

プレストレスト コンクリートの耐火性研究の動き

川 越 邦 雄*

1. まえがき

プレストレスト コンクリート 主体構造の耐火性に関する問題は、ヨーロッパでは一段落して一休みの状況、米国では研究が開始されたばかりの状況というところのように思える。

ここ 10 年以内の間に、筆者の知っている範囲だけでも、オランダ、イタリー、フランス、カナダの各国立研究所、米国 ポルトランド セメント 協会研究所、カルフォルニア地区の防火研究所、日本で建築研究所、東北大学、東京都建築材料検査所と、ぞくぞくと実大の耐火試験炉が整備され、英国火災研究所の 3m 角床炉は 7m に拡張され、このところ耐火性に関する研究はえらく活潑となってきている。このような動きは、もちろん建築全般の要求から生れてきたものではあるが、プレストレスト コンクリート がこの動きを大いに促進させた。ヨーロッパでは、鋼材節約のため早くからプレストレスト コンクリートを取り入れたが、初期に行なった床版のはげしい爆烈のため¹⁾、主体構造の耐火性が危ぶまれ、オランダの 8m のはり用炉新設、英国の床炉拡張は、全く PC 主体構造の耐火性究明のために行なわれたものである。米国ではずっと遅れて PC が取り入れられたが、今もって耐火性の不安のため、建築への使用を全面的に禁止している州・都市も多い。これらの地区に PC を発展させるためには、どうしても本格的な耐火性に関する研究が必要であることを業界および研究者が痛感し、驚くべき大規模な耐火試験設備がポルトランド セメント 協会研究所に設けられ、太平洋岸にも大学を中心とした防火研究グループ (Fire Prevention Research Institute) ができてきた。防火上の不安が原因ではないが、カナダでは PC は建築に全く使用されておらず、PC 工場皆無というのはちょっと意外である。

PC 主体構造のほりに対する耐火試験では、英国、オランダのものが系統だっている。ソ連でも系統だった試験が行なわれているらしいが、詳細はわからない。米国ポルトランド セメント協会研究所では、大規模な試験が目下進みつつある。

2. 英国の実験²⁾

英国には前から国立防火研究所 (Fire Reserch Sta-
建設省建築研究所

tion) に 3m 角の床試験炉があったが、PC はり材の試験のためには、はり間が短かすぎたので、まずこの炉を使つてのポストテンションばりの模型実験を進め、相似性を追求して模型から実大を類推しようとし、建築研究所 (Building Research Station) との共同で一連の実験計画を立て、数年にわたる数多くの模型ばりの試験が行なわれた。途中米国標準局 (Bureau of Standards) に試験体を送りこみ 4/5 スケール (図-6) の実験を行なったが、結局自分の所でも炉を拡張し、7.3m の実大ばり (図-6) の実験を行なって、この一連の研究を終了した。この試験の概要は本誌 Vol. 3, No. 1 (1961 年 2 月号) の文献抄録で紹介されているので、ここではくり返さないが、模型と実大とでは結果が大きく違い、相似則はうまくつかめず、やはり実大で試験しないと、本当の所はわからないと述べている。

この実験から、図-1 に示す所要被覆厚が求まってきた。このほか民間からの委託試験も多く行なわれているが、ほとんど床版である³⁾。ただし PC 柱を試験した二例はわれわれの参考となろう。これを 図-2 に示す。特に、突然座屈を起すことを警告している (われわれの作ったプレコンの場合 15cm 角 12.5t の載荷で 40 分、18cm 角 18.5t で 60 分で座屈)。

