

大阪工業大学工学部 学生員 ○横山 直之
大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

大阪工業大学大学院 学生員 菊本 幸司
大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘

1. はじめに

プレテンション方式のプレストレストコンクリート構造物が火災を受けた場合、残存プレストレスを適切に評価する必要があるが、現時点では有効な診断方法が確立されていない。本研究では、残存プレストレスを評価する上で重要となる、火災による鋼材の受熱温度および高温履歴を受けたコンクリートと鋼材の付着強度特性を耐火試験と付着強度試験により検討した。

2. 供試体概要

図-1 に供試体の概要を示す。供試体断面は、7本よりPC鋼より線の径(φ12.7, φ15.2)とかぶり(30mm, 50mm, 70mm)の組合せにより決定し、長さは全て100mmの一定とした。なお、PC鋼より線の付着長は4φ¹⁾とした。また、供試体の数は各要因9体とした。

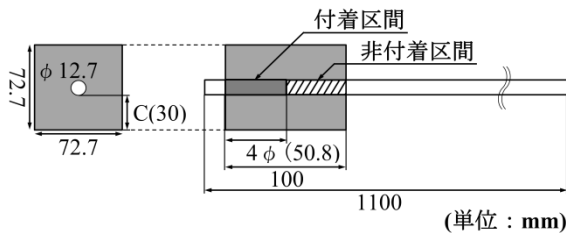


図-1 供試体概要(φ12.7mm, かぶり30mmの場合)

3. 耐火試験

3.1 耐火試験概要

耐火試験でのコンクリートの加熱温度は、タンクローリー車の炎上を想定し、最高温度に900℃および1100℃を選定し試験を行った。火災曲線として、最高温度1100℃の曲線は、以下に示すEuro Code²⁾規定の油火災を対象としたHC曲線を使用し、900℃の曲線は、HC曲線と近似させた曲線(係数1080を880に変更)を使用した。加熱時間はいずれも30分間とした。なお、実際の火災を想定し、付着強度試験供試体は底面からのみの加熱としている。

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

ここに、θ: 温度(℃), t: 時間(min)

また、比較のために耐火試験を実施しない供試体を作製している(Nシリーズ)。

3.2 耐火試験結果

加熱後のコンクリート諸強度の試験結果を表-1に示

表-1 加熱後の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)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
Nシリーズ	34.5	3.89	3.06	29.3
HC900シリーズ	11.7	0.45	1.19	1.01
HC1100シリーズ	2.37	0.09	0.81	—*1)

(注) 材料試験用供試体は炉内に入れ加熱したため、全方向から加熱を受けている

*1) 供試体表面の損傷により、ひずみ計測機器取付不能

表-2 各かぶり位置での鋼材の最高受熱温度

供試体名	最高受熱温度 (℃)		
	かぶり30mm	かぶり50mm	かぶり70mm
HC900-φ12.7	353 (34)	162 (61)	113 (96)
HC900-φ15.2	245 (43)	—*1)	103 (126)
HC1100-φ12.7	350 (43)	197 (75)	152 (95)
HC1100-φ15.2	312 (51)	—*1)	131 (129)

(注) 括弧内は最高受熱温度に達する時間(分)を表す

*1) 熱電対破損のため、データなし

す。これにより、加熱すると諸強度が低下することに加え、受熱温度が高いと小さな温度差でも強度低下率に大きく差が出るのがわかる。これは高温履歴を受けることで、内部の温度上昇に伴い水蒸気圧も上昇し、コンクリート表面および内部に微細なひび割れが発生し、諸強度が低下したことによるものと考えられる。また、圧縮強度および引張強度と比較して、曲げ強度やヤング係数が著しく低下した。

次に、各供試体内の鋼材位置での最高受熱温度を表-2に示す。これにより、かぶりの違いで最高受熱温度には大きく差が生じることがわかる。また、加熱温度が高いほど、鋼材位置の最高受熱温度は高くなった。さらに、かぶりが大きくなるほど最高受熱温度に達するまでの所要時間が長くなることから、コンクリートを介して熱が伝わるには十分な時間を要することがわかる。

4. 付着強度試験

付着強度試験は、土木学会規準「引き抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法」¹⁾に準じて行った。

付着強度試験により得られた各供試体の最大付着応力度(平均値)を図-2に示す。より高い温度履歴を受けた供試体ほど、最大付着応力度がより低下する傾向が確認

できた。これは上述したように、高温履歴により水蒸気圧が上昇し、コンクリート表面および内部に微細なひび割れが発生し、付着力が低下したものと考えられる。また、用いたPC鋼より線の径が大きい供試体の方が高い値を示す傾向が見られた。これは、周長が大きいことにより引き抜かれる際の摩擦が大きくなること、PC鋼より線の側線間のコンクリートの体積が大きくなるため、せん断抵抗が増加することによるものだと考えられる。さらに、かぶりが大きくなるにつれて最大付着応力度は大きくなった。これは、かぶりが大きくなるにつれて、鋼材の受熱温度が低下し、鋼材近傍のコンクリートの損傷が少なくなり、せん断抵抗が大きくなったものと考えられる。

