火害を受けたRC部材の鉄筋とコンクリートの 付着に関する基礎的研究

Basic Study on Bond Strength between Concrete and Rebar in Reinforced Concrete Elements on After Fire

本庄 敬祐*1、新井 真*2、春畑 仁一*3、大山 卓也*4、東 翔太*5

1. はじめに

火災にあった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」¹⁾ (以下、火害指針と記す)に基づき、部材ごとの火害等級を判定する方法が広く用いられている。この火害等級は、構造耐力上、火災の影響を全く受けていない I 級から、甚大な被害がある V 級までの 5 段階で評価され、被害の程度に応じて、補修・補強の要否および程度が判断されることとなる。

図-1は、火害指針に示されている鉄筋コンクリート部材(以下、部材と記す)の火害等級判定フローである。 鉄筋コンクリート造における火害等級の判定においては、コンクリートと主筋の付着に支障があるほどの被害を受けているかによって、Ⅲ級か、Ⅳ級以上かを判定する。しかしながら、火災にあった部材のコンクリートと鉄筋の付着に関する研究事例は少ないというのが実状である。

そのような背景から筆者らは、2020年度および2021年度において、この影響を把握するための自主研究「火害を受けた鉄筋コンクリート部材の鉄筋とコンクリートの付着に関する基礎的研究」を実施した。本稿では、その結果を報告する。

2. 研究の概要

本研究では、部材が火害を受けた際、火災時の受熱温度がコンクリートと鉄筋の付着に与える影響を把握するために、コンクリート直方体に鉄筋を埋め込んだ試験体

を用い、以下に示す二つの実験を行い、比較、検討した。 実験①は、電気炉を用いて試験体全体を一様に加熱し、 冷却後の鉄筋およびその周囲のコンクリートの最高到達 温度と付着強さの関係を確認するものである。この実験

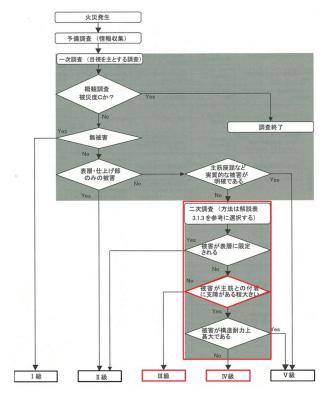


図-1 鉄筋コンクリート部材の火害等級判定フロー1)

*1 HONJO Keisuke : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 構造部 耐震耐久性調査室 主査

*2 ARAI Makoto : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 構造部 耐震耐久性調査室

*3 HARUHATA Masakazu: (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 構造部 耐震耐久性調査室 室長代理 博士(工学)

*4 OHYAMA Takuya :(一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 構造部 構造試験室 専門役 *5 AZUMA Syota :(一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 耐火部 耐火構造試験室 の加熱方法では、試験体全体が一様な受熱温度となるように加熱するため、同様の加熱・冷却をコンクリート円柱供試体、鉄筋それぞれについても実施し、コンクリートの圧縮強度および鉄筋の引張強度を確認することにより、各々の機械的性質の変化と付着強さとの相関性についても確認した。

また、実験②は、実火災を想定し、ガス炉を用いて試験体を一面から加熱し、冷却後の鉄筋およびその周囲のコンクリートの最高到達温度と付着強さの関係を確認するものである。

これら二つの実験結果を比較、検討することにより、 火災にあった部材におけるコンクリートと鉄筋の付着強 さへの受熱温度の影響および実験方法の違いに対する考 察を行った。

3. 実験①:電気炉での一様加熱による実験

3.1 実験概要

実験①では、図-2に示すH200×W150×D150mmのコンクリートの中心に主筋を模擬した鉄筋 (呼び名:D19、種類の記号:SD345)を配した試験体を電気炉内に設置し、試験体全体が目標温度 (以下、加熱温度と記す)に達するように一様に加熱し、加熱終了の翌日に付着強さ試験を行うことで、加熱後のコンクリートと鉄筋の付着強さを確認した。また、同様の加熱を行ったコンクリート円柱供試体により圧縮強度試験を、鉄筋により引張試験をそれぞれ実施し、各強度と付着強さとの関係を確認した。

