

アスファルト舗装熱を利用したサーモグラフィー法による 炭素繊維シート補強床版の内部欠陥評価

日本大学 学生会員 山本 欣徳
 日本大学 正会員 柳内 睦人
 中央工学校 正会員 金光 寿一

1. はじめに

近年、道路橋床版部の補強方法としてCFSが採用され、補強後の状態を計画的かつ的確に診断する技術が求められている。その補強後の床版内部の欠陥検出法としてサーモグラフィー法を適用する場合、パッシブ法では床版下部は日陰となるため温度差が得られなかったり、アクティブ法では加熱範囲が限定されるため検出精度や足場の経費に問題を残す。そこで、本研究では、これらの問題を解決するために熱負荷時間の長いアスファルトの舗装熱の利用を提案し、CFSの積層数及び欠陥部の大きさ及びコンクリート下面からの深さを変化させてパッシブ法との比較から本手法の有効性を明らかにした。

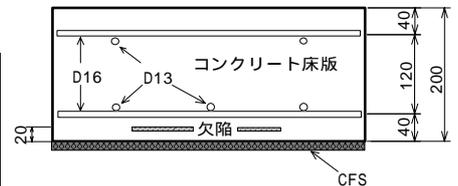
2. 実験概要

2.1 試験体及び欠陥

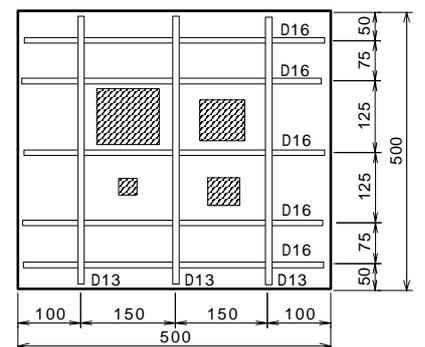
実験に供した試験体一覧を表-1に、その断面図を図-1に示す。使用したCFSはN社製(目付量 200g/m^2 、シート厚 0.111mm 、標準施工厚 0.45mm 、熱伝導率 18W/mK)で、下

表-1 試験体一覧

試験体記号	シート枚数	欠陥要因		
		深さ(mm)	大きさ	厚さ
CS0	0	20 40	30×30	5
CS1	1		50×50	
CS2	2		70×70	
CS3	3		100×100	



(a) 断面図



(b) 欠陥配置図

図-1 試験体 (CS0-20)

地処理、エポキシ樹脂プライマー処理後に1~3枚を接着樹脂で貼付けた。床版内部の空洞・空隙を想定した擬似欠陥は、発泡スチロールを加工して、コンクリート下面から20mm及び40mm(表面間寸法)の位置に設置した。なお、試験体は測定面以外からの熱の流入を遮断するため、側面には厚さ50mmの発泡スチロールを貼付けている。

2.2 アスファルト舗装

試験体への舗装は、防水工、SMA舗装及び排水性舗装の2層仕上げを想定し、繰り返して実験を行うためにISO標準砂を代用して温度管理を行った。図-2に敷設熱から得られたコンクリート上面温度を熱電対で測定した時系列変化を示す。なお、コンクリート表面には実橋梁施工で行われているエポキシ樹脂プライマー処理後に塗膜系の防水加工を施し、温度管理は砂の厚み及び砂上を断熱材で覆うことで調整している。

2.3 熱赤外線センサによる測定方法及び条件

熱赤外線センサ〔2次元非冷却マイクロポロメータ型、応答波長領域 $8.0\sim 14.0\mu\text{m}$ 、感度0.15 (30 黒体炉にて)〕による温度測定は、高さ2.0mのL形鋼で試験体を支え、測定距離1.35mの真下の位置から1層舗設直後より10分間隔で10時間連続して時系列の熱画像を得ることにした。その試験体下面の測定面は、 $500\times 500\text{mm}$ の試験体に対して $400\times 400\text{mm}$ の範囲である。

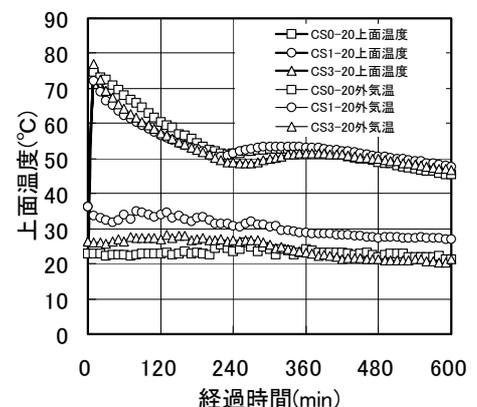


図-2 供給温度 (コンクリート上面)

キーワード：RC床版、欠陥検出、炭素繊維シート、サーモグラフィー法、舗装熱

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部 TEL047-474-2441 E-mail: yanai@civil.cit.nihon-u.ac.jp

3. 実験結果

3.1 熱画像の相違

熱赤外線センサによる温度測定は、パッシブ法では9:00から、舗装熱は12:00から10分間隔で行った。図-3はパッシブ法で得られたCS0-20の欠陥部100mmと健全部の表面温度であり、図-4は舗装熱の熱伝達から得られた健全部の表面温度である。写真-1(a)~(d)に熱画像の比較を示す。その結果、パッシブ法で得られた写真-1(a)に示すCS3-20では外気温の上昇時(12:00)から欠陥部100mmを検出できる。しかし、欠陥の深さが40mmである写真-1(b)のCS3-40では欠陥部を確認することは困難である。一方、舗装熱で得られた写真-1(c)のCS3-20では、欠陥部100mmは確実に、欠陥部70mmも誤診の危険性があるものの低温域が確認できる。また、パッシブ法では確認することが困難であった深さ40mmのCS3-40は欠陥部100mmを確実に検出することができる。

