

## 火災を受けたプレテンションPC桁の残存耐荷特性

大阪工業大学大学院 学生員 ○越野 まやか 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. はじめに

実構造に用いられるJISプレテンションPC桁の火災被災後の各種構造特性と補強効果を確認することを最終目的として、本年度は加熱試験および加熱した供試体の静的載荷試験を実施した。その結果を昨年度実施した加熱無し供試体の静的載荷試験の結果と比較をすることで、火災による高温履歴を受けたPC桁の残存耐荷特性について検討した。

## 2. 供試体の概要

供試体は図-1,2に示すような、上幅640mm、下幅700mm、全長5300mm、かぶり50mmのプレテンションPC桁(JIS A 5373に規定されるプレテンションスラブ橋桁(AS 05))とした。また、PC鋼材にはΦ12.7のPC鋼より線を使用し、コンクリートの設計基準強度は $f'_{ck}=50\text{ N/mm}^2$ とした。導入プレストレスは上縁で $\sigma'_{ct}=0.3\text{ N/mm}^2$ 、下縁で $\sigma_{ct}=9.4\text{ N/mm}^2$ である。また、各供試体に加熱試験のための熱電対を設置した。

その位置を図-1に示す。

## 3. 加熱試験

## 3. 1. 加熱試験概要

水平加熱試験炉を使用して底面からのみ加熱し、(式1)に示す最高温度1100°Cの火災曲線を用いて加熱試験を行った。

(式1)はEurocode1<sup>1)</sup>に規定されるHC曲線である。また、加熱区間は桁中央部4000mmとし、桁端部は加熱していない。なお、加熱時間は30分間とし、試験時の含水率は4.2%であった。

$$\theta_{1100}=20+1080(1-0.325e^{-0.167t}-0.675e^{-2.5t}) \quad (\text{式1}), \theta: \text{温度}(\text{°C}), t: \text{時間}(\text{min})$$

また、加熱試験における計測項目はコンクリート内部温度(最下段鋼材位置の熱電対)、炉内温度(炉内8つの熱電対の平均値)、PC鋼材とコンクリートの相対変位量の3つである。

## 3. 2. 加熱試験結果と熱伝導解析結果の比較

最下段のPC鋼材位置に設置した熱電対の受熱温度と炉内温度を図-3に示す。写真-1のように加熱範囲の底面の断面中央部を中心に爆裂が加熱面全長にわたって生じた。このため、爆裂箇所鋼材は最高温度が約900°Cまで上昇している。また、表-1に加熱試験における熱電対の最高温度実測値(爆裂箇所以外)と熱伝導解析によるPC鋼材の最高受熱温度およびその到達時間を示す。実測値、解析値ともに300°C以下であり、Eurocode3<sup>2)</sup>より爆裂箇所以外のPC鋼材の強度低下は考慮しなくてよいと考えられる。

表-1 最高受熱温度と到達時間

	最高受熱温度(°C)	到達時間(min)
実測値平均	295	43
解析値	242	58

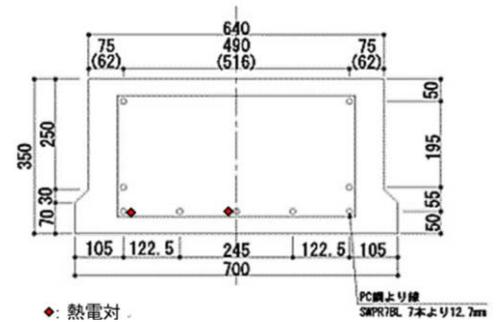


図-1 PC桁断面図

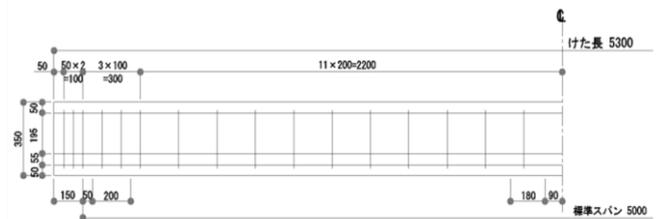


図-2 PC側面図

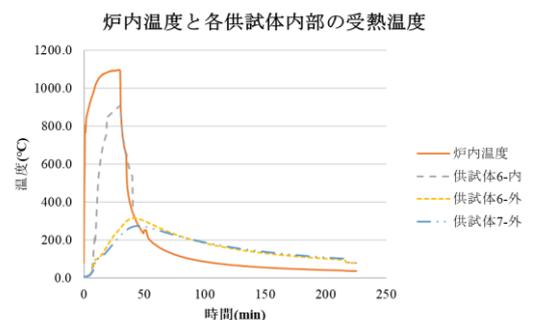


図-3 最下段PC鋼材の受熱温度と炉内温度



写真-1 加熱試験後の供試体底面

キーワード：プレテンションPC桁，耐火性，残存耐荷特性

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 TEL 06-6954-410

表-2に健全時と加熱後の下縁側PC鋼より線のひずみ変化から算出し 表-2 加熱によるプレストレス減少率  
 た加熱によるプレストレス減少率を示す。

供試体名	下縁側PC鋼より線のひずみ変化(μ)		加熱によるプレストレス減少率(%)
	健全時	加熱後	
供試体6	6564	704	10.7
供試体7	6564	650	9.9
平均	6564	677	10.3

