

立命館大学大学院理工学研究科 学生員○小林 香木

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 駒居 裕登

立命館大学理工学部

正会員 尼崎 省二

1. はじめに

コンクリートは表面あるいは内部から劣化し、内部空隙、豆板等の施工不良が構造物の劣化を促進する場合がある。本研究は、赤外線法によりコンクリート打設中に発生する豆板の探査限界、および日射のあたらない場所での硬化コンクリートの表層部近傍に存在する豆板の探査可能性を検討したものである。

2. 実験概要

型枠は内寸B 250 mm×H 400 mm×W 400 mmとし、赤外線画像撮影面のせき板に鋼製（厚さ 5 mm）あるいは合板製（厚さ 12 mm）を用いた。打設中の探査では、供試体作製用コンクリートを 5 mm ふるいでウェットスクリーニングした粗骨材をブリキ製の円筒容器に詰めたもので豆板をモデル化した（図-1 参照）。各豆板の寸法、せき板表面からの深さを表-1 に示す。赤外線画像の撮影は、打設開始時の画像を初期画像とし、各層打込み終了時と、打設終了後からは鋼製せき板の場合は 30 秒間隔、合板製せき板の場合は 1 分間隔で豆板が確認できなくなるまで計測した。なお、豆板探査可能時間は 3 層打込み終了時を基準とした。

硬化コンクリートの探査では、5 mm ふるいでウェットスクリーニングした粗骨材を所定の寸法に硬化させた後、ビニルシートで覆ったもので豆板をモデル化した（図-1 参照）。各豆板寸法および表面からの深さを表-1 に示す。コンクリート表面の温度変化は外気温の変化のみによるものとし、供試体側面の温度変化の影響をなくするため、周囲に発泡スチロール板を貼り付けた。赤外線撮影は冬季（11 月～1 月）に行い、計測は 1 時間間隔で 24 時間行った。なお、両実験とも供試体と赤外線カメラの距離は供試体全体が撮影できるように供試面から直角方向を 3 m とした。

3. 実験結果および考察

打設中における温度差画像による各供試体の豆板探査結果の一例（合板製せき板、豆板形状 $\phi 200$ mm、 $T=0$ mm）を図-2 に示す。これは、コンクリートの練上り温度 25℃、せき板温度 20℃でその差が 5.0℃ある状態で打設を行い、26 分後の熱画像と初期画像との温度差画像ではせき板表面の健全部と豆板部の温度差は 0.4℃あり、豆板探査が可能であった。

豆板探査結果を図-3 および図-4 に示す。本実験では、鋼製せき板ではせき板からの深さ $T=0$ mm で $\phi 100$ mm 以上、 $T=10$ mm 以下で $\phi 150$ mm 以上、合板せき板では $T=40$ mm 以下で $\phi 100$ mm 以上、 $T=50$ mm 以下で $\phi 200$ mm 以上の豆板が、健全部と豆板部の温度差が 0.2℃以上あり豆板の客観的な探査が可能であった。せき板の種類による探査結果の相違は、鋼板の熱伝導率が合板に比べ高く、健全部と豆板部のコンクリートの温度差がせき板を比較すると、豆板埋設深さが深くなるとともに豆板探査可能時間

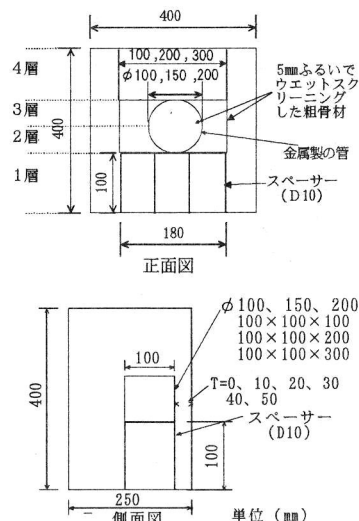
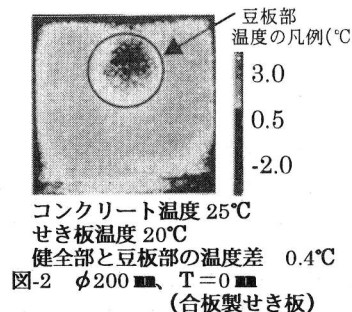


図-1 供試体の豆板の形状

豆板	打設中	硬化後
寸法 (mm)	$\phi 100$ $\phi 150$ $\phi 200$	100×100×100 100×100×200 100×100×300
型枠表面からの深さ (mm)	0 10 20 30 40 50	— 10 20 30 — —