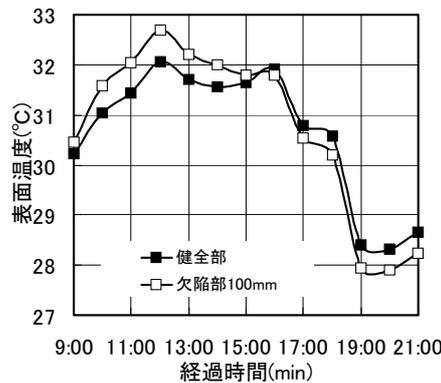


図-3 パッシブ法

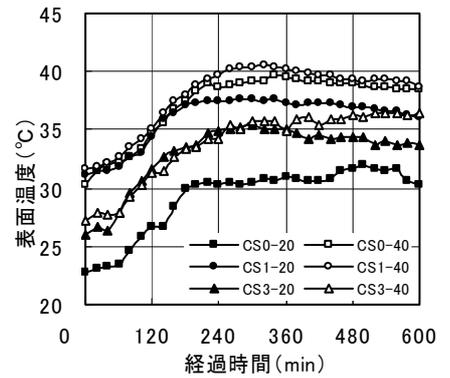


図-4 舗装熱

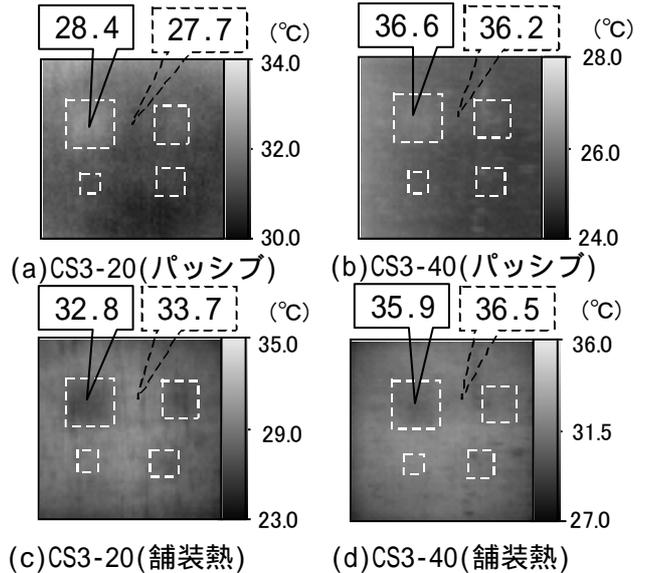


写真-1 熱画像の比較

表-2 パッシブ法及び舗装熱の測定状況

表-2 にパッシブ法の測定開始時と終了時の外気温及び舗装熱の熱伝達から得られた表面温度を示す。また、表-3には両者の各欠陥部と健全部間(欠陥部-健全

試験体記号	パッシブ測定時の外気温(°C)		舗装熱から得られた表面温度		
	開始時(9:00)	終了時(21:00)	測定開始時の表面温度(°C)	伝達開始時の表面温度(°C)	最大表面温度(°C)/経過時間(min)
CS0-20	30.9	28.7	22.2	23.4	32.0/500
CS1-20	31.6	30.0	31.1	31.9	37.7/300
CS2-20	34.4	27.2	28.5	29.6	37.8/340
CS3-20	26.4	21.5	26.1	27.8	35.4/300
CS0-40	30.8	27.8	30.2	32.2	39.6/340
CS1-40	39.3	33.3	31.6	32.7	40.6/320
CS2-40	36.2	25.6	32.5	32.9	41.1/380
CS3-40	29.9	26.4	27.2	27.9	36.5/520

表-3 欠陥部と温度差の比較

試験体記号	日射による最大温度差(°C)/舗装熱による最大温度差(°C)			
	欠陥部(mm)			
	30	50	70	100
CS0-20	0.06/-0.21	0.20/-0.5	0.38/-0.69	0.58/-1.65
CS1-20	0.00/-0.13	0.29/-0.30	0.51/-0.50	0.88/-1.18
CS2-20	0.21/0.06	0.33/-0.21	0.70/-0.51	0.96/-1.30
CS3-20	0.24/-0.04	0.33/-0.29	0.46/-0.45	0.73/-0.86
CS0-40	-0.06/-0.20	0.12/-0.28	0.30/-0.44	0.34/-0.94
CS1-40	0.01/-0.04	0.06/-0.17	0.18/-0.47	0.30/-0.80
CS2-40	0.15/-0.14	0.18/-0.19	0.27/-0.38	0.37/-0.64
CS3-40	0.12/-0.01	0.17/-0.17	0.30/-0.28	0.43/-0.59

部)の最大温度差を示す。その結果、パッシブ法では図-3に示すとおり、外気温の上昇時及び降下時に温度差が大きくなり温度差のピークは上昇時で11~13時頃、降下時で18~21時頃に得られるが、欠陥部100mmが検出できる許容時間は1時間程度と短い。一方、舗装熱では最も検出が困難であるCS3-40においても、340分~520分にかけて180分間検出が可能である。また、表-3に示す温度差では、熱画像との比較から±0.5以上を検出することが可能で、舗装熱の有効性が確認できる。

4. まとめ

- (1) 舗装熱を利用することにより、パッシブ法では検出できなかった深さ40mmに位置する欠陥が評価できた。
- (2) 最も検出が困難であるCS3-40の欠陥部100mmを340分後から180分間検出できる。