図-1 かぶり厚の提案

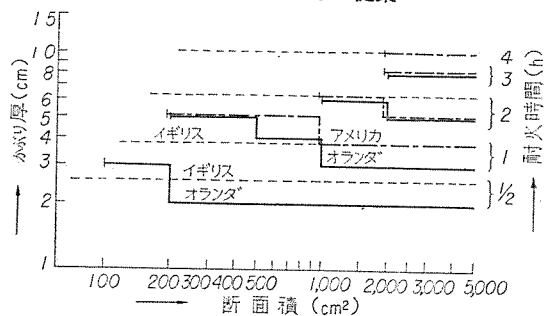
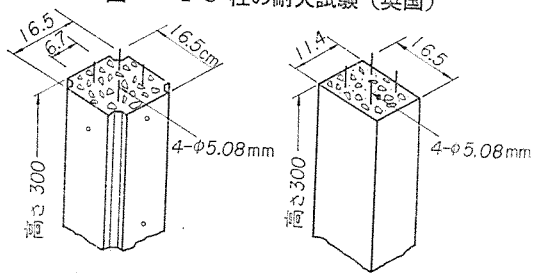


図-2 PC 柱の耐火試験 (英国)



設計荷重	22.5 t	設計荷重	22.5 t
試験荷重	20 t	試験荷重	16 t
耐火時間	50 分	耐火時間	34 分
鉄筋被覆	約 4.7 cm	鉄筋被覆	約 4.7 cm

3. オランダの実験

オランダ建築研究所 (Brandveiligheidsinstitute T. N.O.) では PC ばりの耐火性を調べるため、長さ 8m のはり用の細長い炉を作り、普通鉄筋コンクリートをふくむ各種断面についての 41 本の実大ばりの耐火試験を行なった。この試験結果は 1958 年に報告⁴⁾ されているが、まだ本誌で紹介されていないので、概要を述べてみよう。

試験体は 図-6 中に示す各種である。実験の結果は鋼材の温度、はりの断面積、かぶり厚の 3 つが大きく耐火時間にきいてくること、はりの破壊は鋼材の伸びに帰因し、鋼材がある限界温度に達すると、圧縮側コンクリートが壊れて、はりが壊れると述べている。図-3 に見られるように設計荷重載荷 PC のはりには、鋼材温度 450°C 程度で壊れ、普通鉄筋コンクリートの 650°C と大分差があり、また、たわみの増え方も 図-4 のように大分違ってくる。

つぎに鋼材の温度上昇が時間に比例して直線的に上昇する傾向を示すと、大胆に割り切り、温度上昇速度 (C-factor) に着目し、英国の試験例もふくめて断面積とかぶり厚との関係を求めたところ 図-5 を得た。従って断面積とかぶり厚が既知なら、この図から C-factor が求

図-3 たわみと鋼材温度 (オランダ)

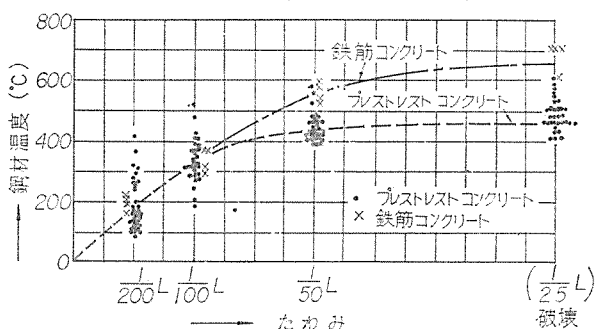


図-4 PC と RC のたわみの比較 (オランダ)