3.2 試験体

コンクリートは、材齢28日で圧縮強度が $21\,\mathrm{N/mm^2}$ (以下、 $\mathrm{Fc21}\,\mathrm{Elit}$)を目標とするものを用い、割裂破壊防止のために ϕ 6 mm のバーインコイルを配置した上で、中心に鉄筋を配置した。コンクリートの使用材料、配合および性状を表-1~表-3に示す。

また、鉄筋については、付着区間における付着強さの ばらつきを抑制するため、コンクリート表層から2d(d: 鉄筋の呼び径)の非付着区間を両端に設けた。

付着強さ試験に用いる試験体は、加熱を行わないもの (以下、未加熱と記す)および加熱温度ごとに3体とした。 また、それとは別に、内部温度を測定するための試験体 を加熱温度ごとに1体作製した。

試験体はコンクリート打込みから7日後に型枠を取外 し、加熱実験まで室内で静置した。

3.3 実験方法

3.3.1 加熱実験

加熱に際しては、試験体の鉄筋が露出する2面を被覆し、その他の4面を電気炉で均一に加熱した。加熱温度は100℃~900℃までの100℃間隔とし、未加熱の試験体を加えた10水準を加熱条件とした。加熱は、炉内温度が所定の温度に達するまで上昇させ、その状態を24時間保持し、鉄筋近傍に設置したコンクリート内部の熱電対が所定の温度に達していることを確認した後、終了した。その後、炉内で試験体表面の温度が室温と同程度になるまで静置した。

3. 3. 2 コンクリートの圧縮強度試験、鉄筋の引張試験 コンクリートおよび鉄筋の加熱による機械的性質の変 化を確認するため、付着強さ試験に用いる試験体と同様 の加熱を行ったコンクリート円柱供試体および鉄筋を用い、コンクリートの圧縮強度試験および鉄筋の引張試験 を行った。

圧縮強度試験はJIS A 1108:2018 「コンクリートの

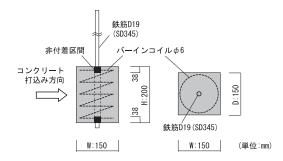


図-2 試験体の形状および寸法 (実験①)

表-1 コンクリートの使用材料(実験①)

材料	品種(物性)
水	回収水(スラッジ水)・地下水
セメント	普通ポルトランドセメント (密度:3.16 g/cm³)
細骨材	京都府亀岡市砕砂 (表乾密度: 2.65 g/cm³)
粗骨材	京都府亀岡市砕石 (表乾密度: 2.68 g/cm³,実績率: 58%)
混和剤1	AE減水剤 標準型
混和剤2	AE減水剤 遅延型

表-2 コンクリートの配合(実験①)

種類 W/C s/a 単位量(kg/m³)									
	作里天只	(%)	(%)	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤1	混和剤2
	Fc21	63	49.9	190	302	885	898	3.02	3.02

注) W/C: 水セメント比, s/a: 細骨材率

表-3 コンクリートの性状 (実験①)

項目	種類	スランプ (cm)	空気量 (%)
実測値	Fc21	17.5	8.4

圧縮強度試験方法」に、引張試験はJIS Z 2241:2011 「金属材料引張試験方法」に基づき、加熱温度ごとに3体 実施した。

3.3.3 コンクリートと鉄筋の付着強さ試験

付着強さ試験は、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説」²⁾ 付1.3の3. 試験に基づき、**写真-1** に示すように試験機のクロスヘッド上部に球座を介して試験体を設置し、下部チャックにより鉄筋に引張力を加えた。なお、引張載荷速度は500 N/s とした。

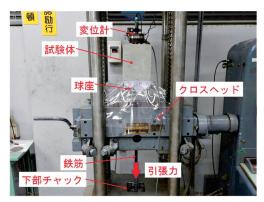


写真-1 付着強さ試験

3.4 実験結果

3.4.1 加熱実験

電気炉内の温度履歴を図-3に示す。すべての試験体において所定の温度まで加熱し、その温度を24時間保持した後、加熱を終了していることを確認した。なお、内部温度計測用の試験体により、鉄筋および鉄筋近傍のコンクリートも均一に加熱できていることを確認した。

