 80 kg/m^3 を計画した。はり供試体の形状は図-1に示すものであり、はり全長は200cmであるが膨張分布の均一性を考慮してはりスパンは中央部110cmとした。比較用圧縮強度、引張強度試験用供試体は $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の円柱供試体であり、曲げ強度試験用供試体は $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱を用いた。すべての供試体はコンクリート打込み直後から材令1日まで濡れ布とビニールシートで濡布養生 ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) し、材令1日で脱型したのち材令28日の試験日まで所定の養生を行なった。散水養生は $20 \pm 2^\circ \text{C}$ の室内で毎日1回散水し、乾燥養生は $20 \pm 2^\circ \text{C}$, R.H.60%の室内において行なった。供試体の長さ変化は鉄筋に貼付した電気抵抗線ひずみゲージによって判定した。基長はコンクリート打込み直後とした。

表-1 コンクリートの示方配合

配合 種類	粗骨材 最大径 (mm)	粗骨材 容積率 (%)	水 量 (%)	セメント 量 (%)	膨張材 量 (%)	単位量 (kg/m ³)	
						セメント 量 S	粗骨材 量 G
I	20	7.5	2	45	43	180	400
II	20	18	2	70	43	224	320

性を考慮してはりスパンは中央部110cmとした。比較用圧縮強度、引張強度試験用供試体は $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の円柱供試体であり、曲げ強度試験用供試体は $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱を用いた。すべての供試体はコンクリート打込み直後から材令1日まで濡れ布とビニールシートで濡布養生 ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) し、材令1日で脱型したのち材令28日の試験日まで所定の養生を行なった。散水養生は $20 \pm 2^\circ \text{C}$ の室内で毎日1回散水し、乾燥養生は $20 \pm 2^\circ \text{C}$, R.H.60%の室内において行なった。供試体の長さ変化は鉄筋に貼付した電気抵抗線ひずみゲージによって判定した。基長はコンクリート打込み直後とした。

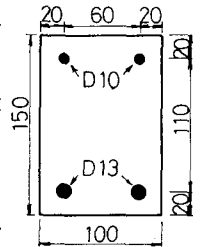


図-1 はり供試体

3. 曲げ特性: 表-2にコンクリート強度試験結果を示している。ケミカルプレストレスが導入された膨張コンクリートはり部材と通常の鉄筋コンクリートはり部材とを対比した場合に指摘できる点として、水中養生を継続した場合、図-2には前者は曲げひびわれ耐力が増加すること、さらには外力による引張ひずみの増加が曲げひびわれ発生後も著しく小さくなることを明らかにしている。図-2に散水養生後乾燥養生した場合の膨張コンクリートはり普通コンクリートはりの曲げモーメントと引張鉄筋ひずみとの関係を示している。散水養生後乾燥養生することによって普通コンクリートには乾燥収縮が生じるが膨張コンクリートでは若干の膨張ひずみが残っている状態にあり、外力による引張鉄筋ひずみの増加は膨張コンクリートの方が普通コンクリートより小さく、その差分は両コンクリートの引張鉄筋に生じている初期ひずみの差分にはほぼ相当することがわかる。表-3にははりの曲げひびわれ応力度と斜めひびわれ発生時のせん断応力度を示している。曲げひびわれ応力度の実測値はコンクリート下縁に貼付したワイヤストレインゲージのひずみが急変する荷重を求め、その荷重を曲げひびわれ発生荷重と

表-2 コンクリート強度試験結果(材令28日, 無拘束)

配合 種類	単位膨張材 量 (kg/m ³)	養生 条件	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	曲げ強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)
I	0	a	364	31	52	4.39	2.54
	0	b	355	29	37	—	2.47
	40	a	363	34	50	4.52	2.63
	40	b	344	29	37	—	2.46
	60	a	357	28	50	3.69	2.47
	60	b	350	28	37	—	2.43
II	80	b	4	0	1	—	—
	0	b	325	29	40	3.44	2.07
	60	b	210	12	20	2.34	1.89

