

第V部門 火災による損傷を受けたプレテンション PC はり部材の疲労性状

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いえない。著者らは昨年度、火災による損傷を受けたプレテンション PC はり部材の残存静的耐力について報告した¹⁾。本年度は昨年度と同様の加熱試験を行い、その後の疲労性状を加熱しないはりと比較するとともに、かぶり厚や加熱温度が疲労特性、残存プレストレスに及ぼす影響について検討し、その結果を報告する。

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。PC 鋼材には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。供試体の名称と実験要因は以下に示す通りである。

例) 30EX700-30W
 ① ② ③

- ①高温履歴 (N : 無, 30EX700 : 加熱時間 30 分, 最高温度 700°C
 30HC1100: 加熱時間 30 分, 最高温度 1100°C)
- ②かぶり (30mm, 50mm, 70mm)
- ③加熱範囲 (W : 底面全体)

3. 加熱試験結果

3-1 加熱試験概要

加熱試験は以下の式(1),(2)に示される火災曲線を用いた。式(1),(2)は Eurocode²⁾に規定される外部火災曲線 (EX 曲線), 油火災曲線 (HC 曲線) である。

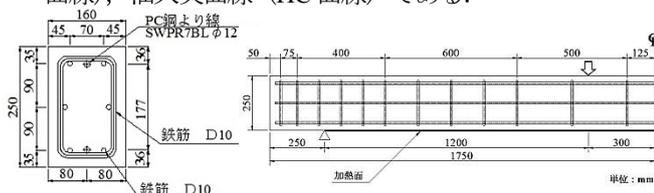


図 - 1 供試体断面図および側面図 (かぶり 30mm の場合)

なお加熱時間は 30 分間とし、底面全体からのみの加熱を行った。

$$\theta_{700} = 20 + 660 (1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) \quad \text{式 (1)}$$

$$\theta_{1100} = 20 + 1080 (1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) \quad \text{式 (2)}$$

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	53.7	7.51	40.7
30EX700W	38.2	0.50	4.41
30HC1100W	3.1	—	1.74

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 30HC1100-W 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。30HC1100-W は 30EX700-W シリーズに対して各かぶり位置の最高受熱温度が上回る結果となった。

表 - 2 各かぶり位置の最高受熱温度と到達時間

供試体名	最高受熱温度[°C](時間[min])		
	30mm位置	50mm位置	70mm位置
30EX700-30W	210(36.5)	153(47.5)	129(65.5)
30EX700-50W	227(35.5)	156(39)	128(39.5)
30EX700-70W	223(37.5)	172(42)	128(58)
30HC1100-30W	393(43)	259(65)	—
30HC1100-50W	351(39.5)	225(64.5)	178(86.5)
30HC1100-70W	404(40.5)	305(46)	177(83.5)

3-4 プレストレス減少率

表 3 に加熱によるプレストレス減少率を示す。表 - 3 に示すとおり、加熱温度を高くすることによってプレストレスは大きく減少し、特に最高温度を 1100°C とした場合の減少率はきわめて大きい。しかしかぶりを 70mm 確保することで加熱によるプレストレスの損失は 50%以下に抑制できることがわかる。

