

X線CT法による加熱された大型供試体の劣化範囲評価に関する基礎研究

近畿大学 正会員 ○麓 隆行 群馬大学 正会員 小澤満津雄
立命館大学 正会員 内田 慎哉 八戸工業大学 正会員 迫井 裕樹
首都大学東京 正会員 大野健太郎 リック(株) 正会員 岩野 聡史

1. はじめに

コンクリートが高温加熱を受けると、劣化した箇所の耐久性の低下が懸念される。適切な対応を講じるためには、深さ方向の劣化状況を解明する手段が必要となる。本研究では、一部を加熱された大型供試体について、採取されたコア供試体を用いてX線CT法により深さ方向の劣化程度を推定し、大型供試体内部の劣化範囲を検討した。

2. 実験概要

生コン工場で製造された表-1 に示す配合の 30-18-20N のコンクリートで、長さ 1200×幅 800×厚さ 400mm の大型供試体を作製した。材齢 7 週に図-1 に示す赤色の範囲(300×300mm)以外を断熱材で覆った大型供試体の底面(打設面の対称面)を炉内に向けて設置し、炉内最高温度 700℃で加熱した。その際、図-1 の 2 カ所で深さ方向の温度を熱電対で計測した。材齢 8 週に、加熱範囲の中心を原点とした座標で、表-2 に示す位置のコア(直径 100×長さ 400mm)を採取した。

採取後、屋内にて保管したコア供試体を、材齢 11 週に X 線 CT 装置 1)にて管電圧 210kV、管電流 100μA の条件で撮影した。再構成された 3 次元画像の解像度は X,Y および Z 軸方向ともに 0.123mm であり、3 次元画像の再構成時には、ノイズの除去を目的に、隣接する pixel を平均して平滑化処理を行った。図-2 に再構成後の XY 断面画像の一例を示す。白色が骨材、灰色がペースト、そして黒色が空隙である。深さ方向に約 10mm 毎に含まれる CT 値分布 1)を算出した。

CT 値とは、空気を-1000、水を 0 とした X 線吸収度の相対値である。得られた CT 値分布には、図-3 のようにペーストの CT 値と考えられる A と、骨材の CT 値と考えられる B という 2 つの最頻値を有していた。そこで、加熱の影響が大きいペーストの代表値として、各層で A にあたる CT 値を算出した。

3. 実験結果と考察

図-4 に、図-1 に示す位置で計測された深さ方向の最高温度を示す。温度計測 1 の位置 1)では、深さ 10mm で 490℃程度であったが、深さ 30mm で 312℃、深さ 200mm では約 66℃と急激に低下した。一方で、温度計測 2 (加熱端部から 250mm)の位置では、すべて 100℃以下であり、深さ 50mm で約 63℃となった。

図-5 に深さ方向の CT 値を示す。コア採取位置が加熱範囲に近いほど、また表面から浅いほど CT 値は小さく、

キーワード：コンクリート、火害、X線CT法、CT値、コア
連絡先：〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学理工学部社会環境工学科 TEL：06-4307-3557

表-1 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法(mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad
20	53	48.8	170	321	871	945	3.21

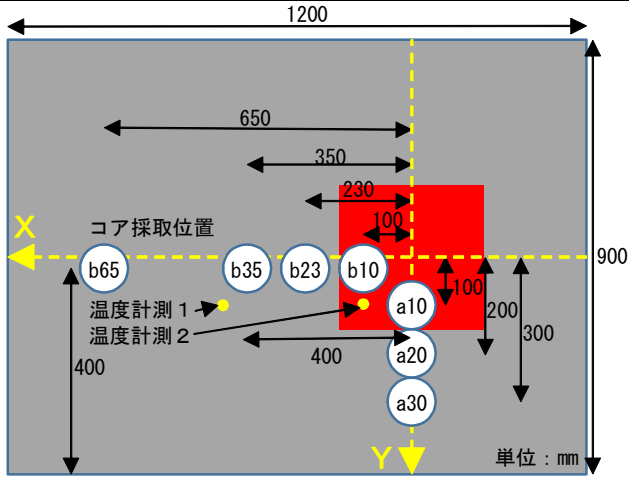


図-1 大型供試体の加熱範囲とコア採取位置

表-2 採取したコア中心位置

記号	a10	a20	a30	b10	b23	b35
X(mm)	100	200	300	400	400	400
Y(mm)	350	350	350	100	230	350

