

V—18 鋼繊維補強コンクリートの温度伝導率について (その2)

北海道工業大学 正員 犬塚 雅生
 北海道工業大学 正員 堀口 敬
 北海道工業大学 学生員 ○西谷 薫

1. はじめに

本報告は、鋼繊維補強コンクリート及び普通コンクリート供試体に一定の厚さを持たせ、一次元軸方向に沿って温度差を与えた時、時間経過に応じて変化した上昇温度の分布を求め、温度分布変化から熱伝導方程式の差分型により非定常温度伝導率を算定し、これに与える諸因子の有意性を検討した。

2. 実験概要

本実験は、実験計画法に基づき、 L_{16} 直交配列表を用いて4因子2水準を使用した。 L_{16} 直交表は表-1に、因子及び水準は表-2に示す。

表-1 L_{16} 直交表

NO.	鋼繊維混入量	養生条件	セメント量	熱照射角
1	1	1	1	1
2	1	1	1	2
3	1	1	2	1
4	1	1	2	2
5	1	2	1	1
6	1	2	1	2
7	1	2	2	1
8	1	2	2	2
9	2	1	1	1
10	2	1	1	2
11	2	1	2	1
12	2	1	2	2
13	2	2	1	1
14	2	2	1	2
15	2	2	2	1
16	2	2	2	2

表-2 因子及び水準

因子	水準-1	水準-2
鋼繊維混入量 F	0 %	1 %
養生条件 E	水中養生	冷凍庫養生
単位セメント量 C	350 kg	400 kg
熱照射角 N	+90° (写真-1)	0° (写真-2)

因子2の養生条件については、1は恒温水槽(20℃±2)で28日間、2は14日間大気乾燥状態(20℃±2)で養生し、その後14日間を冷凍庫(12時間0℃, 12時間-20℃±2の1サイクル)で養生した。

配合設計は、 L_{16} 直交配列表に従って行ない、単位水量はセメント量350kgの時の水セメント比を50%とし、 $W=0.5 \times 350 = 175 \text{ kg}$ で一定とした。混和剤はAE剤をセメント量の0.04%混入し細骨材率を60%で一定とした。コンクリートの練り混ぜは、強制練りミキサーを使用して、粗骨材・細骨材・セメント・水(AE剤入り)、鋼繊維の順で、鋼繊維の前までは各回1分間の攪拌を行い、鋼繊維投入時は2分間とした。又、ファイバール防止の為20mmフルイを用いて、均等になるようにミキサーに投入した。供試体寸法は、150×150×525mmを使用し、熱電対はCC線とCN線の先端を溶接した。これを絶縁管で被服したものを、表面から6mmの間隔を8本装填した。締め固めは、突棒とコテを用いて2層で行い、最後にコテ仕上げを行った。打込み後供試体は材令1日で脱型した。

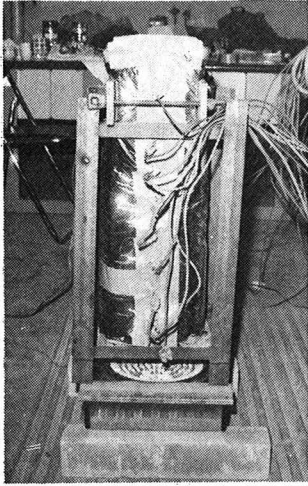


写真-1 熱照射角+90度

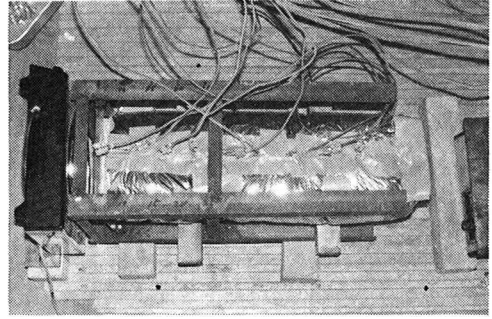


写真-2 熱照射角 0 度

写真-1は熱照射角90°、写真-2は熱照射角±0°を表わす。

変化する温度分布測定方法は、熱照射面以外のすべての面を両面アルミハク付グラスウールで断熱して、熱電対は供試体の熱照射表面に1本と供試体内部の8本で合計9本とした。9本の熱電対を各々接続端子と保償銅線で多点自動温度記録計に接続して温度を記録した、電熱器は1.2kWレンジを使用して、6時間熱照射を行なった。

