

1. まえがき

人工軽量骨材の研究、開発が進み、用途も構造用・断熱用にと多方面にわたっている。土木関係では高架橋、橋りょう、床版等に使用され、その実用化はめざましいものがある。その特性を考えた場合将来市街地の重要コンクリート構造物に人工軽量骨材を使用することは当然予想され、適切な火災対策を講じることが重要になってくる。軽量コンクリートの耐火性に関する諸問題の解明は、最近ようやく研究の端についたばかりであるといっても過言ではない。とくに大型構造物材としての火災時における挙動は究明すべき点が多い。本研究は、はり部材に限って加熱試験を実施し、普通コンクリートとの比較をとり入れて耐火性を総合的に検討することを目的としたものである。

2. 本研究における耐火性の考え方

本研究において対象とする構造物は、市街地における鉄道構造物として論ずるものとすれば、その構造部材の耐火性は、一般にその下部が建築用途に向けられることから考えて、建築構造の柱、はりに要求される耐火性をほぼそのまま適用することができる。しかし、鉄道交通の社会的重要性からみて、一般の建築物と異なった面が考えられる。すなわち、その構造物に火災が生じて、火災中に破壊を生じないことはもちろんで、火災後も安全に鉄道交通を継続する荷重を支持できることが必要である。したがって、本研究では、火災後の再使用に重点をおき、耐火性の評価を行なうものとする。

3. 試験計画の概要

今回の研究は、はりをその対象構造物にえらび、軽量コンクリートと普通コンクリートはりの耐火性についての比較検討を行なうことにした。鉄筋コンクリートはりが火熱を受けた場合に生ずる欠陥としては、基礎的に、

- (1). コンクリートの強度低下 (2). コンクリートの弾性係数の低下
- (3). 鉄筋とコンクリートの付着強度の低下 (4). き裂の発生

等があげられる。本研究においては、

(試験-1)---実状に近い状態において、火熱を受けた大型はりの曲げ試験を行なって強度、剛性、応力分布等について比較検討する。

(試験-2)---火熱を受けたはりの鉄筋とコンクリートとの付着強度について比較検討する。

をテーマとして試験を行なった。

4. 軽量コンクリートはりおよび普通コンクリートはりの加熱による曲げ強度・曲げ剛性の低下についての比較試験

イ. 試験体

- (a). 種類および数量(表-1) (b). 形状、寸法および構造(図-1)
- (c). コンクリートの配合(表-2)

上記試験体について、曲げ試験を行なう前に耐火試験炉で加熱処理を行なった。加熱処理は無加熱

2時間加熱、4時間加熱の3種類とし、加熱方法はJISA1304「建築構造部分の耐火試験方法」に従うこととした。

(表-1) 試験体の種類、数量

要 因		コンクリート種類		計
		普 通	軽 量	
加熱方法	無加熱	2	2	4
	2時間	2	2	4
	4時間	2	2	4
計		6	6	12

(表-2) コンクリートの配合

		メサライトコンクリート	普通コンクリート
水セメント比(%)		51.6	48.2
細骨材率(%)		40	39
スランブ(cm)		12	12
単位水量(kg/m³)		165	154
絶対容積(L/m³)	セメント	101	101
	細骨材	273	277
	粗骨材	411	433
重 量(kg/m³)	セメント	320	320
	細骨材	467	726
	粗骨材	564	1143
混和剤(kg/m³) (ポンリス底5L)		0.8	0.8
空 気 量 (%)		4	3

ロ、強度試験方法

載荷方法は、図-1のようにスパンの3等分点で2線荷重を加える方法で載荷した。支点は水平方向の変位を拘束しないようにローラーとした。載荷は下記の順序で行なった。

(i). 計算上の鉄筋応力 $(\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot y}, y = \frac{7}{8}d)$ が $1.4 \frac{kg}{cm^2}$ になるまで荷重を加え除荷する。