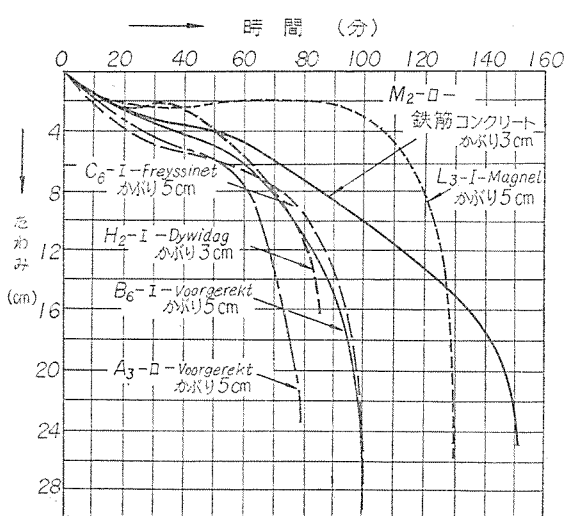
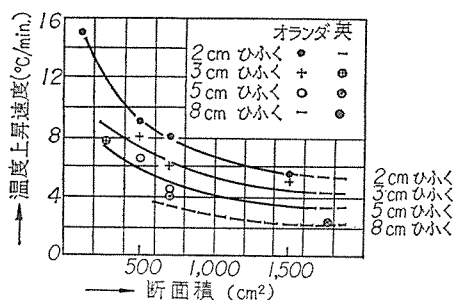


図-5 鋼材温度上昇速度



まり、原点を通る直線上昇と見なしているので、鋼材危険温度 450°C をこの C-factor で割れば、耐火時間が求まること、これによってきまるかぶり厚は 図-1 のとおりであることを結論としている。

鋼材の温度上昇を原点を通る直線とみなすことは、あまりに大胆すぎるように日本人には思える。こんなことを日本の学会で発表したら熱伝導を知らぬのかと笑われてしまうであろう。しかしやっかいな熱伝導をこういうことですっぱり割り切って、大ざっぱな見当をつけることは、実用上必要かも知れない。

4. 米国ポルトランドセメント協会 研究所の実験考察

前に述べたように米国は遅れて PC を使いたしたが、この協会は本腰を入れて PC の耐火性と取り組みだした。長さ 12m のはりまでの試験ができ、連続ばりとして端部に逆モーメントをかけられる、全く至れり尽せりの、われわれにはびっくり仰天するような炉が 1958 年にできた⁵⁾。続いて床炉もできた。ともかく世界一大規模なものなので、その運転、調節、不具合の点で改造など、試運転に大部時間がくったが、このところ本格的な実験が進みつつある。

プレストレストコンクリートの本年の第 7 回年次大会で火災保険協会研究所 (Underwriters' Laboratory) の Jack Bono 氏は、ポルトランドセメント協会 A.H. Gustaferrero 氏の 50 の PC 材の試験結果の解析を紹介している。それによると、耐火性には 7 つの要素がきいており、そのなかでかぶり厚、端部拘束の程度、断面積がもっともきき、American Society of Civil Engineers の Illinois Section の委員会に提案したものは 図-1 のとおりである。単純支持の場合は鋼材が 430~540°C のときに耐火限界にくるが、端部が拘束されてはりの連続性がごくわずかあると、耐火性はぐんと向上することを報告している。

先頃ポルトランドセメント協会より、普通コンクリート、軽量コンクリートの 6m ばり 18 本についての、ガリ版刷の試験速報が送られてきた。ところがまだ本式

のものでないから引用まかりならぬと断っている。残念ながらここにのせることができないが、近く A.S.T.M. に発表される予定⁶⁾ のことである。この後引続き本格的な実験が、前述の年次大会で紹介されたように進行中であり、正式報告書が待たれる。

5. 考 察

これらの実験結果の一覧を 図-6 および 表-1 に示す。ポルトランドセメント協会の実験もふくめて眺めると普通の PC ばりの耐火時間は案外短かく、かぶり⁷⁾が 5cm 以上でも、わが国の耐火 2 級(2 時間加熱終了後も載荷を持続)に耐えるものはあまりない。補助筋を入れ、かぶりコンクリートの落下を防いだものだけが、ぐんと耐火時間が延びていることに気がつく。英国の模型による相似性がうまくゆかなかった原因もこの辺にあるらしい。わが国では普通に使われてはいるが、補助筋の重要性をあらためて見なおさせられる。

鋼材危険温度は英国で 400°C、オランダで 450°C、米国で 430~540°C と多少違っているように見えるが、実験データはかなりばらついており、皆同じような結果を得ていると見なせよう。下限を見て 400°C と押えるのが安全であろう。