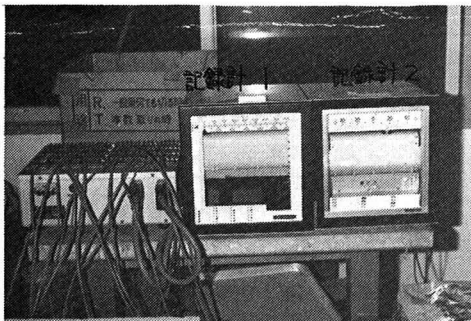


写真-3 測定器具

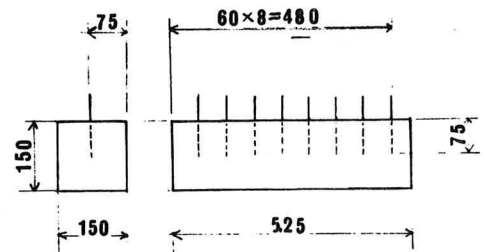


図-1 供試体形状

3. 用いた温度伝導率の算定式

$$\text{温度伝導率}(K) = \frac{(\Delta X)^2 \times \Delta \varphi_4}{(\varphi_3 - 2\varphi_4 + \varphi_5) \times \Delta t} \text{ (m}^2/\text{hr)} \quad \dots\dots (3.1)$$

但し、

ΔX : 測定間距離 (6 cm)

$\varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$: 時間 t における各測点の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

$\Delta \varphi_4$: t から $(t + \Delta t)$ まで変化した測点4の上昇温度 ($^{\circ}\text{C}$)

Δt : 単位ステップ時間 (hr)

4. 実験結果

今回の実験の結果より、(3-1)式を用いて温度伝導率を算定すると表-3のようになる。

なお温度伝導率の算定は本学のFACOM M-140を利用した。

表-4の結果を用いて、温度上昇中及び下降時の温度伝導率に関して分散分析を行った結果4-1及び4-2の如くなった。

表-3 温度伝導率測定結果

No.	供試体重量		温度伝動率	
	加熱前	加熱後	上昇時	下降時
1	26.66	26.34	29×10^{-4}	31×10^{-4}
2	26.95	26.50	27×10^{-4}	29×10^{-4}
3	26.82	26.45	26×10^{-4}	33×10^{-4}
4	26.20	25.95	23×10^{-4}	30×10^{-4}
5	26.28	26.01	33×10^{-4}	34×10^{-4}
6	26.15	25.88	25×10^{-4}	28×10^{-4}
7	26.35	26.15	31×10^{-4}	33×10^{-4}
8	26.35	26.11	24×10^{-4}	23×10^{-4}
9	26.84	26.40	32×10^{-4}	29×10^{-4}
10	27.10	26.75	34×10^{-4}	35×10^{-4}
11	27.50	26.52	38×10^{-4}	34×10^{-4}
12	27.25	26.90	25×10^{-4}	23×10^{-4}
13	25.98	25.70	30×10^{-4}	35×10^{-4}
14	26.35	26.06	30×10^{-4}	33×10^{-4}
15	27.10	26.80	31×10^{-4}	36×10^{-4}
16	26.80	26.52	29×10^{-4}	29×10^{-4}

4-1、温度上昇中の温度伝導率の分散分析

分散分析の結果、鋼繊維混入量において、F検定で5%危険率で有意となり、熱照射角において、F検定で5%危険率で有意となった。

信頼限界 $2.37 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{hr}$ (5%危険率)