Katsura KOBAYASHI, Hirotaka KOMAI, Shoji AMASAKI

が短くなる傾向がある。これは、豆板埋設深さが深くなるとともに、豆板とせき板の間のコンクリートと周囲の健全部コンクリートとの熱の移動が多くなりせき板に伝導しても、熱が早く拡散してせき板全体が様な温度になりやすいためと考えられる。また、豆板の大きさが同じ場合に豆板探査可能き板付近でのコンクリートの温度差が少なくなるためと考えられる。また、これらの図より豆板埋設深さが同じ場合の豆板探査可能時間は、豆板が小さくなるほど短くなる傾向がある。これは、豆板が小さくなるほどせき板と豆板の間のコンクリート量が少なくなり、両者の温度差が小さくなるためであると考えられる。なお、コンクリート温度がせき板温度より高い場合と低い場合のどちらの場合でも豆板探査は可能であった。

硬化コンクリート中にある豆板の熱画像による探査結果の一例（豆板形状 100×100×300 mm、T=10 mm、11月12日 12:00 測定）を図-5に示す。これは、健全部温度 14.8℃、豆板部温度 15.2℃でその差が 0.4℃あり、豆板探査が可能であった。

各供試体の豆板探査結果を図-6に示す。本実験では T=30 mm以下、豆板形状 100×100×100 mm以上であれば健全部と豆板部の温度差が 0.2℃以上となり、豆板が探査可能であった。図-6 から、豆板探査可能時間は 0 時、12 時前後の時間帯に多く見られる。これは、それぞれの時間帯になる前に、外気温の変化が大きい時間帯があり、その時に健全部の温度と豆板部の温度に差が生じるためであると考えられる。しかし、冬季の 0 時前の時間帯では外気温の変化が小さいことも多く、その場合は 0 時前後の豆板探査が不可能なこともあるため、この時期に行う豆板探査は 12 時前後の時間帯に行うのが望ましいと考えられる。

4. 結論

本研究では、赤外線法によるコンクリート表層部近傍の豆板評価について要約すると、以下のようである。

- 1) コンクリート打設中では、鋼製せき板の場合には、豆板埋設深さ 0 mmで $\phi 100$ mm以上、10 mm以下で $\phi 150$ mm以上、合板せき板の場合には、豆板埋設深さ 40 mm以下で $\phi 100$ mm以上、50 mm以下で $\phi 200$ mm以上の豆板探査が可能である。また、豆板形状が同じ場合、その埋設深さが深くなるほど豆板探査可能時間は短くなり、豆板埋設深さが同じ場合は豆板形状が小さくなるほど豆板探査可能時間は短くなる。
- 2) 硬化コンクリートでは、外気温のみによって供試体に温度変化を与えた場合、深さ 30 mm以下で 100×100×100 mm以上の豆板探査が可能である。また、冬季の場合の豆板探査可能時間帯は、12 時前後の時間帯である。

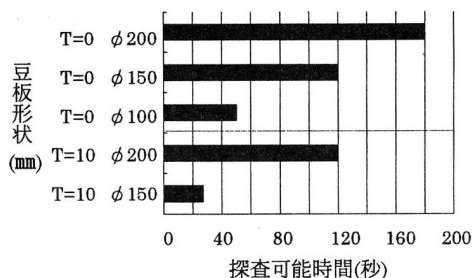


図-3 豆板探査結果(鋼製せき板)

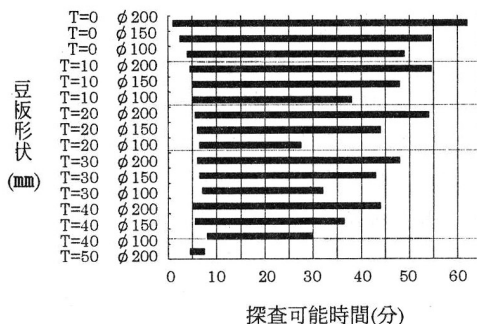
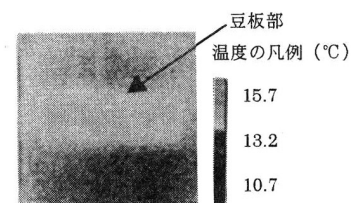


図-4 豆板探査結果(合板製せき板)



健全部 14.8℃ 豆板部 15.2℃
健全部と豆板部の温度差 0.4℃

図-5 豆板形状 100×100×300 mm
T=10 mm
(11月12日 12:00 測定)

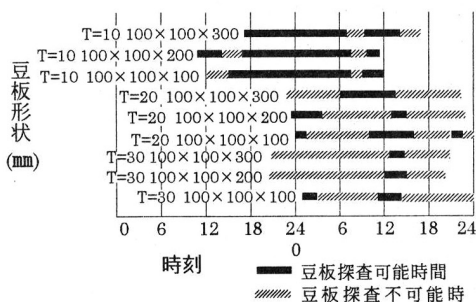


図-6 硬化コンクリートの豆板探査可能時間