

プレストレストコンクリート梁の耐火試験

建設省建築研究所 川 越 邦 雄

1. ま え が き

都市爆撃による被害は欧州に於ても火災の方が大きいことが大戦で確認され、又戦後は各国火災件数が増え、火災被害が急増し、各国耐火性の問題は建築の主要な研究課題となつてきた。

この方面の報告は非常に多くなつてくるであろう。

例えばオランダの国立火災研究所 Brandveiligheidsinstituut では数年前長 8 m の梁の炉を新設した。イギリスの Joint Fire Research Organization では旧来の 3 m × 3 m の床の炉で模型試験を行い、米国の National Bureau of Standards の 5 m × 3.6 m の炉に実大に近い試験体を送りこんで試験してもらつたりしていたが、あき足らなくなつて 7 m × 3 m の炉に改造し、世界一を豪語した。米国の Portland Cement Association では、長さ 13 m の試験体の恒温恒湿養生室をもつた、馬鹿でかい炉をつい最近完成し、PS 梁の一連の試験を開始した。この他フランスの国立建築研究所の 4 m × 3 m 重油炉、カナダの国立建築研究所の 4.5 m × 3.6 m ガス炉、アメリカカリフォルニア大学の 4.6 m × 3.6 m ガス炉、オーストラリア国立建築研究所の 4.5 m × 3.6 m ガス炉等が統々整備され、PS コンクリートの耐火試験を主目標としている所も甚だ多い。

私共の建築研究所でも在来の 3 m 梁のガス炉の他に、本年約 4.5 m 長の梁・床及び 3 m 長の柱の耐火試験を行いうる 2 重油炉を築造した。自分の所で試験を行つてみることは、諸外国の報告を読みとるために絶対に必要なことなので、新設炉の紹介もかね、僅か 3 件であるが私の行つた PS コンクリート梁の耐火試験を報告することとした。

2. PC 鋼棒梁の耐火試験（オリエンタルコンクリート委託）

試験体は図-1 に示すように、 ϕ -23.3 mm の高強度鋼 1 本を弓型に入れた、材長 3.26 m、せい 35 cm の I 型断面梁 2 本で、鋼棒には 25 ton の引張力が導入してあり、端部をナットで締めたものである。主筋のかぶり厚は中央で下面から 4.85 cm (No.1) と、5.34 cm (No.2) で主筋の 5ヶ所に作製時熱電対を取りつけ、ナットの部分はあとでコンクリートを打つてひふくした。

シリンダーによるコンクリートのヤング係数（共振周波数による）、圧縮強度、No.2 試験梁の衝撃音速によるヤング係数を表-1 に示す。

表 - 1

シリンダー (3ヶ平均)		No. 2 梁の音速によるヤング係数	
圧縮強度 (Kg/cm^2)	ヤング係数 (Kg/cm^2)	加熱前 (Kg/cm^2)	加熱後 (Kg/cm^2)
459	4.27×10^5	3.76×10^5	1.23×10^5

加熱試験は横型ガス炉中で、2点荷重によりNo.1梁は0.2 ton、No.2梁は2 ton の荷重を加えつつ、JISA1302の耐火3級で行った。測定結果の1部を図-1、最大値を表-2に示す。

表 - 2

試験体	主筋最高温度	最大伸び		最大撓率 (δ/l^2)
		両端 %	上面 %	
No. 1	500℃	0.61	0.46	1/53000
No. 2	488℃	0.60	0.35	1/30000

コンクリートの爆裂は5分から10分の間、数回ごく小規模のものが起つただけで、梁全体の耐力に影響を与えるものではなかった。2 ton のNo.2梁は加熱中に撓みが大きく現れ、冷却後も目に見える残留が残り、底面に大きな亀裂が残った。コンクリート表面には小さな亀甲亀裂が全面に入り、補強筋の熱膨張挫屈と相俟って、下部のフランジはコンクリートがボロボロとなり補強筋の所まで、手で容易に欠けおちる状態となっていた。