(ii). 次に鉄筋応力度が $2.4 \frac{kg}{cm^2}$ になるまで荷重を加え除荷する。

(iii). 次に荷重を単調に増大して破壊にいたらしめる。

ハ、試験結果

(i). 加熱に関して

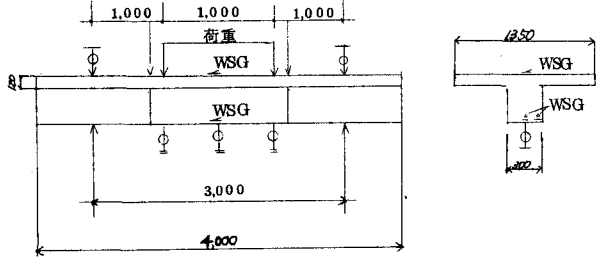
ア、主鉄筋については、実験値と計算値は表-3に示すとおり比較的一致した。また、普通コンクリートと人工軽量コンクリートでは加熱時間に関係なく最高温度はいずれも人工軽量コンクリートの方が約35℃低く出た。

イ、たけみ、長さの変化についてはいずれもコンクリートの材質による差はほとんど認められなかったが、2時間加熱と4時間加熱の差は大きく、たけみ、長さの変化とも4時間加熱が2倍の値を示した。

ウ、爆裂については、4時間加熱のうち、人工軽量コンクリートの1体のみ48分で片側スラブが爆裂した。この時点での爆裂は温度応力によるものと思われる。

以上の結果を総合してみると、人工軽量コンクリートは普通コンクリートよりも温度の点では有利

(図-1) 試験体の形状、寸法、試験方法



注 W.S.G.: ワイヤストレーンゲージ

: ダイアルゲージ

単 位: mm

(表-3) 主鉄筋温度

	加 熱 時 間	試験最高温度 平 均 (℃)	計 算 値 (℃)	法規上からみて の有効被り厚さ
普通コンクリート	2	540 472(506)	500~550	不 足
人工軽量コンクリート (メサライト)		480 460(470)	450~500	合 格
普通コンクリート	4	807 775(491)	800~750	8cm程度を必要
人工軽量コンクリート (メサライト)		740 765(753)		

であるが、爆裂現象が起ることも考えらる。= 水に関してはさらに研究が必要である。また、コンクリートの格子厚さについては、2時間耐火普通コンクリートは45mm+αをとる=とが安全であり4時間耐火では80mm程度が必要である。

(ii). 強度に関して

はりの破壊時のモーメントによって曲げ強度を比較すると、加熱の有無、加熱の方法およびコンクリートの種類によって差異がないものと判断される。また、曲げ強度を降伏時、最大荷重時の曲げモーメントによって比較しても同様に差異はない。

(iii). 曲げ剛性

(表-4). 剛性の比較

コンクリート 種類	剛 性 比 (多)			
	無加熱	2時間加熱	4時間加熱	引張側コンクリート* 断面無視計算値
メサライト	100	51	49	29.5
普 通	100	25	15	18.5

曲げ剛性は、加熱によって著しく低下する。残存剛性を比較すれば、表-4に示すような比率となる。低下率は普通コンクリートより人工軽量コンクリートの方が著しく少ない。

以上のように、加熱を受けても鉄筋の定着に問題がなければはり自体の終局耐力には変化がない。しかし、曲げ剛性は著しく低下し、加熱を受けたはりの応力分担にも変化が起ることが予想され、また、はり自体の鉄筋は繰返荷重に不利になる。曲げ剛性の低下に対して、人工軽量コンクリートの方が有利である。

5. 軽量コンクリートはりおよび普通コンクリートはりの加熱による付着強度変化についての比較試験

付着強度試験についてはACI 208-58, ACI 408-64を参考として計画した。

イ. 試験体

(a). 種類および数量 (表-5)

(b). 形状、寸法および構造 (図-2)

(表-5). 試験体の種類、数量

供試体の種類及び数(本)						
コンクリートの種類	加熱温度℃	常温	300℃	500℃	700℃	計
普通コンクリート		2	2	2	2	16
軽量コンクリート		2	2	2	2	

上記の試験体を耐火試験炉で加熱処理したのち、曲げ試験を行なって付着強度を求めた。加熱温度は無加熱、300℃、500℃、700℃の4種類とし、加熱の割合は毎分2℃程度となるように調整した。

ロ. 曲げ試験方法

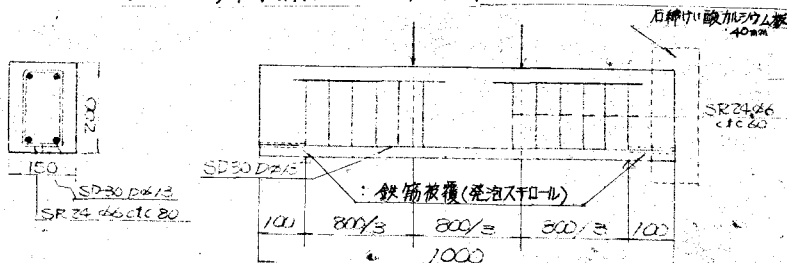
鉄筋とコンクリートのすべり量を測定するために12個のダイヤルゲージを取付けた。試験体の端部に取付けた4個のダイヤルゲージによって鉄筋自由端のすべり量を測定し、荷重表に取付けたダイヤルゲージによって荷重点のすべり量を測定した。

