第Ⅴ部門　　プレテンション PC 桁の火災被災後の残存耐荷特性

大阪工業大学大学院工学研究科　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 N/mm^2 とした．導入プレストレスは上縁で σ'_{ct} = 0.3N/mm^2，下縁で σ_{ct} = 9.4N/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ている．その位置を図-1 に示す．

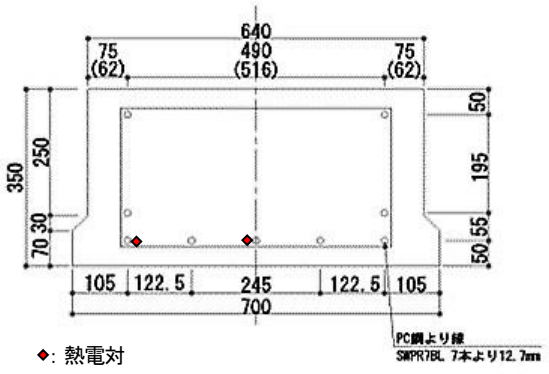


図-1　PC 桁断面図

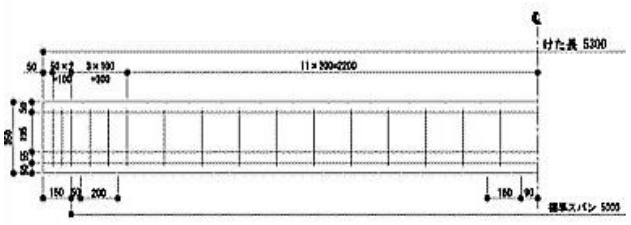


図-2　PC 桁側面図

3.加熱試験

3.1.加熱試験概要

水平加熱実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℃の火災曲線を用いて加熱試験を行った．（式 1）は Eurocode1[1]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．

θ_{1100}＝20+1080（1-0.325e$^{-0.167t}$-0.675e$^{-2.5t}$）　（式 1）

θ：温度（℃），t：時間（min）

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，爆裂箇所の鋼材は最高温度が約 900℃まで上昇している．

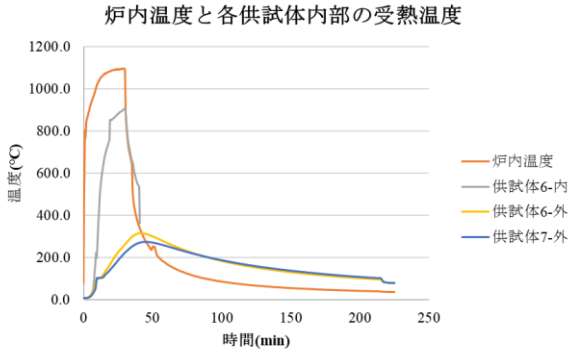


図-3　最下段 PC 鋼材の受熱温度と炉内温度

写真-1　加熱試験後の供試体底面

Mayaka KOSHINO,Susumu INOUE,Yasuhiro MIKATA
may.koshino@gmail.com

また，表-1 に加熱試験における熱電対の最高温度実測値と熱伝導解析による PC 鋼材の最高受熱温度とその到達時間を示す．実測値，解析値ともに 300℃以下であり，Eurocode3[2)]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(℃)	到達時間(min)
実測値平均	295.3	43.3
解析値	241.6	58

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た加熱によるプレストレス減少率を示す．

表−2　加熱によるプレストレス減少率

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	703.5	10.7
供試体7	6564	650.3	9.91
平均	6564	676.9	10.3

5.加熱後静的載荷試験

5.1.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=50mm）である．

5.2.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 鋼材の内中央部 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[2)]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，さらに付着力の低下も加味した場合の曲げ耐力のも算定を試みた．

計算はファイバー法を用い，設計圧縮強度は 50N/ mm^2 とした．また，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

	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
加熱無	368.8	353.5		1.04
加熱有	247.7	鋼材強度低下のみ考慮	付着力低下の影響も考慮	1.17
		215.4	212.6	
減少率(%)	32.8	39.1	39.9	

$$\varepsilon p = \alpha \varepsilon pi + \beta \frac{d-x}{x} \varepsilon' cu + \varepsilon cpi \quad （式 2）$$

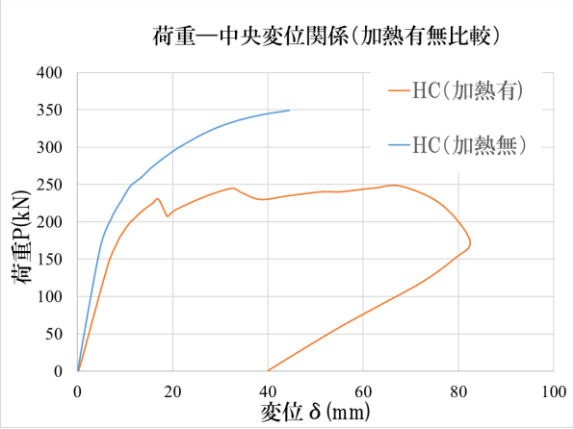
α：プレストレスの残存率，β：最大付着応力度残存率

α は 90.1%，β は 31.4%とした．

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，除荷後に下縁側 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の強度が低下し，載荷時に破断することで緊張力が解放されこのような状況となったと考えらえる．

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．



図−4　荷重―中央変位関係（加熱有無比較）

6.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 割であり，計算値よりも低下率は低いため安全側に評価できているといえる．

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) Eurocode3:Design of steel structures Part1.2:General rules Structural fire design,2003.