

第V部門

JIS プレテンション PC 桁の火災被災後の残存耐荷特性と補強効果に関する研究

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

実橋に用いられる JIS プレテンション PC 桁を対象とし、加熱による影響を確認するため、健全な供試体と加熱後の供試体の静的試験ならびに疲労試験を通じてその耐荷特性を比較、検討するとともに、加熱後補強を行い、補強効果についても確認することとした。

2. 供試体概要

供試体は図-1、2に示す JIS A 5373 に規定されるプレテンションスラブ橋 PC 桁(AS 05)とした。また、PC 鋼材には $\phi 12.7$ の 7 本より 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時の PC 鋼材の受熱温度を測定するための熱電対を設置した。供試体の名称と実験要因は表-1 に示す通りである。

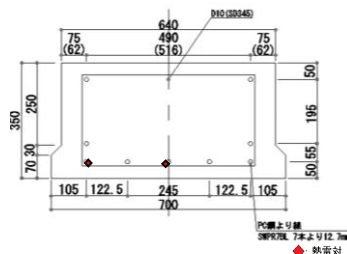


図-1 供試体断面図

供試体名	加熱温度	補強	試験名
N-1	なし	—	静的
N-2	なし	—	疲労
30HC1100-1	1100℃	なし	静的
30HC1100-2	1100℃	なし	疲労
30HC1100-ST1	1100℃	鋼板	静的
30HC1100-ST2	1100℃	鋼板	疲労



図-2 供試体側面図

3. 加熱試験

3.1 加熱試験概要

加熱試験に用いた火災曲線は、式(1)に示される Eurocode¹⁾に規定されている最高温度を 1100℃に設定した HC 曲線(炭化水素曲線)であり、加熱時間は 30 分間とした。加熱面の長さは 4000mm とし、両端部 650mm

を除いた底面からのみの加熱を行った。

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

ここに、 θ : 温度 (℃), t : 時間 (min)

加熱試験時の含水率は約 4%であった。また、加熱試験における計測項目はコンクリートの内部温度、炉内温度、PC 鋼材とコンクリートの相対変位の 3 項目である。

3.2 加熱試験結果

各供試体内部の最高受熱温度を表-2 に示す。また、プレストレスの減少率は 30HC1100 シリーズで約 10.3%、30HC1100-ST シリーズで約 7.4%であった。

表-2 最高受熱温度と到達時間

供試体名	最高温度 (℃)	到達時間 (min)
30HC1100-1	275	45
30HC1100-2	315(912)	42(30)
30HC1100-ST1	263(791)	54(9)
30HC1100-ST2	191(460)	31(34)

(括弧内は爆裂箇所の最高温度)

4. PC 桁の静的試験と疲労試験

4.1 静的試験および疲労試験の概要

静的試験は、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荷重を実施した。なお、せん断スパン比 $a/d=6.17$ とした。疲労試験も静的試験と同様に対称 2 点集中荷重方式とし、上限荷重を健全な PC 桁のディコンプレッションモーメントに相当する 140kN、曲げひび割れ発生荷重に相当する 180kN で各 10 万回の繰返し荷重を実施した。また、すべての供試体で疲労破壊が生じなかったため、その後静的荷重により残存耐力を確認した。

4.2 補強量の算定

最高温度 1100℃で加熱した供試体の静的試験の結果より、健全な供試体からの耐荷力の減少量を算出し、その減少量を鋼板 (SS400) で補うとして、必要断面積 1960mm^2 (厚さ 3.2mm、幅 650mm) を求めた。

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

4.3 静的試験の結果

加熱後の供試体についてファイバー法により、PC 鋼材の強度、プレストレス力および付着力の低下がどの程度耐力に影響を及ぼすかを検討した²⁾。その結果を表-3に示す。表より、最大荷重実測値の値をみると補強効果は十分発揮されているといえる。この検討結果より 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、残存耐力についても安全側に評価できるといえる。次に、載荷試験時の荷重—中央変位関係を図-3に示す。30HC1100-1と比較すると30HC1100-ST1では初期剛性がN-1と同程度まで回復していることから、補強の効果が発揮されたと考えられる。また、載荷によるひび割れは、健全な供試体では曲げスパン内における曲げひび割れが発生したのに対し、加熱温度 1100℃の供試体では加熱による水平ひび割れの進展が支配的であった。なお、補強後の供試体においても水平ひび割れの進展が顕著で、最終的には載荷点から外側の PC 鋼材位置のコンクリートが破壊されたことにより終局に至った。今回の補強では加熱の際に発生した水平ひび割れに対するひび割れ注入等の補修は行っていないが、最終破壊状況より可能な限りひび割れ注入は行うべきであると考えられる。