表-4 温度上昇時の温度伝導率の分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方和	F値	寄与率%
F	60.07	1	60.07	6.20*	20.48
E	10.57	1	10.57	1.06	—
C	0.27	1	0.27	0.03	—
N	68.90	1	68.90	6.91*	24.06
e	106.65	11	9.70		55.46

分散分析の結果、有意となったものをグラフに表わすと図-2及び図-3の如くなった。

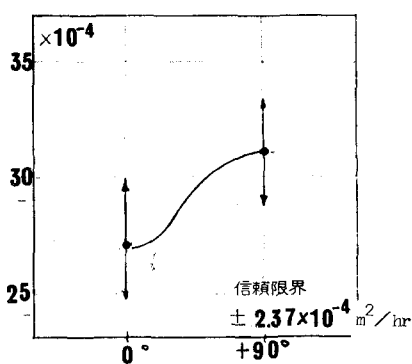


図-2 温度伝導率と熱照射角との関係

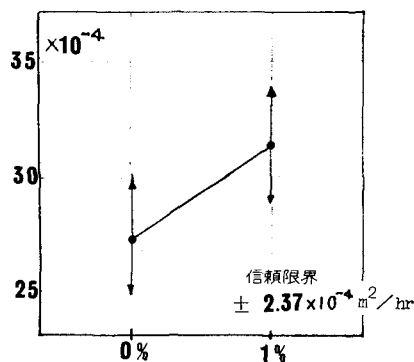


図-3 温度伝導率と鋼繊維混入量との関係

4-2、温度下降時の温度伝導率の分散分析

分散分析の結果、熱照射角においてF検定で5%危険率で有意となった。

信頼限界 $2.90 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{hr}$ (5%危険率)

表-5 温度低下時の温度伝導率の分散分析表

因子	平方和	自由度	平均平方和	P値	寄与率 %
F	10.56	1	10.56	0.86	—
E	3.06	1	3.06	0.25	—
G	10.56	1	10.56	0.86	—
N	76.56	1	76.56	6.20*	27.61
e	135.72	11	12.34		72.39

分散分析の結果有意となったものをグラフに表わすと
図-4の如くなる。

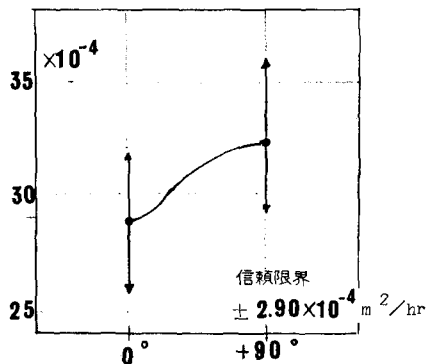


図-4 温度伝導率と熱照射角との関係

5、考察

上昇時の温度伝導率に関しては、鋼繊維混入量においてF検定で5%危険率で有意となり、熱照射角においてF検定で5%危険率で有意となった。又、温度低下時の温度伝導率に関しては、熱照射角においてF検定で5%危険率で有意となった。

温度上昇時において、1%の鋼繊維の混入は温度伝導率を普通コンクリートより約15%大きくし、又熱照射角においても約15%の違いがみられた。これは供試体内の水分の移動が関係していると考えられる。

温度低下時において、熱照射角でも約15%の違いがみられた。

養生条件の変化は、温度伝導率には影響を及ぼさないうである。

6、参考文献

- 1) 田口 玄一 実験計画法 上、下 丸善 昭和45年7月
- 2) 小林 一輔 鉄繊維補強コンクリート 土木施工 1978
- 3) 日本トンネル技術協会 SFRCに関する調査研究報告書 昭和55年3月
- 4) 犬塚、堀口ら 鉄繊維補強コンクリートの温度伝導率について 土木学会 北海道支部 論文報告集 第36号 昭和55年
- 5) R.N.Swamy and P.S.Mangat : Properties of Fiber Reinforced Concrete 1974