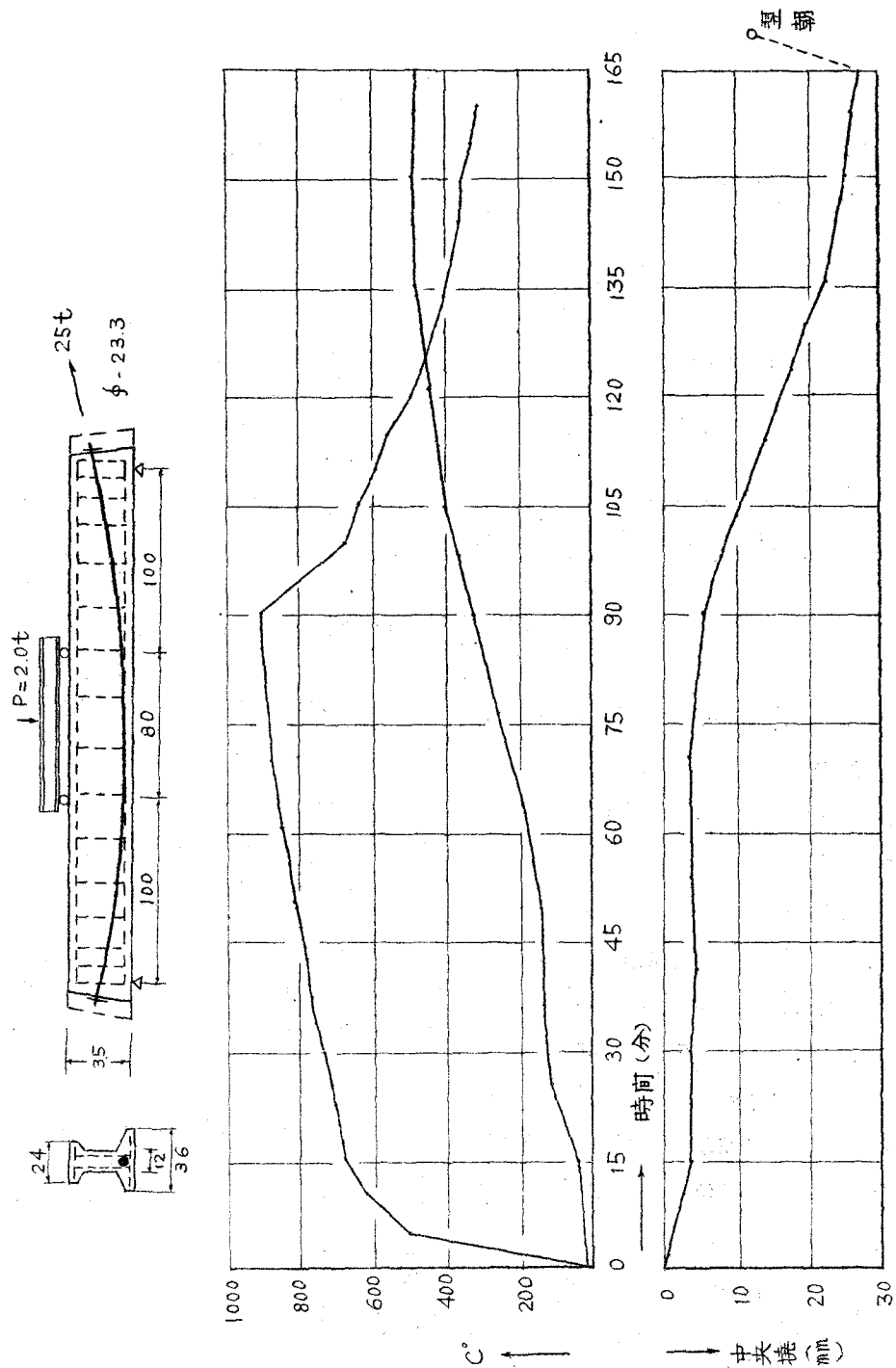


圖-1 P.C.鋼樑(No.2)耐火試驗
(189)