* a: 散水養生継続, b: 材令7日まで散水養生以後乾燥養生

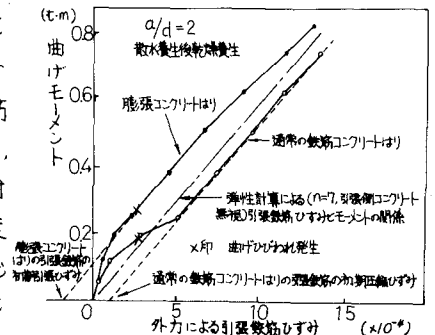


図-2 曲げモーメントと引張鉄筋ひずみとの関係

表-3 はり供試体の破壊試験結果

はり断面形状	%比	養生条件	配合種類	単位量 (kg/m ³)	試験片寸法 (mm)	ケミカルテスト コンクリート下縁 引張方向	曲げひびわれ 応力度(使用値) $\sigma = \frac{M}{I_e} \times 10^6 (\text{kg/cm}^2)$	曲げひびわれ 発生モーメント 実測値 (t・m)	曲げひびわれ 発生モーメント 推定値 $M_{con} = (G_b \cdot d_p) \cdot W$ (t・m)	曲げひびわれ 発生モーメント 推定値 $M_{ck}^{(2)}$ (t・m)	斜めひびわれ 発生時のセリ断 応力度 $\sigma = \frac{S_y}{b \cdot d} (\text{kg/cm}^2)$	破壊時の セリ断応力度 $\sigma = \frac{S_y}{b \cdot d} (\text{kg/cm}^2)$	※※ 破壊形式	
A	4.23	S	I	60 0	28	19.0 0.0	62.4 46.0	0.40 0.29	0.43 0.33	0.35 0.22	17.3 15.4	18.7 17.5	SC DT	
A	2.0	S	I	60 0	28	19.0 0.0	56.2 43.8	0.35 0.27	0.43 0.33	0.35 0.22	28.8 23.0	32.7 27.1	DT DT	
A	4.23	K	I	60 0	28	19.4 -4.3	43.8 25.5	0.27 0.16	0.35 0.21	0.34 0.19	17.3 13.5	19.2 16.9	F DT	
A	2.0	K	I	60 0	28	19.4 -4.3	43.8 31.6	0.27 0.20	0.35 0.21	0.34 0.19	25.0 19.2	28.6 23.1	DT DT	
A	2.0	S	I	60 0	28	20.2 0.0	7.5 [†] 0.0	70.2 46.0	0.45 0.29	0.44 0.33	0.35 0.22	32.7 23.1	37.9 38.8	F F
A	2.0	K	I	60 0	28	19.4 -4.4	7.4 [†] -1.8	51.2 31.6	0.32 0.20	0.35 0.20	0.34 0.18	19.2 11.5	19.8 19.2	F F
A	4.23	K	I	60 0	28	19.4 -4.4	7.4 [†] -1.8	62.4 33.4	0.40 0.26	0.35 0.20	0.34 0.18	30.8 19.2	40.4 40.8	SC SC
A	2.0	K	I	60 0	28	17.4 -9.2	10.9 ^{††} -3.2	48.4 28.1	0.31 0.18	0.34 0.17	0.33 0.16	34.6 19.2	39.6 41.9	SC SC
A	2.0	K	I	40 80	28	0.7 5.2	42.9 25.5	0.27 0.16	0.24 0.04	0.22 —	15.4 15.3	19.2 15.3	SC DT	
A	4.23	K	II	60 0	28	11.7 -5.7	31.6 26.2	0.20 0.17	0.20 0.22	0.26 0.17	13.5 9.6	13.5 9.6	DT DT	

† スターラップ 山形 φ6mm 13cm 間隔

†† スターラップ 山形 φ6mm 6.5cm 間隔

* 養生条件 S: 散水養生継続 K: 打ち上げ後乾燥養生

※※ SC: セリ断破壊 DT: 斜め引張破壊 F: 曲げ破壊

1) G_b : コンクリートの曲げ強度

d_p : コンクリートの引張縁に生じている応力 (ケミカルテストにない場合は引張応力)

2) 辻の理論(参考文献3)参照。ここコンクリートの伸び能力は200 $\mu\epsilon$ とした。
実験値のずれを用いている。

して換算断面積を用いて弾性計算より求めたコンクリートの引張縁の応力度である。この場合、全断面を有効とし、 $n=15$ としている。実測値から、曲げひびわれ応力度について膨張コンクリートは通常の鉄筋コンクリートはりと比較して10~20 kg/cm^2 程度大きいことがわかる。ただし、単位膨張材量が80 kg/m^3 と多い場合にはコンクリート自体の強度が低下するために曲げひびわれ応力度の改善は期待できないようである。図-3には膨張材の有無を除いて同一試験条件の膨張コンクリートはりと通常の鉄筋コンクリートはりの曲げひびわれ応力度の差を縦軸にとり、載荷前に両コンクリートはり下縁に生じている応力度の差を横軸にとってプロットしたものである。この結果から、多少のバラツキはあるが両はり部材の曲げ応力度の差と両はり部材下縁の応力度差との間にはほぼ比例関係があると考えられる。なお、表-3に示している曲げひびわれモーメントの推定値は、一つは弾性理論による方法であり、他の一つは辻の方法である。両推定値はほぼよく一致しており、また実測値とも比較的良好に一致するようである。

4. セリ断特性: 図-4には斜めひびわれ発生時のセリ断応力度を縦軸に a/d 比を横軸に示している。膨張コンクリートはりの斜めひびわれ耐力は通常の鉄筋コンクリートはりと比べて、スターラップを有しないはりの場合で15~30%程度、スターラップを有する場合では35~80%程度大きくなることがわかった。そして膨張コンクリートはりと通常の鉄筋コンクリートはりの斜めひびわれ発生時のセリ断応力度の差は試験時までの養生条件が散水養生継続の場合と散水養生後乾燥養生した場合とではほぼ同程度で後者の方がいく分大きめであることがわかった。

参考文献 1) 岡村他: ケミカルテストを導入したコンクリート部材の力学特性, 土木試験報告 No.225, 1974. 2) 戸川他: 膨張コンクリート梁の曲げ破壊機構と破壊形状, 建築研究所, 第35年度研究報告, 1980. 3) 辻他: ケミカルテストを導入したコンクリート部材の力学特性, 足利大学研究報告, 1973.

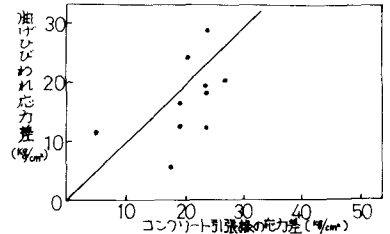


図-3 膨張コンクリートはりと通常の鉄筋コンクリートはりの曲げひびわれ応力度の差とコンクリートの引張縁の応力度差との関係

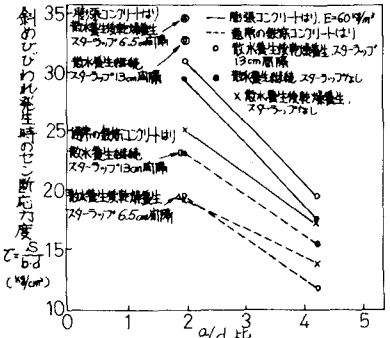


図-4 斜めひびわれ発生時のセリ断応力度