最大付着応力度から算出した各供試体の必要定着長の一例を図-3に示す。これにより、加熱温度が高いほど、グラフの傾きが大きくなっていることから、より高い温度履歴を受けることに対して、かぶりを大きくすることが必要な定着長を小さくすることに有効であることがわかる。また、PC鋼より線の定着長はコンクリート標準示方書に $65\phi^3$ と規定されているが、本実験の条件の範囲内では高温履歴を受けたほぼすべての供試体でこれを上回る定着長が必要となる結果が得られた。

次に、付着応力度-自由端変位関係の一例を図-4に示す。高温履歴を受けた供試体は、初期剛性が著しく低下した。これは、高温履歴により、コンクリートとPC鋼より線間の粘着成分が失われたためと考えられる。また、温度差による初期剛性の違いは見られなかったことから、ある一定の温度に達すると粘着成分が失われると考えられる。

5. 結論

本研究結果より、高温での加熱によりコンクリート諸強度は大きく低下し、コンクリートとPC鋼より線間の粘着成分が失われること、かぶりを大きくすると加熱による鋼材の受熱温度は低くなり、最大付着応力度は大きくなることが確認された。また、より高い温度履歴を受けることに対して、かぶりを大きくすることが必要な定着長を小さくすることに有効であるという結果が得られた。

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書「規準編」, 2007
- 2) Eurocode1：Actions on structures - Part 1 - 2：General actions - Actions on structures exposed to fire
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書「設計編」, 2007

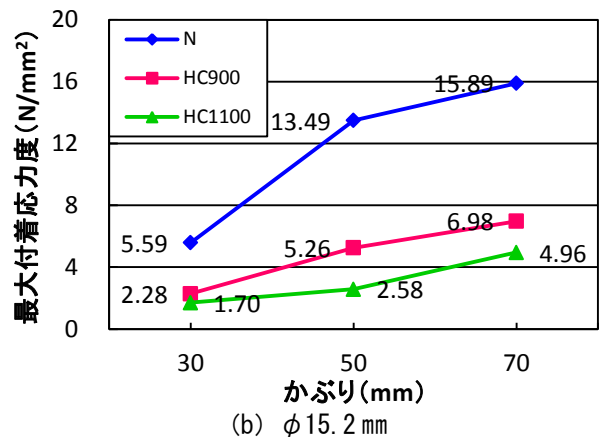
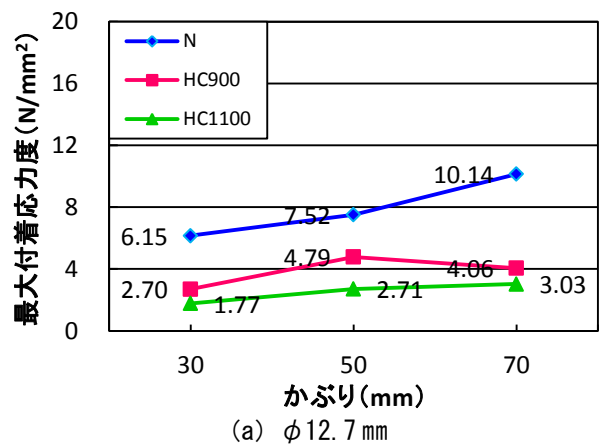


図-2 最大付着応力度-かぶり関係

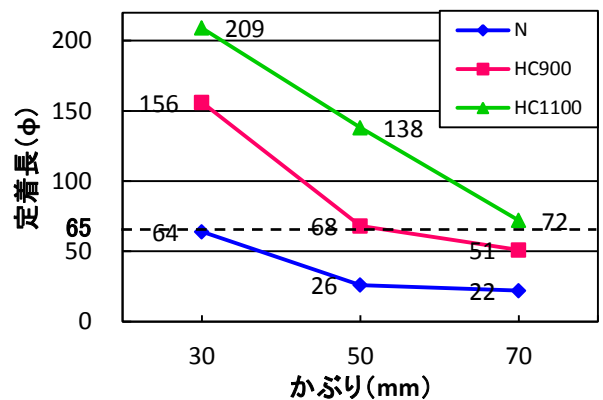


図-3 定着長算出結果 ($\phi 15.2$ mm)

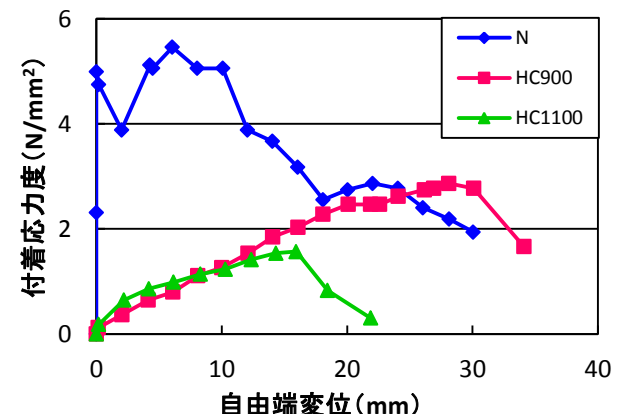


図-4 付着応力度-自由端変位関係 ($\phi 15.2$ mm, かぶり 30 mm)