3. 4. 2 コンクリートの圧縮強度試験、鉄筋の引張試験 加熱後のコンクリートの未加熱に対する圧縮強度の比 (以下、未加熱に対する各試験で得られた強度の比を残存率と記す)を図-4、鉄筋の降伏点および引張強さを図-5に示す。なお、図-4および図-5は、コンクリート円 柱供試体および鉄筋の各3本の平均値を示す。

コンクリートの圧縮強度については、加熱温度100℃で低下した後、200℃で一度回復し、200℃以降は加熱温度の上昇に伴い低下した。加熱温度200℃における圧縮強度の回復は、既往の研究³⁾から、コンクリート中の高温蒸気による未水和セメント粒子の水和の促進等によるものと推測される。

鉄筋の引張試験については、加熱温度500℃までは耐力を維持し、700℃、800℃で耐力の低下が認められた。 鉄筋の加熱冷却後の強度については、鋼材の変態点温度 (720℃) 近傍で強度が低下することが知られており⁴⁾、 本試験もその内容に整合する結果となった。

3.4.3 コンクリートと鉄筋の付着強さ試験

未加熱に対する各温度での付着強さの残存率を図-6 に示す。未加熱に対する付着強さの残存率は、加熱温度 100℃において0.85まで低下した後、200℃で1.11と 上昇した。その後、加熱温度の上昇に伴い付着強さの残

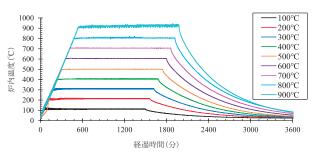


図-3 各加熱温度における電気炉内の温度履歴

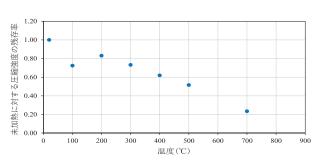


図-4 未加熱に対するコンクリートの圧縮強度の残存率

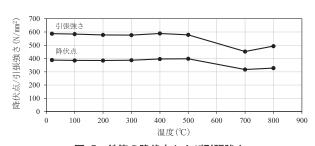


図-5 鉄筋の降伏点および引張強さ

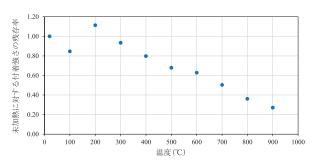


図-6 未加熱に対する付着強さの残存率

存率は低下した。

この傾向は、図-4に示すコンクリートの圧縮強度試験の結果と類似し、両試験結果の未加熱に対する各温度での残存率については、相関係数0.96と高い相関性が認められた。なお、図-5に示す鉄筋の引張試験結果では、700℃以上で耐力の低下が見られるが、付着強さ試験においてその影響は認められなかった。

火害指針に示される文献 $^{5)}$ では、未加熱に対する付着強さの残存率は、加熱温度 400 $^{\circ}$ で約 $^{0.7}$ 、 600 $^{\circ}$ で約 $^{0.1}$ とされているが、本試験結果では 400 $^{\circ}$ で $^{0.80}$ 、 600 $^{\circ}$ で $^{0.63}$ と高い値を示した。

3.5 実験①のまとめ

電気炉を用いて試験体を一様に加熱した実験では、次の知見を得た。

- ・未加熱に対する付着強さの残存率は、加熱温度 100℃で低下した後、200℃で一度上昇したが、 200℃以降は加熱温度の上昇に伴い低下した。
- ・上記の傾向は、同様の条件で加熱したコンクリート の圧縮強度の傾向と類似しており、両試験結果の未 加熱に対する各温度での残存率は、相関係数0.96 と極めて相関性が高い。

実験①では、コンクリートと鉄筋の付着強さと、加熱温度やコンクリートの圧縮強度、鉄筋の引張強度との関係を把握することができた。ただし、実火災ではコンクリート表面と内部の温度差が大きくなるなど、本実験の加熱条件との相違がコンクリートと鉄筋の付着強さに影響することが考えられる。

4. 実験②:ガス炉での片面加熱による実験

4.1 実験概要

実験②では、電気炉を用いて試験体を一様に加熱した 3章の実験に対し、より実火災に近い加熱条件を想定して ガス炉を用いた片面加熱による実験を行った。試験体の 形状および寸法を図-7に示す。H250×W800×D300mm のコンクリートにかぶり厚さ50mmとして主筋を模擬 した鉄筋 (呼び名:D25、種類の記号:SD345)を2本配置し、かぶりコンクリートの面から片面加熱した。また、実際の火害調査を想定し、加熱終了から100日前後、試験体を室内で静置した後に付着強さ試験を行い、加熱後のコンクリートと鉄筋の付着強さを確認した。

