

調 査 報 告

可視画像と赤外線画像によるコンクリート建築物の調査報告

Report on Visible and Thermograph Inspection of a Concrete Building

村 瀬 豊*・魚 本 健 人**

Yutaka MURASE and Taketo UOMOTO

1. は じ め に

今までコンクリート構造物は、維持管理がしやすくメンテナンスフリーと考えられているが、近年、環境条件や施工不良等が原因となり、コンクリートの早期劣化が問題視されている。またコンクリート構造物の点検では目視検査が用いられているが、足場の設置やデータベースの作成等といった効率化や定量化といった観点では、信頼性の高い非破壊検査手法の確立が急がれている。

コンクリート構造物を破壊せず簡便に検査できる非破壊検査には、打音法や AE 法、超音波、赤外線サーモグラフィ法、レーダー法、デジタルカメラ等があるが、各検査法の原理や手法等は様々であり、信頼性の高いデータを得るために、それらを併用して試験を行う必要がある。

そこで本報告では、平成 11 年に竣工した東京大学生産技術研究所（写真 1）B、C 棟を調査対象とし、非破壊検査を用いてコンクリートの内部欠陥および表面変状調査を行った。また、今回の調査を竣工後 3 年のコンクリート躯体の表面変状としてデータベースを作成し、以後の研究の一環として長期間に渡って表面変状を記録することにより、劣化の進行状況を正確に把握することを目的とした。



写真 1 東京大学生産技術研究所 研究棟 B 棟

2. 調 査 概 要

調査対象の構造物は、東京都目黒区駒場にある東京大学生産技術研究所（以後生研とする）である。また今回は構造物の代表的な部材として壁・柱・床版を選定し、計 5 箇所について調査を行った。平面図及び調査箇所を図 1、調査箇所の一覧と測定機器を表 1、各測定機器による調査項目を表 2、撮影箇所の寸法を表 3 に示す。

調査箇所①、②、③、④に対して、デジタルカメラを用いて調査を行い、調査箇所⑤については、デジタルカメラと赤外線画像装置を用いて調査を行った。また近年行われるようになった各画像を統合した複合診断法を行った。

今回の検査は、デジタルカメラによる調査は平成 14 年の 7 月に行い、赤外線サーモグラフィ法については平成 14 年の 10 月に行った。使用したデジタルカメラと赤外線画像装置の外観を写真 2、デジタルカメラの主な撮影仕様を表 4、赤外線画像装置の主な撮影仕様を表 5 に示す。

表 1 調査箇所の一覧と測定機器

調査箇所の名称	竣工年	測定機器
① B棟隅柱	H.11	デジタルカメラ
② BC棟隅柱	H.9	デジタルカメラ
③ B棟駒場入口壁	H.11	デジタルカメラ
④ BC棟間地下床版	H.9	デジタルカメラ
⑤ B棟東南端壁	H.11	デジタルカメラ 赤外線画像装置

表 2 各測定機器における調査項目

測定機器	調査項目
デジタルカメラ	ひび割れ
	剥落
	コーロドジョイント
赤外線画像装置	エフロエッセンス
	ひび割れ
	剥離 内部欠陥

表 3 撮影箇所の寸法

撮影箇所	撮影寸法(mm)
① B棟隅柱	7400(H) × 1070(W)
② BC棟隅柱	3300(H) × 1070(W)
③ B棟駒場入口壁	3600(H) × 5000(W)
④ BC棟間地下床版	3000(D) × 4670(W)
⑤ B棟東南端壁	3200(H) × 8760(W)

表 4 デジタルカメラの仕様

デジタルカメラ	Nikon D1x
型式	レンズ交換式一眼レフレックスタイプデジタルカメラ
有効画素	5.3メガピクセル(4,024×3,324)
撮影素子	23.7×15.6mmサイズ撮像素子
記録画素	約2,000×1,312ピクセル
撮影感度	ISO 125-8000
記録媒体	CF(コンパクトフラッシュ)
レンズマウント	Nikon F マウント
本体重量	約1.1kg

表 5 赤外線画像装置の仕様

赤外線画像装置	Avio TVS-8200Mk II
測定視野角	縦13.6° × 横18.2°
測定距離	20cm以上
フレームタイム	60フレーム/秒
検出素子	インジウムアンチモン(InSb)、2次元センサ
測定波長	水平160×垂直120画素配列
検出素子冷却方式	3.8~4.6μm
測定温度範囲	スターリングクーラー方式
表示画素数	-40~1200°C
最小検出温度差	水平320×垂直240
温度測定精度	0.0025°C
	フルスケールの±0.4%または±4°C