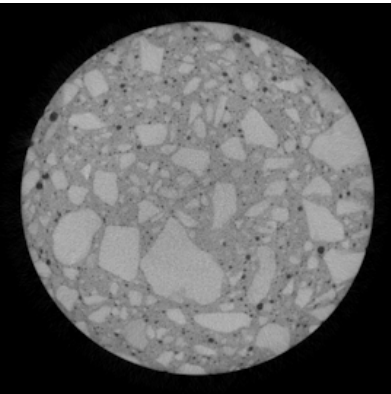


図-2 コア供試体の断面画像例

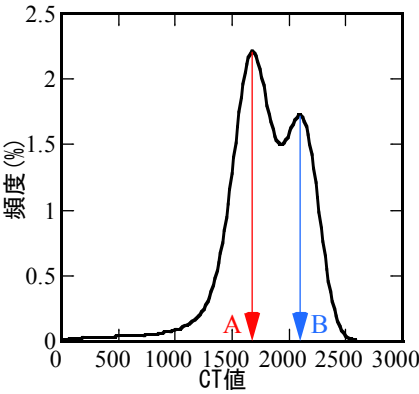


図-3 画像内のCT値分布例

150mm 以深では供試体間における差は小さくなった。

ここで、既往の研究¹⁾から CT 値の変化量は、高温によるペースト部の劣化程度を示すと考えられる。そこで、本研究では深さ方向の最大 CT 値からの変化量が各深さの劣化程度を示すと考え、各深さでの最大 CT 値からの変化量を算出した。

図-6 にコア b10, b23, b35 および b65 に関する深さ方向での CT 値の変化量は、原点から離れるほど小さくなった。コア b65 (原点から 650mm, 加熱端部から 500mm) では、ほとんど -50 以下となった。深さ方向での変動は、粗骨材最大寸法 20mm に対して、CT 値の算出厚さを 10mm としたため、骨材の局所的な配置が影響したと考えられる。一方、コア b10 (原点から 100mm, 直接加熱位置) の CT 値の変化量は、他のコアよりも大きく、深さ 170mm で -50 以下の変化量となった。図-4 を考慮すると、CT 値の変化量が -50 以下となった箇所は、約 70°C 以下で物性変化の少ない範囲と考えられ、-50 以上となった箇所は、高温による脱水や体積変化を生じた範囲と考えられる。なお、本研究で 350mm 以深の CT 値の低下は、打設状況および乾燥による低下だと考えている。

そこで、図-7 に原点からの距離と -50 以上の CT 値の変化量が生じる深さとの関係を示す。原点から 150mm までは直接加熱された範囲であり、その範囲では図-7 の X, Y 方向に関わらず、深さ約 200mm まで物性の変化があったのではないかと考えられた。一方、直接加熱されていない範囲では、原点から離れるほど物性変化があったと考えられる深さが直線的に小さくなり、原点から 400mm (加熱端部から 250mm) 以上離れると加熱の影響がほとんどなかったと考えられた。

4. まとめ

X 線 CT 法で得られた加熱の影響の小さな範囲の CT 値の最大値からの変化量により、大型供試体の深さ方向の連続的な物性変化や影響範囲を推定できる可能性が示された。本研究の条件では、直接加熱した範囲では深さ約 200mm まで物性が変化すると考えられる。一方、隣接する範囲でも加熱端部からの距離に比例して物性が変化する深さが小さくなり、加熱の影響は加熱端部から水平に 250mm まで及ぶと考えられた。

謝辞

本研究の一部は、NEXCO 東日本技術研究助成の援助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 麓隆行, 水野諭, 小澤満津雄: 加熱を受けたモルタル内部における連続的な劣化変化の推定への X 線 CT の適用性, コンクリート構造物の補修・補強・アップグレード論文報告集, Vol. 15, pp. 241-246, 2015.