4.2 試験体

試験体の種類はコンクリート強度が2種類、加熱時間 が異なる5種類と未加熱の全12種類とし、試験体数は 各種類2体ずつの計24体とした。コンクリート強度は、 材齢 28 日で 21 N/mm² および 30 N/mm² (以下、Fc21 および Fc30 と記す)を目標とする 2 種類とした。 コンクリートの使用材料、配合および性状を表-4~表-6に示す。付着強さ試験時のコンクリートの圧縮強度は、未加熱の試験体より JIS A 1107:2012 に基づいて採取したコンクリートコアを用いて圧縮試験を実施した結果、Fc21では 33.7 N/mm²、Fc30 では 37.1 N/mm² であった。

鉄筋は、付着強さ試験に供するため、コンクリートの両端部から2d(d: 鉄筋の呼び径)ずつ非付着区間を設け、付着長さを $200\,\mathrm{mm}$ とした。なお、鉄筋のかぶり

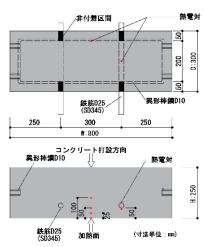


図-7 試験体の形状および寸法 (実験②)

表-4 コンクリートの使用材料(実験②)

材料	品種(物性)
7K	回収水(スラッジ水)・地下水
セメント	普通ポルトランドセメント (密度: 3.16 g/cm³)
細骨材1	京都府亀岡市砕砂
和門刊刊	(表乾密度: 2.65 g/cm³, 粗粒率: 2.85)
細骨材2	大分県津久見市石灰砕砂
州田村2	(表乾密度: 2.85 g/cm³, 粗粒率: 2.85)
粗骨材	京都府亀岡市砕石
相 月 77	(表乾密度: 2.68 g/cm³,実績率: 58%)
混和剤	AE減水剤 標準型

表-5 コンクリートの配合(実験②)

種類	W/C	s/a		単位量(kg/m³)				
俚炽	(%)	(%)	水	セメント	細骨材1	細骨材2	粗骨材	混和剤
Fc21	63	47.4	175	278	610	263	967	2.78
Fc30	50	46.5	170	340	586	252	970	2.35

注) W/C: 水セメント比, s/a: 細骨材率

表-6 コンクリートの性状 (実験②)

項目	種類	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 ^{注)} (N/mm²)
実測値	Fc21	13.5	5.1	26.4
夫側胆	Fc30	13.0	5.9	33.3

注) 28日標準水中養生した供試体の圧縮強度を示す。

厚さは、日本建築学会「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」⁶ に示すかぶり厚さ40 mm に、せん断補強筋の配筋を考慮して10 mm を加えた50 mm とした。試験体内には、運搬時などに試験体の崩壊を防止する目的で異形棒鋼(呼び名:D10)を配置した。

加熱に供した各種類2体の試験体のうち1体には、加熱実験時にコンクリートと鉄筋の温度を測定するため、コンクリートの加熱面と加熱面から25mm、50mm、100mmの深さに、また、2本の内の1本の鉄筋には加熱面側と非加熱面側に、熱電対(K型)を設置した。

試験体はコンクリート打込みから7日後に型枠を取外 し、加熱実験まで室内で静置した。

4.3 実験方法

4.3.1 加熱実験

加熱実験には図-8に示すガス炉を使用した。加熱面は 鉄筋のかぶり厚さ50mmとなるW800×D300mmの面 とし、図-8に示すようにガス炉の上部に、同一種類の試 験体2体を設置した。なお、炉内温度は、試験体から 100mmの位置の炉内に設置された熱電対により測定した。 加熱実験は、コンクリートの材齢120日前後で実施した。

加熱は、ISO834に規定する標準加熱曲線に沿って炉内温度を上昇させ、所定の加熱時間に達した後、終了した。加熱終了後、直ちに試験体を炉外に取り出し、室温になるまで放冷した。なお、試験体の温度測定は、加熱開始からコンクリートおよび鉄筋のすべての測定位置で最高到達温度を確認するまで行った。