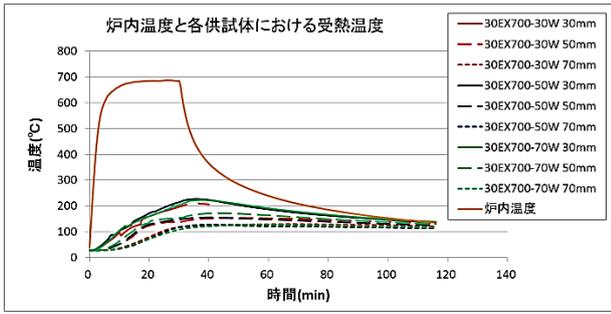


図 - 2 30EX700-W シリーズの温度履歴

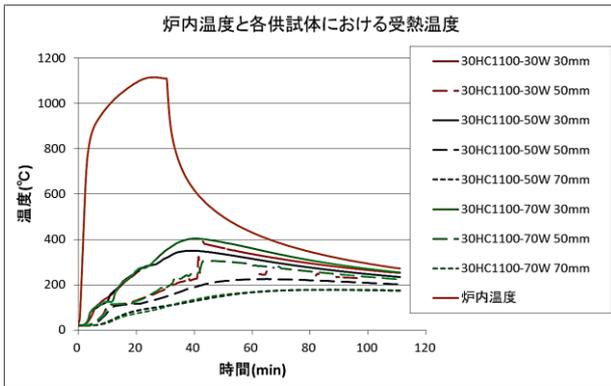


図 - 3 30HC1100-W シリーズの温度履歴

表 - 3 EX700-W プレストレス減少率

測定位置	供試体名	導入プレストレスによる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ト減少率(%) 【導入プレストレスを100%とした場合】
下縁側PC鋼材位置	30EX700-30W	6367	2713.5	42.6
	30EX700-50W	6367	3371.4	53.0
	30EX700-70W	6367	2600.0	40.8
	30HC1100-30W	6367	4357.1	68.4
	30HC1100-50W	6367	4043.4	63.5
	30HC1100-70W	6367	2971.4	46.7

4. 疲労試験結果

4-1 疲労試験概要

疲労試験は、スパン長 3000mm に対し、せん断スパン 1200mm とし、上限荷重を健全な PC はりのディコンプレッションモーメントに相当する 18kN と、曲げひび割れ発生荷重に相当する 30kN の 2 種類を設定し、各 10 万回の繰返し荷重を与えた。また、下限荷重はいずれも 5kN とした。

4-2 破壊形式および荷重 - 中央変位関係

N シリーズの 3 体および、30EX700-30W 以外の供試体はすべて疲労破壊した。疲労試験後の静的載荷における最大荷重の実測値、ならびに疲労試験時の破壊までの繰返し回数を表 - 4 に示す。また図 - 4 に荷重 - 中央変位関係の一例を示す。表 - 4 および図 - 4 より加熱による

剛性低下が著しいこと、また、同じ 30 分間の加熱でもより高温履歴を与えた供試体の方が、剛性低下が大きくなることがわかる。また N シリーズのかぶり 30mm と 30EX700W シリーズのかぶり 30mm の最大荷重を比較しても数値としては低下していることが分かる。これはコンクリートの著しい劣化により、コンクリートと PC 鋼より線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だと考えられる。

表 - 4 疲労試験結果

シリーズ	疲労破壊	静的破壊
N-30	-	81.0kN
N-50	-	69.9kN
N-70	-	84.5kN
30EX700-30W	-	59.6kN
30EX700-50W	30kN:5000回	80.1kN*
30EX700-70W	18kN:43950回	-
30HC1100-30W	30kN:9428回	-
30HC1100-50W	30kN:28468回	-
30HC1100-70W	30kN:21902回	-

*)105000回後、装置に不具合が生じ極度な荷重が載荷され破壊に至った。

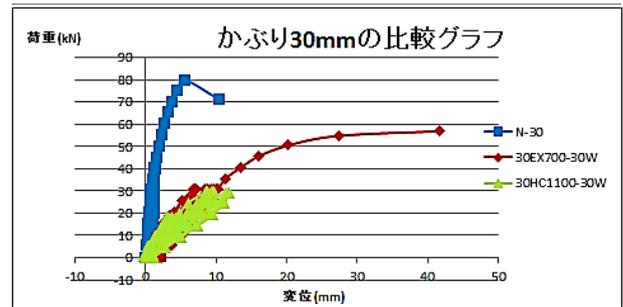


図 - 4 荷重-中央変位関係 (かぶり 30)

5. まとめ

本研究から 700°C以上の高温履歴を 30 分間受けることにより、プレストレスが大きく減少し、耐疲労性状が大きく変化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、1100°Cの高温履歴を与えたコンクリートは加熱による劣化が激しく、プレストレスの減少も著しいため 1100°Cの高温履歴を与えられた場合は他の対策を考える必要がある。

参考文献

- 1) 田淵・井上・三方: 火害を受けたプレテンション PC はり部材の残存耐荷特性に及ぼす受熱範囲の影響, 平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, レ-13, 2015 年 5 月
- 2) Eurocode1 : Actions on structures - Part 1 - 2 : General actions - Actions on structures exposed to fire