

大阪工業大学工学部 学生員 ○田淵 陽佑
大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋
大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘

1. 研究背景および目的

プレテンション方式の PC 構造物の耐火特性に関する研究は少なく、特に残存プレストレスや残存耐荷力の評価に関するデータは十分とは言えない。したがって、その結果が補修・補強等の判断基準に反映されている例は極めて少なく、迅速かつ適切な事後対策を実施できる状況にあるとは言えない。そこで、本研究では1外部火災を想定した高温履歴を受ける場合のプレテンション PC はり部材の残存耐火力および残存プレストレスに及ぼすかぶりおよび、加熱範囲の影響について検討した。

2. 供試体概要

実験に用いた PC はり供試体の概要を図 - 1 に示す。φ 12.7 の PC 鋼より線(SWPR7BN)を使用し、コンクリートの設計基準強度は $f_{ck}=40\text{N/mm}^2$ とした。なお、プレストレス導入時のコンクリートの応力度は全断面一様で 5.8kN/mm^2 としている。供試体の名称を以下に示す通りとする。

例) 30EX700-30W

- ①高温履歴 (N : 無, 30EX700 : 加熱時間 30 分, 最高温度 700°C)
- ②かぶり (30mm, 50mm, 70mm)
- ③加熱範囲 (無記 : 両端 250mm を除く底面, W : 底面全体)

3. 加熱試験結果

3-1 加熱試験概要

加熱試験は式(1)に示される Eurocode¹⁾に規定される EX 曲線を用いた。

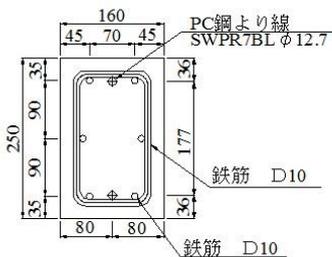


図 - 1 供試体断面図および側面図 (かぶり 30mm の場合)

なお加熱時間は30分間とし、底面からのみ加熱を行った。

$$\theta = 660 (1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) + 20 \quad \text{式 (1)}$$

ここに、 θ : 温度 (°C) , t : 時間 (min)

3-2 コンクリート諸強度

表 - 1 に材料試験により得られた加熱後のコンクリートの諸強度を示す。加熱により各強度は大きく低下した、特に、曲げ強度、ヤング係数は著しく低下した。

表 - 1 コンクリート諸強度

供試体名	圧縮強度(N/mm ²)	曲げ強度(N/mm ²)	ヤング係数(kN/mm ²)
Nシリーズ	54.5	7.51 ^{*1)}	34.3
30EX700シリーズ ^{*2)}	22.7	1.90	4.70
30EX700-Wシリーズ	27.3	1.25	8.01

*1) Nシリーズの曲げ強度に関して、供試体を用意していなかったため既往研究データ²⁾を用いた。

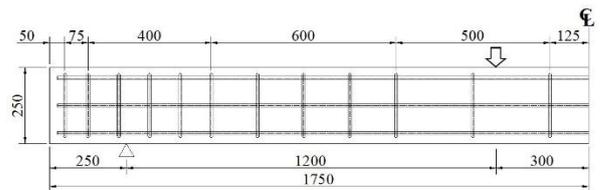
*2) 30EX700シリーズは既往研究データ²⁾を用いた。

3-3 PC はり部材の温度履歴と最高受熱温度

図 - 2 に 30EX700-W シリーズ、図 - 3 に 30EX700 シリーズの温度履歴を示す。図に示すように、炉内温度が点火後、急激に上昇したことに対し、供試体内部の温度は徐々に上昇し、消火後に最高受熱温度を記録した。30EX700-W は 30EX700 シリーズに対して最高受熱温度は上回る結果となった。これは加熱される面積が端部の部分だけ広いためだと考えられる。

3-4 プレストレス減少率

加熱前後の下縁側 PC 鋼より線のひずみ変化量から、プレストレス減少率を算出した。なお、PC 鋼より線のひずみ変化量は、供試体の軸方向長さ、PC 鋼より線とコンクリートの差をそれぞれ加熱前と载荷前で計測し算出した。その結果を表 - 2 に示す。



端部定着部を加熱することでプレストレスは大きく減少し、その減少率は最大で約 60%となった。しかし、かぶり 70mm においては減少率が若干小さく、かぶりを大きく確保することで加熱によるプレストレス力の損失は抑制されると考えられる。