4.4 疲労試験の結果

静的試験と同様にして算出した曲げ破壊荷重と実測値を表-3に示す。疲労試験後の残存耐力も最大荷重実測値から判断して、補強効果は十分発揮されているといえる。さらに、静的試験と同様に補強後の耐力についても安全側に評価できるといえる。次に、疲労試験およびその後の静的載荷時の荷重—中央変位関係を図-4に示す。図より、30HC1100-ST2においては、N-2と同様に疲労試験においてほとんど変位の進行はなく、30HC1100-2と比較すると初期剛性も回復していることから補強効果が発揮されているといえる。また、疲労試験時の曲げスパン内のひび割れ幅の増加は、加熱温度 1100℃の供

試体においては曲げスパン内のひび割れよりもほかの部分での水平ひび割れが支配的であったためひび割れ幅があまり増加しない結果となった。また、補強後の供試体についてはひび割れ幅の増加が抑制されており、所定補強効果が発揮されていた。

5. まとめ

1100℃の加熱による耐荷特性への影響は著しいが、補強を行うことで健全な供試体の曲げ破壊荷重を上回り、ひび割れ幅の進展や変形の抑制も確認できた。また、PC 鋼材の受熱温度からプレストレス、付着力および PC 鋼材の強度低下を推定し、それらを考慮することにより火災被災後の PC 桁の残存耐力についても安全側に評価できることが明らかとなった。今後の課題として、爆裂の影響範囲を実験により明確にすること、さらにその爆裂の影響を考慮した熱伝導解析を行い PC 鋼材の受熱温度の推定の精度を高めていくことが必要であると考えられる。

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) 越野・井上・三方：プレテンション PC 桁の火災被災後の残存耐荷特性，2019 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，V-23，2019.5

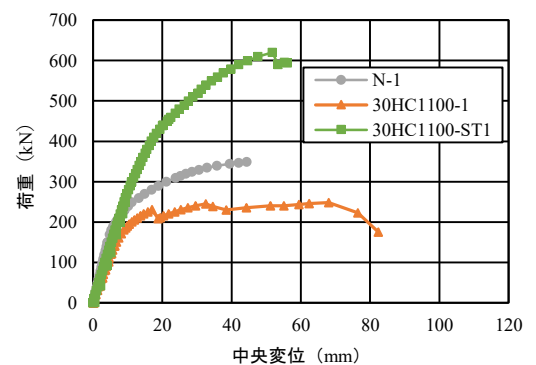


図-3 荷重—中央変位関係（静的）

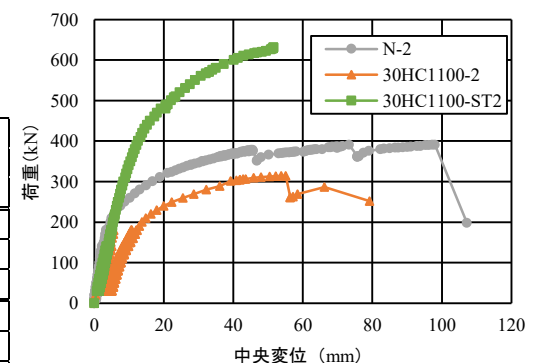


図-4 荷重—中央変位関係（疲労後の静的）

表-3 最大荷重実測値と曲げ破壊荷重計算

供試体名	最大荷重実測値 Pmax(kN)	曲げ破壊荷重計算値 Pu(kN)	Pmax/Pu	Nシリーズに対する残存最大荷重実測値の割合	プレストレス残存率 α (%)	最大付着応力度残存率 β (%)	PC鋼材低減係数
N-1	368.8	369.7	1.00	—	—	—	—
30HC1100-1	247.7	228.9	1.08	0.67	89.7	31.4	0.06
30HC1100-ST1	620.2	461.7	1.34	1.68	93.1	34.7	0.11
N-2	390.8	363.2	1.08	—	—	—	—
30HC1100-2	314.2	219.8	1.43	0.80	89.7	31.4	0.06
30HC1100-ST2	628.5	550.5	1.14	1.61	93.1	34.7	0.78