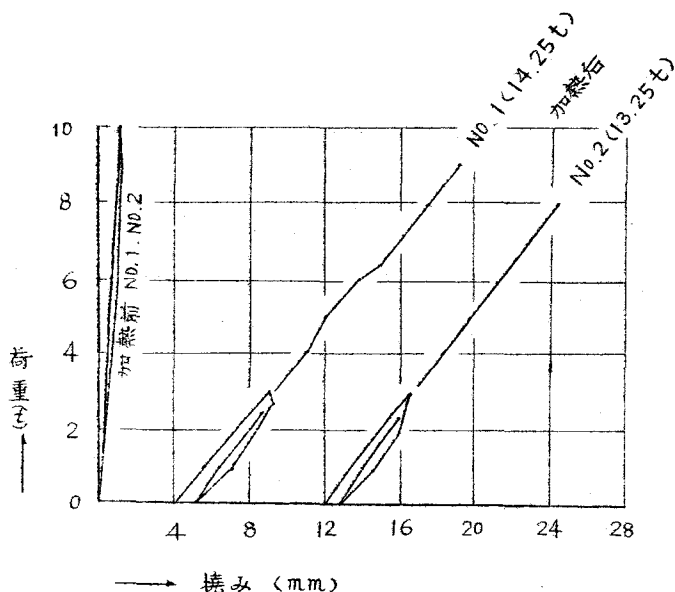


図-2 P.C鋼棒梁荷重試験

加熱試験の前後の曲げ試験結果は図-2の如く、剛性の低下が著るしく、撓み量は健全時の10数倍に昇っている。No.2梁の衝撃による音速より求めた、みかけのヤング係数は加熱前後で表-1のように変り、 $\frac{1}{3}$ に低下している。曲げ試験で折壊した普通の鉄筋コンクリート加熱梁はフックがすべつてしまうので、荷重をぬいても曲つたままであるが、この梁はコンクリートが圧壊したのに殆んどもとに近く復原し、ナット締めめのねばり強さを示した。

3. T型梁の耐火試験 (岡本設計事務所委託)

試験体は図-3に示すように、3mm7本よりストランド鋼4本をプレテンションで入れた。材長3.3m、せい50cmのT型断面梁で、1本(DT-1)は裸のまま、1本(DT-2)はパライットモルタル被覆(2cm)を施したものである。

試験は同じく槽型炉で行ない、2tonの荷重を加えつつ耐火2級の加熱を与えた。結果の一部を図-3、最高値を表-3に示す。

表 - 3

試験体	鋼線最高温度(°C)		上面最大伸び (%)	最大撓率 (δ/ℓ^2)
	下端筋	上端筋		
DT-1	760	590	0.19	1/19000
DT-2	505	330	0.10	1/260000