加熱時間は、火害の程度に変化をつけるため、30分、60分、90分、120分および180分とし、未加熱の試験体を加えた6水準を加熱条件とした。

4. 3. 2 コンクリートと鉄筋の付着強さ試験

付着強さ試験の試験装置を図-9に示す。試験は、変換カプラー、ボルトおよび球座を介して油圧ジャッキにより鉄筋に引張力を与える方法で行った。載荷履歴は、単調漸増載荷とし、測定項目は、鉄筋の引張力および抜け出し量とした。なお、付着強さ試験においては、各条件の試験体に設けた鉄筋4本のうち、3本を試験対象とし、以降、鉄筋1本を1体の試験体として称する。

4.4 実験結果

4. 4. 1 加熱実験

ー例としてFc 21の加熱時間 180分の炉内温度、コンクリート温度および鉄筋温度を**図-10**に示す。

同図より、標準加熱曲線に沿って炉内温度を制御できており、各測定点の最高到達温度を確認することができた。

熱電対を設置した試験体のコンクリートの最高到達温度の一覧を表-7に示す。同表より、加熱後の試験体は、それぞれ加熱時間に応じた火害を受けていることを確認

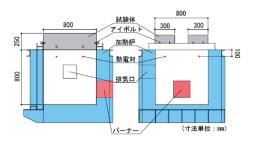


図-8 ガス炉と試験体の設置状況

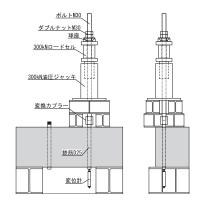


図-9 付着強さ試験装置

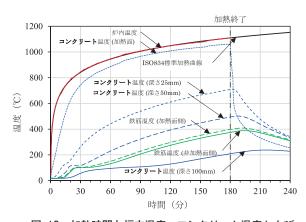


図-10 加熱時間と炉内温度、コンクリート温度および 鉄筋温度との関係(Fc21、加熱時間180分)

表-7 コンクリートの最高到達温度

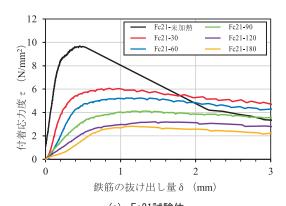
£15-1627	加熱時間		コンクリート温度(℃)					
種類	(分)	加熱面	25mm	50mm	100mm			
	30	659	258	187	84			
	60	830	482	294	106			
Fc21	90	967	551	339	146			
	120	1012	668	419	169			
	180	1061	711	502	237			
	30	690	266	143	79			
	60	868	460	248	110			
Fc30	90	978	574	349	154			
	120	944	665	400	164			
	180	1044	718	510	248			

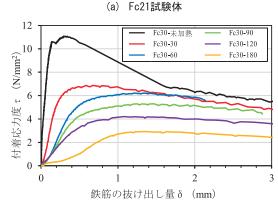
した。なお、鉄筋温度の測定結果については、電気炉を 用いた実験①との比較のため、5章で詳述する。

4.4.2 コンクリートと鉄筋の付着強さ試験

鉄筋の付着応力度 τ と抜け出し量 δ の関係を図-11に、各試験体の τ =2N/mm² 時の鉄筋の抜け出し量および付着強さを表-8に、破壊状況の一例を写真-2に示す。ここに、付着応力度 τ は、鉄筋付着長さにおける平均付着応力度、付着強さ τ max は最大付着応力度、図-11 は各試験体3体のうち、付着強さが一番大きかった試験体、表-8 は各3体の平均値を示す。

図-11に示すように、未加熱の試験体では $\tau = 2 \text{ N/mm}^2$ 程度の応力が作用してから鉄筋が抜け始めているのに対し、加熱後の試験体では、加熱時間に関わらず全ての試験体で載荷初期から鉄筋の抜け出しが生じている。また、