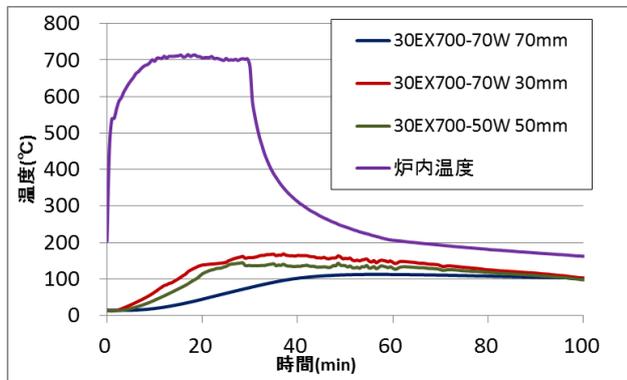


図 - 2 30EX700-W シリーズの温度履歴

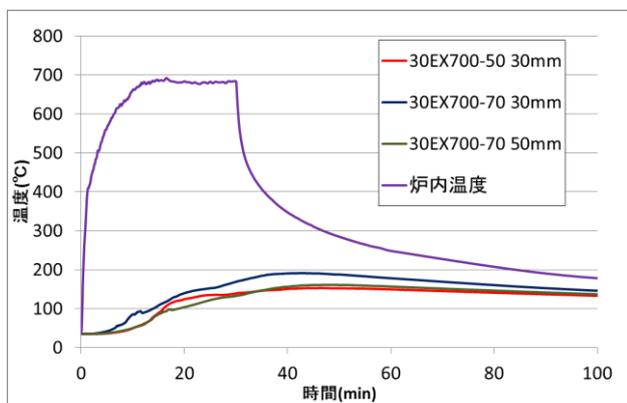


図 - 3 30EX700 シリーズの温度履歴

表 - 2 プレストレス減少率

供試体名	加熱試験前の PC 鋼材ひずみ (μ)	下縁側 PC 鋼より線ひずみ変化 (μ)	加熱試験によるプレストレス減少率 (%)
30EX700-30W	6367	3638.2	59.1
30EX700-50W	6367	3693.2	60.2
30EX700-70W	6367	3211.4	52.7

4. 荷重試験結果

4-1 荷重試験概要

荷重方法は、せん断スパン 1200mm とした対称 2 点集中荷重方式とし、破壊に至るまで単調漸増型荷重を実施した。

4-2 荷重 - 中央変位関係

すべての供試体は曲げ引張破壊した。最大荷重の実測値を表 - 3 に示す。また図 - 4 に荷重 - 中央変位関係の一例を示す。

表 - 3 および図 - 4 からわかるように同じ 30 分間の加熱でも定着部を含む端部まで加熱した供試体の方が、剛性、最大荷重共に低下した。これはコンクリートの劣化に加え、プレストレスの定着部である端部のコンクリートが劣化したことにより、コンクリートと PC 鋼材の付着がより低下し、プレストレスの損失が大きくなったためと考えられる。

表 - 3 最大荷重実測値

供試体名	高温履歴の有無	最大荷重実測値 (kN)	減少率 (%)	破壊形式
N-30 [*]	無	90.3	—	曲げ引張破壊
N-50 [*]		87.6	—	
N-70 [*]		81.2	—	
30EX700-30 [*]	有 (30分)	78.2	14.6	
30EX700-50 [*]		81.5	7.0	
30EX700-70 [*]		79.5	2.1	
30EX700-30W	有 (30分)	59.3	34.4	
30EX700-50W		60.7	30.7	
30EX700-70W		63.8	21.3	

^{*}既往研究データ²⁾を用いた。

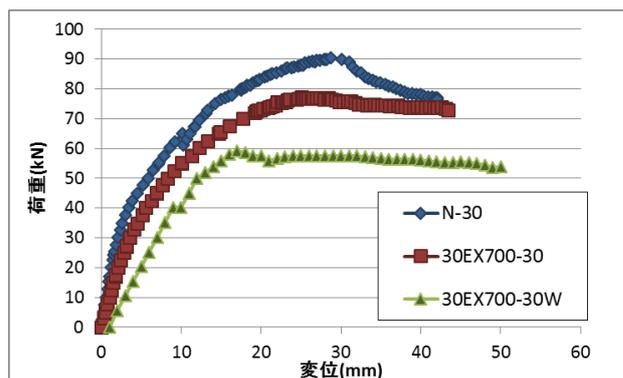


図 - 4 荷重-中央変位関係 (かぶり 30)

5. まとめ

本研究から加熱範囲を定着部を含む供試体底面全体とすることで耐力やプレストレスが大きく減少することが明確となった。大きなかぶりを確保することでプレストレスの損失や最大耐力の低下を抑制することが可能ではあるが、定着部が直接加熱されるような状態では他の対策を併せて考える必要がある。

参考文献

- 1) Eurocode1 : Actions on structures - Part 1 - 2 : General actions - Actions on structures exposed to fire
- 2) 稲増克行 他 : 火災による高温履歴がプレテンション PC はり部材の残存耐荷特性に及ぼす影響, 平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会