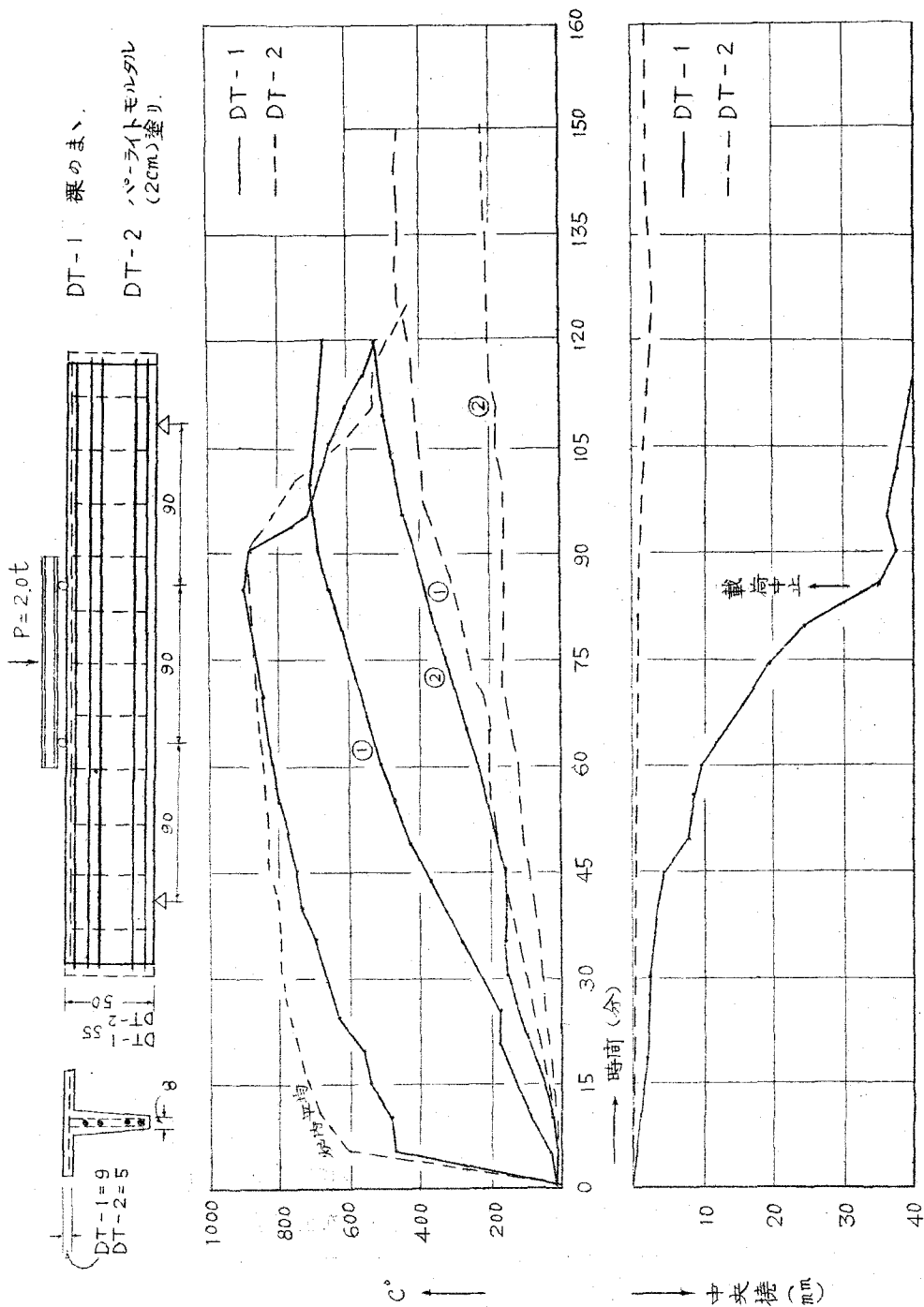


図-3 P.O.T. 型梁耐火試験

上塗のない裸のDT-1は15分頃より上面に水が涌出し、一時全面を殆んど覆うばかりであったが、40分頃よりかれ始めた。床面の横亀裂は早期に現れ、次々に巾を増し、最大は1mm近くに及んだ。2ton 荷重による撓みは大きく、85分4mm以上になり、ラム長が下り切つてしまったので、荷重をやめたが、荷重を0にもどしても撓みは殆んど復原しなかつた。加熱後下部はひどく傷められ、最下端筋は逆に熱膨張挫折を起していた。

パーライトモルタル上塗を施したDT-2は、5~20分の間上塗の一部に爆裂剝離が起つたが、剝離しなかつた部分は予想以上の遮熱効果を示し、撓みは殆んど認められない程度に留まり上面の涌水も、亀裂も甚だ少なくて終り、モルタル下のコンクリート表面には、裸の場合全面に見うけられた亀甲亀裂が殆んど入らず、大亀裂もなくてすんだ。剝離がなければ鋼線も450℃以下に留つたものと思われる。

4. ダブルティースラブ耐火試験(ピーエスコンクリート委託)

試験体は図-4のような36^号(7本より)ストランド鋼線を4本入れた、材長4.92m、巾95cmの実大ダブルT屋根版2枚である。

新設の重油炉の上に2枚並べ、一方に設計荷重の270Kg/m²に相当するコンクリートシリンダーを載せ、一方は全く無荷重で、耐火試験の曲線にそつて加熱した。結果の一部を図-4に、最高値を表-4に示す。