ハ. 試験結果

(図-2). 試験体の形状、寸法

(i). 加熱に関して

試験体内部温度が所定温度に到達した時間を比較してみると、いずれの場合も普通コンクリートは必ずしも場合も人工軽量コンクリ



ートより早く到達した。すなわち、 300°C で $2/7.5^{\circ}\text{C}$ 、 500°C で $12/7.5^{\circ}\text{C}$ 、 700°C で 47.5°C の差がある。これはコンクリートの熱伝導率の差によるものである。(表-6)、付着応力比。

(ii). 付着強度に関して

加熱したコンクリートの付着応力をきりつ幅 0.2°C 、 0.3°C および自由端すべり 0.005°C において無加熱コンクリートの付着応力と比較すると表-6に示すようになる。そこでとりあげた無加熱コンクリートの付着応力は20~40%で許容応力よりやや大きいことが十分比較の目安になるものと思われる。

付着応力の低下は、加熱温度が高くなるにつれて著しく大きい。コンクリートの種

試験体		付着応力比					
種類	加熱方法	きりつ幅 0.2°C		きりつ幅 0.3°C		自由端すべり 0.005°C	
		測定値	計算値	測定値	計算値	測定値	計算値
メサライト	無加熱	100	100	100	100	100	100
	300°C	120	90	82	75	45	43
	500°C	97	65	75	60	30	23
	700°C	49	36	33	30	9	8
普通	無加熱	100	100	100	100	100	100
	300°C	58	74	63	78	31	33
	500°C	64	62	64	62	15	16
	700°C	38	15	35	18	9	5

(表-7). 加熱コンクリートの強度低下

別の差としては、低下率をもってみれば、人工軽量コンクリートが有利である。附着強度低下の傾向はきりつ幅 0.3°C 、付着力において表-7に示した加熱コンクリートの強度低下と全く類似した傾向をもっている。以上のように加熱を受けた鉄筋コンクリート部材は、多数のきりつを発生して剛性の低下を招くのみならず、付着強度にも著しい低下を生ずる。したがって、火災をうけた場合にもコンクリート温度の上昇が小さいようなマッ

コンクリート種類	加熱方法	圧縮強度		ヤング係数	
		Kg/cm^2	比%	$\times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$	比%
メサライト	無加熱	280	100	1.25	100
	300°C	233	83	0.86	69
	500°C	197	70	0.68	54
	700°C	78	28	0.42	34
普通	無加熱	290	100	2.10	100
	300°C	224	77	0.95	45
	500°C	160	55	0.44	21
	700°C	56	19	0.16	8

シブなコンクリート中に深く鉄筋の定着を行なうことが必要で、部材の途中における継手あるいは薄い部材における定着等は火災による耐力低下の危険が大きい。火災によって鉄筋定着部に生ずる温度上昇が 100°C を超えない範囲で定着長を考えた。

6. おまけ

以上、各章で述べたように、本研究はとくに人工軽量鉄筋コンクリートの耐火性を研究したもので人工軽量コンクリートの耐火性が十分明らかでない現在、いくぶんなりとも成果がえられた。

これを要約すれば、

- ①. 内部温度の上昇は人工軽量骨材を用いたコンクリートの方が低く、2時間加熱では合格するが普通骨材の場合はやや不足とでた。4時間加熱では、現在の規定かぶり厚では不足である。
- ②. 加熱を受けると曲げ剛性が著しく低下するが、人工軽量骨材の方が有利である。
- ③. 加熱によりきりつが発生し、コンクリートの変質により付着力が低下する。低下率からいえば人工軽量骨材を用いた場合の方が有利であるが、 500°C をこえれば付着力が激減する。

以上のように、今回の研究は部材のうちはりを対象としたが、柱、床版についてもさらに検討する必要がある。また、人工軽量骨材コンクリートの爆裂については、かなり難しい問題であるが、早急に検討する必要がある。