

# 1) - 6 コンクリートの含水状態が火災後の鉄筋コンクリートの付着性能に及ぼす影響【安全・安心】

## Effect of Water Content of Concrete on Bond Property of Reinforced Concrete after Fire

(研究開発期間 令和3~5年度)

防火研究グループ  
Dept. of Fire Engineering

西尾 悠平  
NISHIO Yuhei

In this study, the effect of water content of reinforced concrete on bond property deterioration after fire were investigated. Specifically, the effect of moisture movement during heating was investigated by using neutron radiography technique, and the effect of water content on bond properties after fire were investigated by pull-out test.

### 【研究開発の目的及び経過】

鉄筋コンクリートは一般的に、耐火構造とされているが、鉄筋コンクリート造建築物が火災に曝されると、コンクリート中の水和物の分解による強度低下や、コンクリートと鉄筋の熱膨張係数差による付着劣化、高強度コンクリートでの爆裂現象などが生じ、火災中および火災後の性能低下が懸念されている。火災後の建築物の火害診断では、日本建築学会「建物の火害診断および補修・補強方法 指針・同解説」<sup>1)</sup> (以下、指針) に基づき、コンクリートと鉄筋の付着の状況により火害等級を判定する点があるが、コンクリートと鉄筋の付着に火災が及ぼす影響に関する研究事例が少ない。コンクリート中の水分が加熱中のコンクリート中の応力分布やひび割れなどに影響を与えることが懸念されるが、加熱によって生じる水分移動や熱応力と火災後の付着性能との関係はまだ明らかとされていない。

本研究では、加熱中のコンクリート内部の水分状態等を把握するとともに、コンクリートの含水状態と受熱後の付着強度との関係を明らかにすることを目的とする。

### 【研究開発の内容】

#### 1) 加熱中のコンクリート内部の水分挙動の検討

本検討では、含水率を調整した W/B18% の高強度コン

クリート (100×70×30mm) を用いて、一面から加熱をした際のコンクリート中の水分挙動を中性子ラジオグラフィにより測定した。図1に示す中性子ラジオグラフィ測定の実験装置を用い、10分間の加熱実験を実施し、コンクリート内部の温度と圧力も測定した。中性子ラジオグラフィより得られた透過像を解析し、加熱中のコンクリートの含水率を算出した。なお、中性子ラジオグラフィの測定は京都大学複合原子力科学研究所の研究用原子炉 (KUR) の B-4 ポートで実施した。

#### 2) 含水状態が加熱後の鉄筋コンクリートの付着性能に及ぼす影響

本検討では、JSTM C 2101 を参照し、表1に示す調査のコンクリートに直径 16mm の異形鉄筋を埋め込んだ引抜試験体を用いて、加熱後の付着性能の検討を行った。試験体の含水状態を気乾と絶乾の2水準とし、加熱条件は ISO834 に規定する標準加熱曲線に沿って加熱を行い、

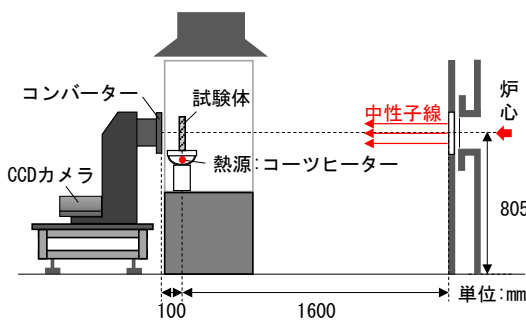


図1 試験装置概要

表1 コンクリートの調合

28日強度	W/C	s/a	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和剤		Slump
			W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤	
N/mm <sup>2</sup>	%	%	W	C	S	G	C×(%)	C×(%)	cm
36	60.1	48.9	170	283	881	941	1.6	0.2	9.0

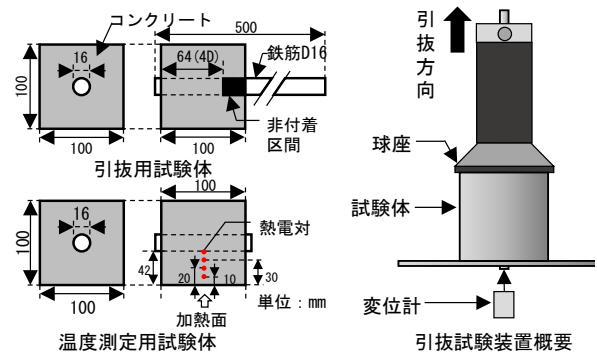


図2 試験体および引抜試験装置概要

加熱時間は60分と120分とした。図2に試験体形状と引抜試験の概要を示す。試験は、鉄筋にカップリングを介してセンターシャフトを接合し、手動式油圧ポンプを用いて、鉄筋の引張応力の増加速度が49.0(N/mm<sup>2</sup>)/分となるように加圧を行い、最大荷重と自由端変位を計測した。

【研究開発の結果】

1) 加熱中のコンクリート内部の水分挙動の検討

図3に中性子来ジオグラフィ測定時の加熱中の温度履歴の一例を、図5に初期含水率と加熱から5分経過時の水分状態の関係を、図6に爆裂が発生した初期含水率88%の試験体における、水分状態と10mm深さの経時変化をそれぞれ示す。