表 - 4

試験体	鋼線最高温度(℃)		最大伸び率 (%)	最大撓み率 (δ/l^2)	荷 荷 量 Kg/m ²
	下 端	上 端			
WT-1	520	410	0.102	1/6000	270
WT-2	—	—	0.183	1/34000	0

着火して20分頃リブの下面がごく一部爆裂した程度で、スラブには全く爆裂が起らなかつた。版上面は20分頃よりリブにそつて水がしみ出した他、大した亀裂も現れず、無荷重床は撓みも僅かで終つたが、荷重床ははじめから時間に比例して撓みが増大し、50分下端筋が350℃を越す頃より急にその量を増しはじめ、60分頃よりは1分に約1mmづつ見る見る増大して、65分総量が13mmに及び折壊の危険が感ぜられたので、火を消した。火を消した後もどんどん撓み、最大の40mmに達した。(写真-1)無荷重床は撓み量は僅か7mm程度に留まつたが、撓みの傾向は荷重床と全く同じ様な形をとつている。撓みは表-5のように冷却につれかなり復原

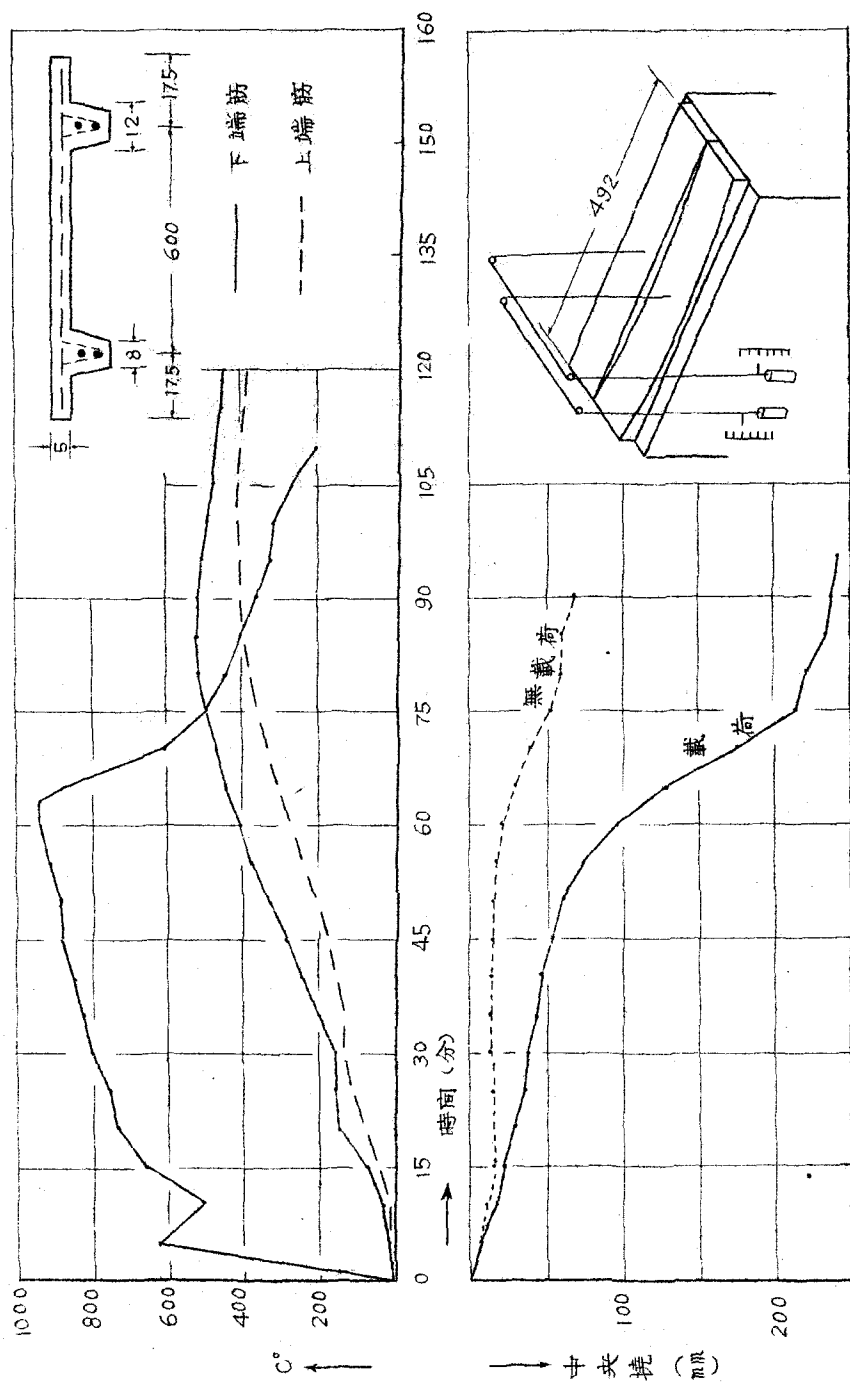


図-4 ダブルガラス板耐火試験

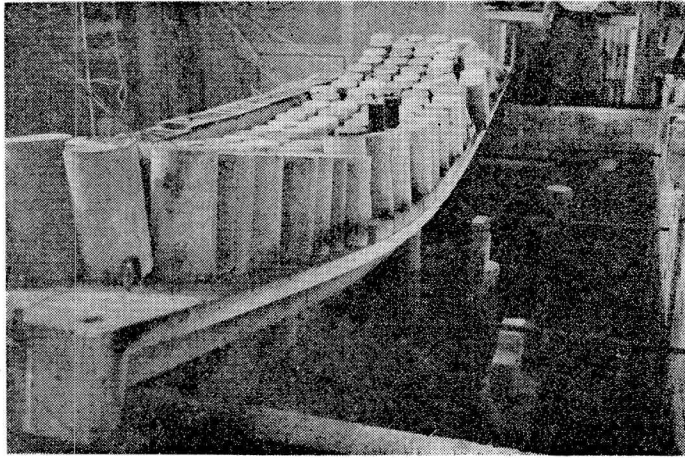


写真-1 試験直後のダブル T スラブ

したが、積荷床は全く剛性を失なっていた。

5. 考 察

僅か3種の試験しか行っていないが、これらの結果から次のようなことが云えよう。

イ) 載荷・無載荷に関係なく、下端の鋼線が $350^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ を越す頃より急に撓みは増しはじめ、荷重が大ききときはこれより一気に折壊に至るようである。従つてこの撓みが増大し