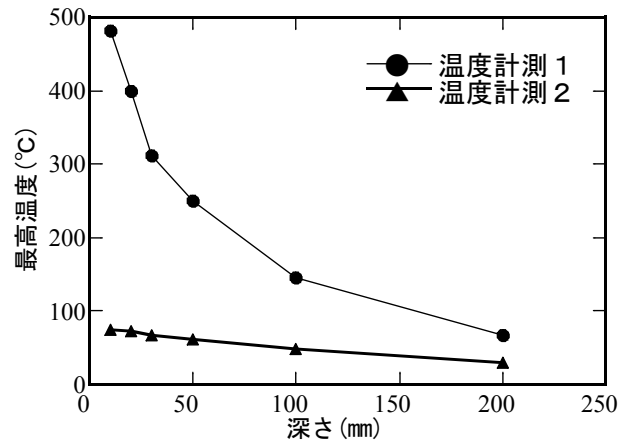


図-4 深さ方向の最高温度

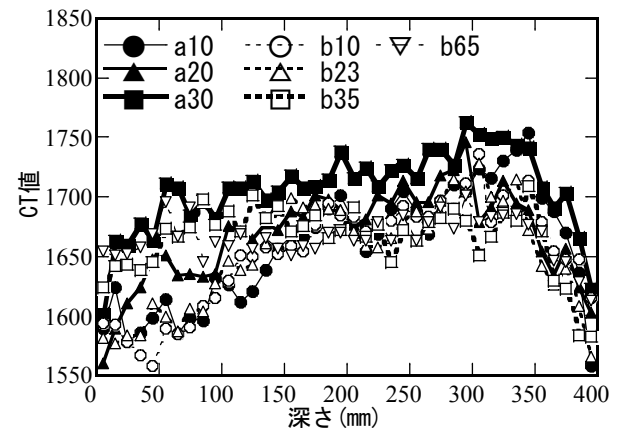


図-5 各コアの深さ方向の CT 値

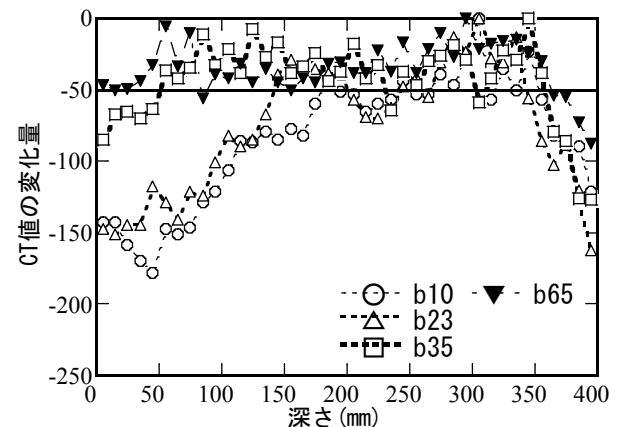


図-6 各コアの深さ方向の CT 値の変化量

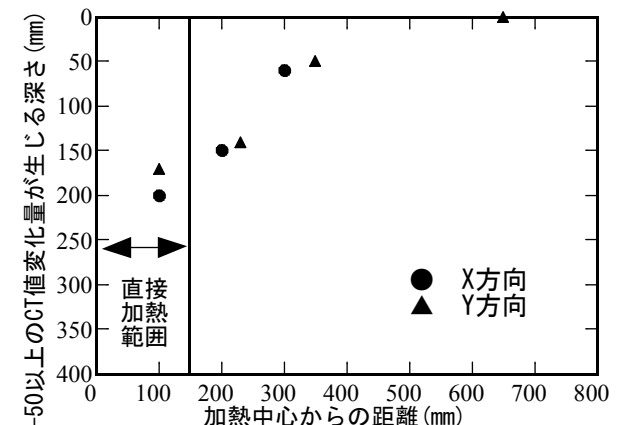


図-7 原点からの距離と -50 以上の CT 値の変化量が生じる深さとの関係