図5より、含水率が低い試験体で最も乾燥が進み、温度上昇も大きいことが確認された。また、加熱中に比較的大きな爆裂現象が生じた相対含水率88%の試験体においては、加熱中に内部の圧力が2.4MPaと高い値を示し、爆裂が生じるとともに急低下する現象をとられることができた。加熱面より20~30mmの位置では、加熱前より部分的に含水率の上昇が確認された。この初期値を超えた含水率の上昇(水分だまり)は、圧力上昇が1MPa程度の試験体でも確認され、加熱により試験体内部で水分だまりを形成し、加熱面付近の水蒸気圧の上昇に影響を及ぼしたと推察される。

2) 含水状態が加熱後の鉄筋コンクリートの附着性能に及ぼす影響

図4に加熱中の温度履歴の一例を、図8に加熱後の引抜試験時の附着応力と自由端変位の関係を、図9に気乾の未加熱に対する0.002D時の附着応力と附着強さの残存率と鉄筋近傍最高温度との関係をそれぞれ示す。なお、絶乾の未加熱の試験体の鉄筋近傍温度は105℃とした。指針に示される未加熱に対する附着強さの残存率は、200℃で0.75、400℃で0.7程度とされている。本検討においては、60分加熱を行った試験体において、より低い残存率となったが、気乾と絶乾での差はあまり確認できなかった。しかしながら、0.002D時の附着応力では、絶乾の方が低い傾向となり、加熱前のコンクリートの含水率が附着の初期剛性に影響を与えている可能性が示唆された。

今後、得られた加熱中の水分挙動の測定結果を踏まえ、加熱中の水分挙動が附着強度の低下に与える影響について検討していく。

【謝辞】

中性子ラジオグラフィの測定は、京都大学複合原子力科学研究所の共同利用研究(R5P7-5)として実施した。

【参考文献】

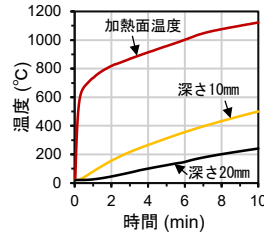


図3 1)の温度履歴

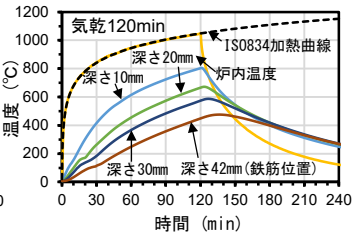


図4 2)の温度履歴

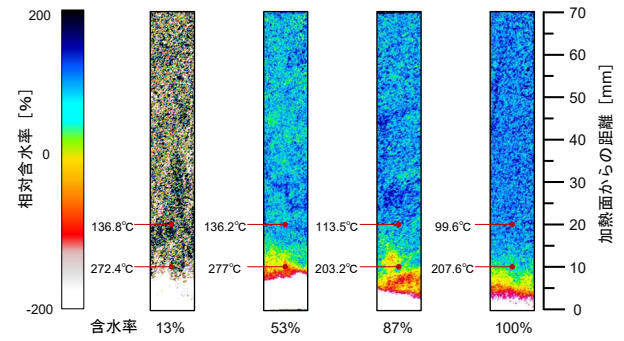


図5 初期含水率と水分状態の違い(加熱5分後)

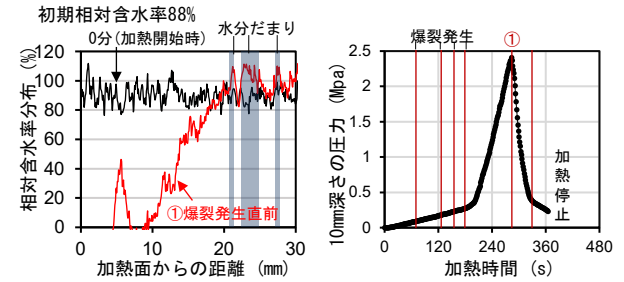


図6 爆裂発生時の相対含水率と内部圧力(88%RH)

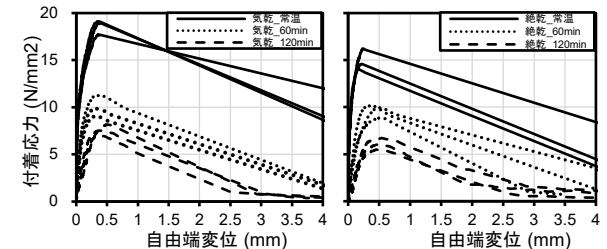


図8 附着応力-変位曲線(左:気乾,右:絶乾)

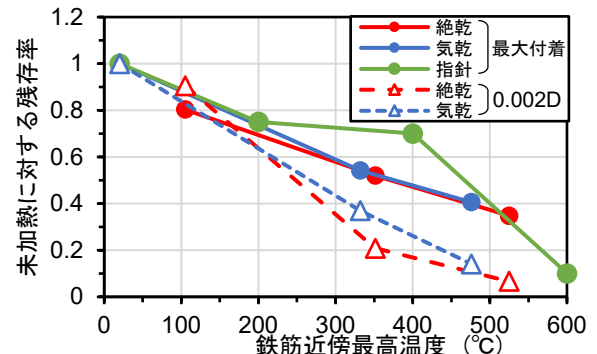


図9 鉄筋近傍最高温度と附着強さの残存率の関係

- 1) 日本建築学会「建物の火害診断および補修・補強方法 指針・同解説」, 2024