* 芝浦工業大学

** 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

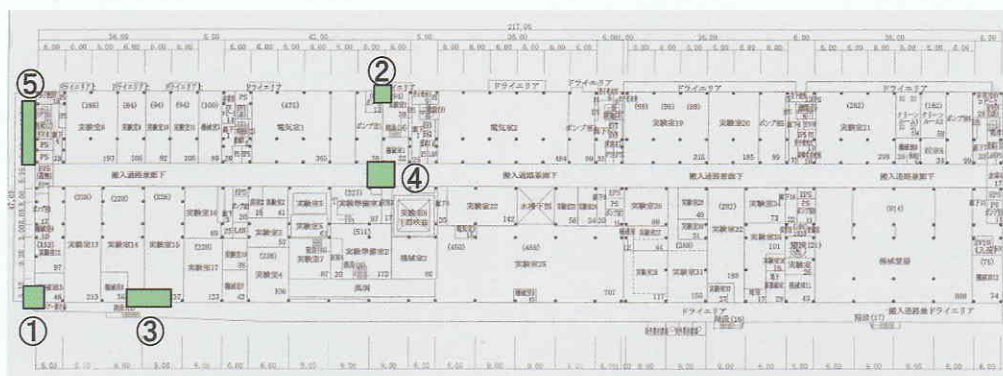


図1 東京大学駒場キャンパス生産技術研究所 研究棟地階 平面図及び調査箇所



写真2 デジタルカメラと赤外線画像装置の外観



写真3 調査箇所①の外観

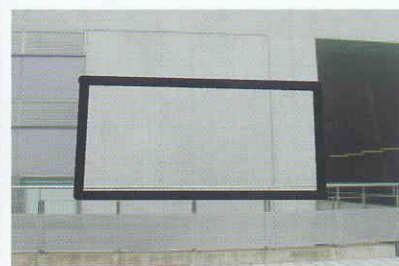


写真5 調査箇所③の外観

3. 調査結果

3.1 デジタルカメラによる調査結果

写真3～7に調査箇所①～⑤の外観，写真8～12に調査箇所①～⑤のひび割れ図，表6には写真8～12に用いた各調査箇所におけるひび割れ幅の抽出凡例を示す。

今回のデジタルカメラによる調査では，記録画素が1ピクセルに対して1mm程度の値になるように撮影を行った。これは，デジタルカメラのCCD出力は8ビット（256階調）に分解されるので，画像処理後にモニターで識別される最小ひび割れは1/10程度つまり0.1mm程度が限界になるためである。またひび割れ幅の識別には，コンクリート躯体に対する照明条件や表面の汚れやカメラの使用レンズや撮影対象に対する角度等にも大きく影響されるため，実際にクラックスケールを用いてひび割れ幅を測定してから，撮影したデジタル画像によるひび割れ幅と比較を行った。画像処理ソフトとしては（GS-1：Nikon，Photoshop：Adobe）を用いた。

今回の調査においては，当初に想定していた最小ひび割れ幅0.1mmが，分布状況や発生位置も概ね正確に識別された。また赤外線サーモグラフィ等の測定に大きな影響を及ぼすコンクリート躯体表面にある遊離石灰や汚れ等を正確に把握できた。また写真12にあるように施工不良によるコールドジョイントも確認でき，すべての調査箇所において幅0.2mm以上のひび割れを正確に表示することが出来た。



写真4 調査箇所②の外観



写真6 調査箇所④の外観

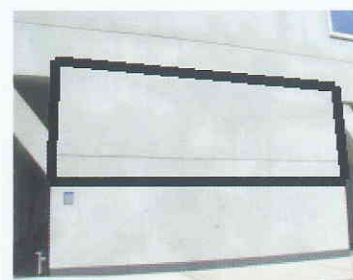


写真7 調査箇所⑤の外観

通常ひび割れ幅の測定には，ひび割れにクラックスケールを添えて測定を行わなければならないが，高架橋の床版下面等は足場の設置等で時間や経費的制約が多い。しかし，今回用いたデジタルカメラによるひび割れ調査はその必要がなく，この方法はひび割れの分布状況や発生位置やひび