PC で問題とされた爆裂は、断面が大きいと多少起っても全体に影響ないから、問題はないように思われていたが、オランダの実験の数例は、20 数分で突然破壊起っている。爆烈かどうかわからないが、早期に破壊が起りうる危険性を依然として残しているようである。

英国の実験では鋼材温度が 180°C 以上に加熱された部材は、再使用は無理だと結論している。再使用を望む建物、重要な建物などは、断熱材仕上げをしておくに越したことはない。最近では軽量のよい材料が出廻ってきた。

英国、オランダの一連の実験で一応 PC ばりの耐火性は解決がついたということで、目下ヨーロッパの連中の興味は、PC とは限らない一般部材のたわみの許容限度(現在では破壊する時間を耐火時間としているので、おそろしくたわんでもなお合格という、常識と矛盾した判定基準となっている)、端部拘束の影響などに向ってい

る。PC 部材の端部拘束の影響について米国 PC 協会からそのうち報告されてくると思うが、わが国では特に注目している必要がある。

PC 部材による架構建物では、鋼材定着部が室内に露出して来る。ことに耐震構造となると配筋が複雑となり、室内に現われる定着部もふえるであろう。上記実験はすべてこの部分が炉の外に出ていて、全く加熱されていない。この部分の所要かぶり厚の決定は、はり中央部のかぶり厚と同じ程度に重要なはずであるが、これについての実験例は外国にもないようであり、実験計画もないようである。

大規模な立派な実験がわが国をふくむ⁷⁾ 数カ国によって、すでに数多く実施されている。抜けている定着部に対する実験を補足すれば、在来法律的にすっきりしていなかった PC 建物の耐火性の問題も、こゝらで解決がつくように思える。わがプレストレストコンクリート技術協会あたりが、積極的に耐火設計基準の確立に乗り出してほしいものである。

参 考 文 献

- 1) L.A. Ashton: "The Fire-Resistance of Prestressed Concrete Floors" Civil Engineering, Vol. 46, 1951
- 2) L.A. Ashton, S.C.C. Bate: "The Fire-Resistance of Prestressed Concrete Beams" The Institution of Civil Engineers 1960
- 3) L.A. Ashton, P.M.T. Smart: "Sponsored Fire-Resistance Tests on Structural Elements" H.M.S.O., 1960
- 4) "Brandproeven u. Voorgespannen Betonliggers", 13 Rapport C.U.R. 1958, Commissie Voor Uitvoering van Reserch, Ingesteld Door de Betonvereniging.
- 5) C.C. Carlson: "Fanction of New P.C.A. Fire Reserch Laboratory", Portland Cement Association, Journal of the Research and Development Laboratories, Vol. 1, No. 2, 1959
- 6) C.C. Carlson, P.J. Tatman: "The New Beam Furance at P.C.A. and Some Experience Gained from Its Use", to be published by A.S.T.M.
- 7) 大石重成: "コンクリート 造鉄道建造物に現れる欠陥と、その補強方法に関する研究" 鉄道技術研究報告 No. 168, Nov. 1960, その他

1962.1.20・受付

昭和 36 年度改訂・土木学会プレストレスト コンクリート設計施工指針

土木学会プレストレスト コンクリート設計施工指針改訂小委員会が 3 年間にわたり調査研究を続け昨年 8 月ようやく改訂版を発行したもので、現段階における最適の指針といえるものであります。本会会員には割引(土木学会会員のみ)の特典がありますから、その旨を明記して直接同学会へ申し込んで下さい。

1. 体 裁 : B 6 判 124 頁 上製クロース製・ビニールカバーつき
2. 頒 価 : 350 円(〒 50 円) 会員特価 250 円(〒 50 円)
3. 申 込 先 : 東京都新宿区四谷一丁目 土 木 学 会 (Tel. 351-5138 番・振替口座東京 16828 番)