4. 加熱後静的載荷試験

4. 1. 加熱後静的載荷試験概要

HC1100の高温履歴を与えた加熱試験後のPC桁に対し静的載荷試験を行った。載荷方法は、スパン4700mm、曲げスパン1000mm、せん断スパン1850mm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載荷を実施した。なお、せん断スパン比a/dは6.17(a=500mm)である。

4. 2. 曲げ耐力計算と静的載荷試験結果

表-3に最大荷重の実測値と曲げ破壊荷重の各計算結果と加熱の影響による減少率を示す。今回は、3.2で示したように、供試体底面の爆裂により最下部5本のPC鋼材のうち中央部3本のPC鋼材が最高温度900℃の加熱を受けていると想定し、Eurocode3<sup>2)</sup>に記載されている高張力鋼の高温時における応力-ひずみ関係の低減係数を用いて、加熱の影響によるPC鋼材の強度低下のみを考慮した場合、さらにプレストレスおよび付着力の低下も加味した場合の曲げ耐力の算定を試みた。計算はファイバー法を用い、設計圧縮強度は50N/mm<sup>2</sup>とした。また、プレストレスおよび付着力の低下を考慮する際には(式2)を用いた。

表-3 曲げ耐力

$$\epsilon p = \alpha \epsilon p_i + \beta \frac{a-x}{x} \epsilon' c u + \epsilon c p_i \quad (式2)$$

α: プレストレスの残存率, β: 最大付着応力度残存率

αは90.1%, βは31.4%<sup>3)</sup>とした。

	最大荷重 実測値 Pmax(kN)	曲げ破壊荷重計算値 Pbud(kN)		最大荷重 実測値比 Pmax/Pbud
		鋼材強度低下 のみ考慮	付着力低下の 影響も考慮	
加熱無	368.8	353.5		1.04
加熱有	247.7	215.4	212.6	1.17
		減少率(%)		
	32.8	39.1	39.9	

表-3より、最大荷重実測値は、約3割低下した。付着力の低下がPC桁の耐力低下に及ぼす影響はさほど顕著ではなく、加熱によるPC鋼材の強度低下が耐力の低下の大きな要因である。PC鋼材の強度低下と付着力の低下を考慮したファイバー法で曲げ破壊荷重を求めた結果、実測値との誤差が14%であった。また、除荷後にPC鋼材のよりが戻り緩む状況が確認できた。これは、加熱によってかぶりコンクリートが剥落したことに加え、高温受熱によって鋼材強度が低下し、載荷時に破断することで緊張力が解放されたことによるものと考えられる。

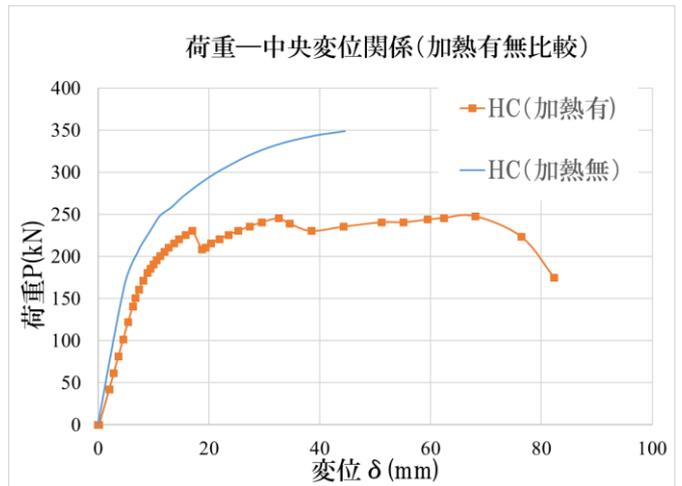


図-4 荷重—中央変位関係 (加熱有無比較)

図-4に静的載荷試験時の荷重—中央変位関係の加熱の有無による比較を示す。加熱した供試体は初期剛性が低下していることがわかる。

5. まとめ

HC1100の高温加熱を受けた場合、底面のコンクリートに爆裂が生じて鋼材が剥き出しになり、かぶりコンクリートが剥落するなど著しく損傷した。鋼材が直接加熱を受けたため、強度低下し、載荷試験時には最終的に破断した。加熱の影響による最大荷重の低下は約3割であったが、PC鋼材の加熱による強度低下ならびにプレストレスの減少や付着強度の低下を考慮することで、残存耐力は安全側に評価できることが明らかとなった。

6. 謝辞

本研究の一部はJSPS科研費(基礎研究(C):17K06520)の助成を受けたものです。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) Eurocode 1: Actions on structures-Part 1-2: General actions-Actions on structures exposed to fire, pp. 24-25, 2002. 11.
- 2) Eurocode 3: Design of steel structures Part1.2: General rules Structural fire design,2003.
- 3) 菊本幸司他, 火災による高温履歴を受けたコンクリート中のPC鋼より線の付着特性, PCの発展に関するシンポジウム論文集 21 巻, pp. 200-210, 2012