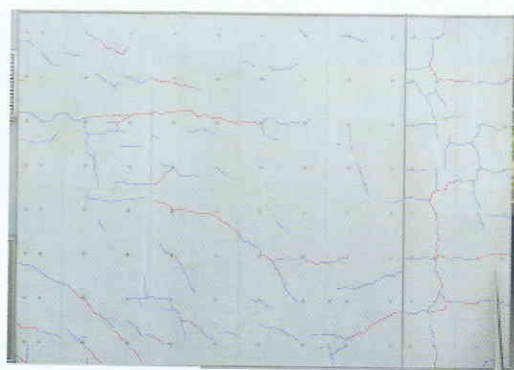
写真8
①のひび割れ図写真9
②のひび割れ図

写真10 ③のひび割れ図

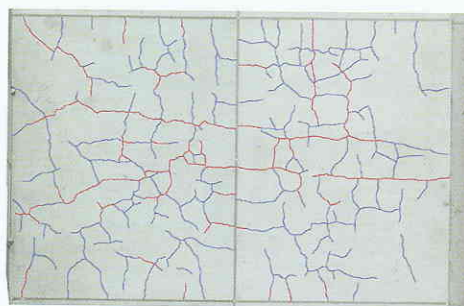


写真11 ④のひび割れ図

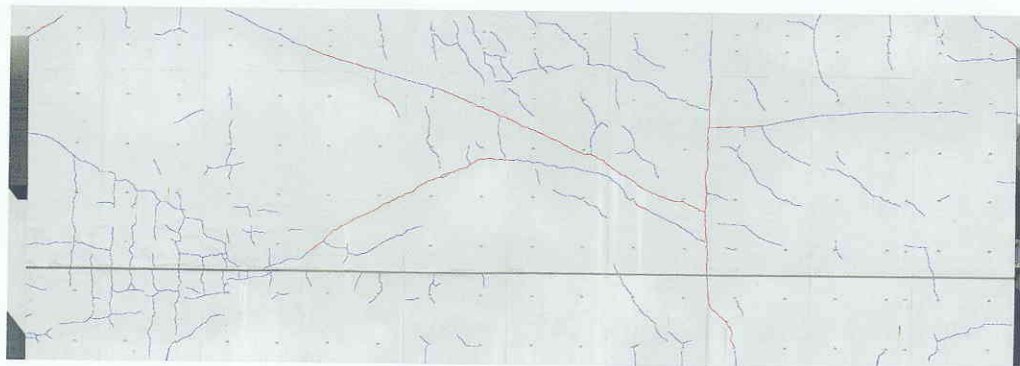


写真12 ⑤のひび割れ図

表6 各調査箇所におけるひび割れ幅色分け

調査箇所	赤線	青線
①・②・③・④	0.2mm以上	0.1mm~0.2mm
⑤	0.3mm以上	0.2mm~0.3mm

割れ幅の測定には有効であると考えられる。

3.2 デジタルカメラと赤外線サーモグラフィ法の複合診断法

写真13は調査箇所⑤のデジタルカメラによる画像、写真14は同箇所のひび割れトレース図(写真12と同じ)、写真15は写真14に赤外線画像図を重ね合わせたものである。

赤外線サーモグラフィ法の調査方法は熱源として太陽光を利用して、晴天下微風1.0m/分程度の午後1時に撮影を行った。通常日射を受ける場合、内部空隙や剥離が存在す

ると、空隙部の熱抵抗により周辺の健全部に比べて表面温度が高温域として観察される。逆に夜間では、内部欠陥部が健全部より低温域として観測される。

今回の調査においては、写真13のデジタル画像のコンクリート躯体表面の濃淡差、遊離石灰、写真左隅の目地上的コンクリートの形状が写真15の赤外線画像とほぼ一意しており、内部欠陥や剥離等はここには認められないことが明らかになった。

一般に、表面部の汚れによるコンクリート躯体の濃淡差や遊離石灰等の表面変状の影響により、内部欠陥や剥離は見えにくい。このため、打音検査を用いて事前調査を行っていれば、さらに詳細な情報が得られると考えられる。