(b) Fc30試験体 図-11 鉄筋の付着応力度 τ と鉄筋の抜け出し量δの関係

表-8 各試験体のτ=2N/mm²時の鉄筋の抜け出し量と付着強さ

試験体記号	τ =2N/mm ² 時の鉄筋の 抜け出し量 δ (mm)	付着 強さ _{で max} (N/mm ²)	試験体記号	τ =2N/mm ² 時の鉄筋の 抜け出し量 δ (mm)	付着 強さ _{τ max} (N/mm ²)
Fc21-未加熱	0.04	9.36	Fc30-未加熱	0.00	10.9
Fc21-30	0.15	5.34	Fc30-30	0.10	6.57
Fc21-60	0.27	4.70	Fc30-60	0.16	5.94
Fc21-90	0.34	3.83	Fc30-90	0.24	4.85
Fc21-120	0.44	3.09	Fc30-120	0.35	3.64
Fc21-180	0.67	2.63	Fc30-180	0.58	2.86





写真-2 破壊状況の一例

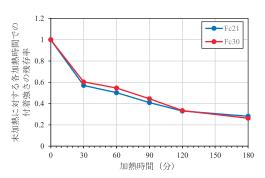


図-12 未加熱に対する各加熱時間での付着強さの残存率

図-11 および表-8 に示すように、初期の剛性は $\tau = 2 \text{N/mm}^2$ 時では鉄筋抜け出し量が $0.00 \sim 0.67 \text{mm}$ 、付着強さは $2.63 \sim 10.9 \text{N/mm}^2$ となっており、加熱時間が長くなるほど初期剛性、付着強さともに低下する結果となった。破壊形式は、写真-2 に示すようにすべての試験体で鉄筋に沿った付着割裂破壊となった。

本実験における付着強さの残存率と加熱時間との関係 を図-12に示す。なお、同図は各3体の平均値を示す。

未加熱に対する各加熱時間での付着強さの残存率は、30分で0.6、60分では0.5、180分では0.3程度まで低下しており、加熱時間が長くなるほど、残存率は低下する結果となった。

4.5 実験②のまとめ

ガス炉を用いて試験体を片面加熱した実験では、次の知見を得た。

- ・加熱した試験体では、載荷初期から鉄筋の抜け出し が生じ、初期の剛性は、加熱時間が長くなるほど、 低くなった。
- ・未加熱に対する各加熱時間での付着強さの残存率は、 30分で0.6、60分では0.5、180分では0.3程度と なり、加熱時間が長くなるほど、残存率は低下する 結果となった。

実験②における付着強さの残存率については、実験① とは異なる傾向が認められた。

5. 考察

5.1 コンクリートと鉄筋の付着強さについて

本章では、実験①を「一様加熱」、実験②を「片面加熱」と記す。一様加熱と片面加熱における鉄筋の最高到達温度と付着強さの残存率の比較を図-13に示す。なお、片面加熱の試験結果のうち、一様加熱とコンクリート強度が同じFc21の結果により検討した。また、参考として火害指針に示される付着強さの残存率を併せて示す。

一様加熱では鉄筋温度100℃で付着強さが低下した後、200℃で上昇する傾向が認められたが、片面加熱では鉄筋温度の上昇に伴い、付着強さは低下した。また、一様加熱に比べて片面加熱の方が付着強さの残存率の低下の程度も大きく、残存率は、鉄筋温度100℃前後では一様加熱で0.85に対して片面加熱では0.57、400℃前後では一様加熱で0.80に対して片面加熱では0.28となった。

火害指針に示される未加熱に対する付着強さの残存率は、一様加熱によるものと考えられ、受熱温度200℃で0.75、400℃で0.7程度とされているが、本研究における片面加熱の結果は、この値よりも低くなった。

ー様加熱に比べて、片面加熱において未加熱に対する 付着強さの残存率が低下した要因としては、以下の点が 考えられる。

- ・コンクリートが加熱を受けると加熱面側と非加熱面側における温度差が生じ、熱応力が発生するが、片面加熱では一様加熱に比べて熱応力が大きく、ひび割れが生じやすい。そのため、加熱面側に生じたひび割れなどが付着強さに影響した可能性がある。
- ・一様加熱では加熱終了の翌日に付着強さ試験を実施 した。一方の片面加熱では実際の火害調査を想定し、 加熱終了から100日前後、試験体を室内で静置し た後に付着強さ試験を行った。そのため、静置期間 の違いが付着強さに影響した可能性が考えられる。
- ・火害指針に示される付着強さの残存率と4章の結果 との差異についても、上記2点と同様の点が影響し たと推測される。