表 - 5

	直 後	翌 朝	荷重除去後	翌々朝
無 載 荷	6.9	— 3.0	—	— 3.6
載 荷	39.8	32.0	25.6	24.7

はじめる時期は、破壊が間近いことを示す、耐火上の一つの目安となる。イギリス等で鋼線の許容温度を 400°C と称しているのは、この時期を許容限界と見たためであろう。

ロ) 懸念された爆裂は大したことなく終つたが、鋼棒梁の場合、1回の剝離深さは 3cm に及ぶものもあり、 $3\text{cm} \sim 4\text{cm}$ の薄板では貫通孔を明けるに充分なものであつた。但し全般的に見てコンクリート調合・乾燥度合で或る程度まで薄肉PSの宿命とされていた爆裂を防止できる希望が持てたようにも思える。

ハ) T型梁のパーライトモルタル塗は附着も非常によく甚だ良い遮熱力を示した。この塗り方

はまずコンクリート肌を細かく点々とハツリ、下塗に一層モルタル塗を施し、この上に細かい粒のパーライト砂モルタルを施したものである。在来PSコンクリートの肌には、剥れて左官塗は駄目とされてきたが、ここにも左官仕上の希望が出てきた。製作時プラスターキーを設ける工夫も必要となろう。

ニ) プレストレストコンクリートは本来肉厚の薄い所に特徴があるので、部材自身は耐火3級程度の耐火力を持たせ、耐火2級を要求される場合は、左官塗・天井張等で補つてゆくことが特策であろう。

PC鋼棒の試験例でわかるように、ウェツ巾12mm(被覆約5mm)あれば3級には充分であるが、2級にはウェツ巾約15mm(被覆約7mm)を必要としよう。ダブルティースラブの下端8mmではあまりに薄すぎる。