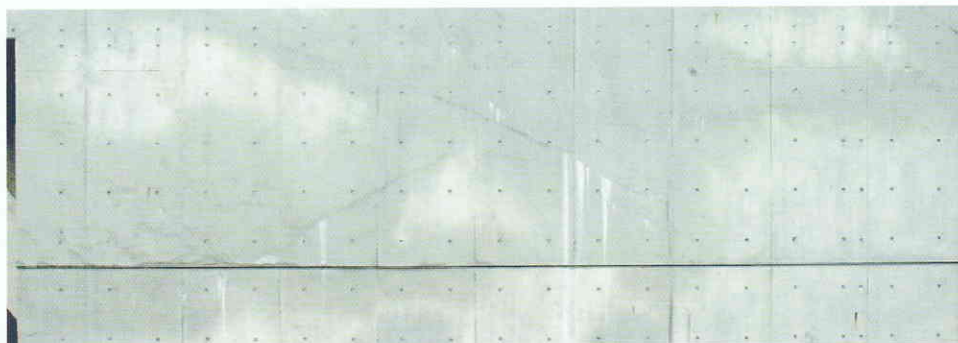


写真 13 調査箇所⑤におけるデジタルカメラによる画像

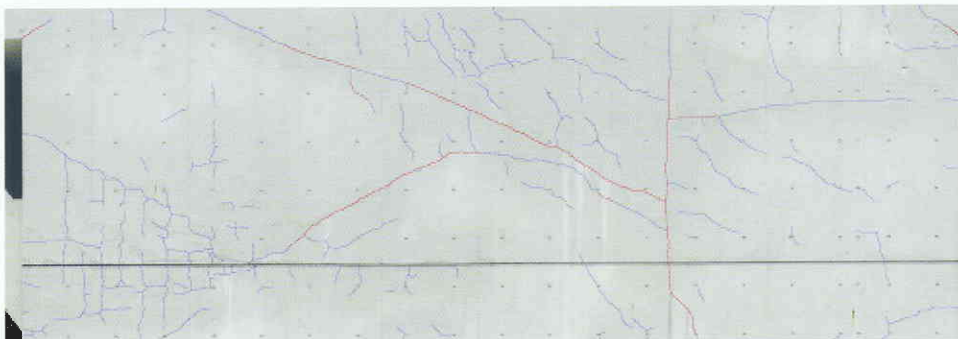


写真 14 調査箇所⑤におけるデジタルカメラによる画像のひび割れトレース図 (写真 12 と同様)

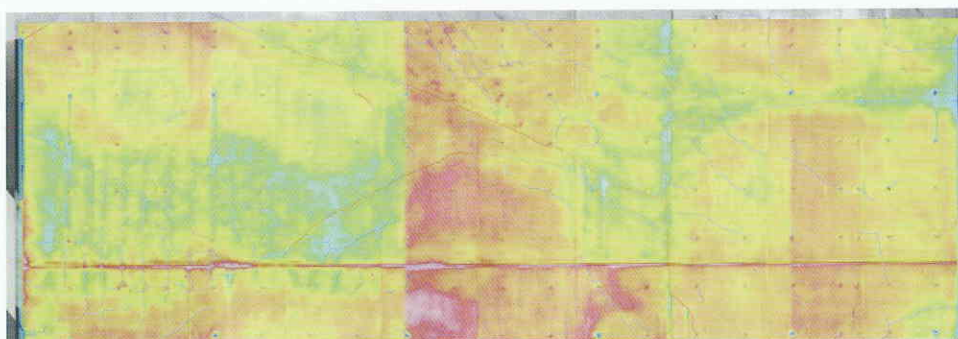


写真 15 ひび割れトレース図+赤外線画像図

4. ま と め

本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) デジタルカメラを用いた調査では、1ピクセル当たりの認識限界ひび割れ幅があり、抽出したいひび割れ幅によって撮影機材や撮影対象物との距離を変更しなければならない。
- 2) 全ての調査箇所において 0.2 mm 以上のひび割れがあり、場所によっては 0.5 mm 程度のひび割れも確認できた。
- 3) 今回の調査において赤外線サーモグラフィ法は外部情報が内部情報より、赤外線画像を取得する上で影響が大きいと考えられる。
- 4) 非破壊試験は、1つの手法で判断するよりも画像を重

ね合わせることで信頼性の高いデータとなる可能性がある。

- 5) 今回の調査を長期間に渡って行い、データベースを作成することで、さらなる劣化診断の有効な手段になると考えられる。

謝 辞

本研究は東京大学生産技術研究所魚本研究室にて行ったものであり、同研究室の皆様にご協力を頂けたことに感謝の意を表します。また、調査にあたり、技術的なご助言・ご協力を頂きました(株)三協畑野達郎氏には紙面を借りて深甚の謝意を表します。

(2002 年 11 月 21 日受理)