5.2 破壊形式について

ー様加熱と片面加熱における付着強さ試験後の試験体の破壊状況の一例を**写真-3**および**写真-4**にそれぞれ示す。

ー様加熱では、鉄筋に沿って試験体側面にひび割れが 発生し、試験体小口には鉄筋位置から試験体側面への直 線状のひび割れが認められた。

片面加熱では、一様加熱と同様に鉄筋に沿ったひび割れが試験体側面に発生した。また、試験体小口では試験 体側面への直線状のひび割れに加え、サイドスプリット

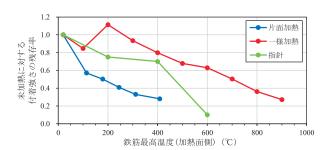


図-13 未加熱に対する付着強さの残存率と 鉄筋の最高温度の関係





写真-3 試験体の破壊状況の一例 (実験①:一様加熱)





写真-4 試験体の破壊状況の一例(実験②:片面加熱)

と呼ばれる鉄筋位置から横方向に伸びるひび割れが生じているものが多く認められた。このひび割れは、未加熱の試験体ではかぶりコンクリートの方向に斜めにひび割れが生じており、加熱した場合と未加熱の場合でひび割れの状況に違いが認められた。

ー様加熱と片面加熱においては、試験体形状やかぶり 厚さの差異に起因する破壊形式の違いも、付着強さの残 存率の差に影響したと考えられる。

6. まとめ

本研究では、電気炉を用いて一様加熱を行った場合およびガス炉を用いて片面加熱を行った場合の鉄筋コンクリート部材のコンクリートと鉄筋の付着強さについて、次の知見を得た。

・ガス炉を用いて試験体を片面加熱した場合、電気炉 を用いて試験体を一様加熱した場合に比べて火害に よるコンクリートと鉄筋の付着強さの低下が大きく なる傾向を示した。

- ・片面加熱における加熱面と非加熱面の温度差や、加熱後の試験体の静置期間が、コンクリートと鉄筋の付着強さに影響する可能性が示唆された。
- ・鉄筋のかぶり厚さが50mmの部材を模擬した試験 体では、30分以上の加熱において、コンクリート と鉄筋の付着強さが低下した。

実験①では、試験体を一様加熱した場合の付着強さの低下と、同条件で加熱したコンクリート円柱供試体の圧縮強度の低下が高い相関性を示した。しかしながら、実火災においては同一部材であっても部位ごとに加熱状況が異なり、加熱部と非加熱部の温度差の影響などが部材の性状に影響を及ぼす可能性があることが、実験②で把握できた。

つまり、コンクリートの強度低下は、付着強さへの影響を推測する判断材料とはなるが、実火災による鉄筋コンクリート部材の付着強さへの影響の評価材料とすることは困難と考えられる。

7. 今後の課題

本研究により、火災にあった鉄筋コンクリート部材におけるコンクリートと鉄筋の付着強さに関する基礎的な知見を得た。しかしながら、実際の鉄筋コンクリート部材としての付着性能を確認するためには、応力状態、部材長および配筋状況を含めた部材断面等の影響を確認することが求められる。そのため、実断面を模擬した梁部材を用い、長期応力等も考慮できる条件での実験を検討するとともに、熱影響を考慮した解析での火害による付着強さへの影響の予測の可否を検討するなど、実構造物への適用を見据えた研究計画を今後立案する必要があると考える。

【参考文献】

- 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」、2015
- 2) 日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診 断および補修指針(案)・同解説」, 1997
- 3) 阿部武雄ほか:高温度における高強度コンクリートの力学 的特性に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集第 515号, pp.163-168, 1999
- 4) 日本鋼構造協会 技術委員会 耐久性分科会 耐火委員会 高温 強度班:構造用鋼材の高温時ならびに加熱後の機械的性質, JSSC Vol.4 No.33, 1968
- 5) Schneider, U. (森永他訳): コンクリートの熱的性質, 技報堂
- 6) 日本建築学会「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」, 2021

【執筆者】







*2 新井 真 (ARAI Makoto)



*3 春畑 仁一 (HARUHATA Masakazu)



*4 大山 卓也 (OHYAMA Takuya)



*5 東翔太 (AZUMA Syota)