

V—8 炭素繊維混入コンクリートの発熱特性について

北海道工業大学 正 員 佐々木 勝男

学生員 〇田中 武志

学生員 藪 真一

1. まえがき

融雪や凍結防止が要求されるコンクリート構造物は多い。しかし、通常の硬化乾燥したコンクリートは、抵抗が大きく、通電が不可能に近い。そこで、コンクリートに良導体を混入させると、安定した良導体として通電発熱の機能を果たす。本研究はコンクリートに良導体を混入したものである。良導体として、炭素繊維、鋼繊維、コークス等を混ぜた。発熱のために通電を行ない、各混合物の伝導性と力学的性質とを実験し、発熱体としての用途となる資料を得ようとしたものである。

2. 実験概要

A. 供試体作製

供試体の大きさは、 $16\text{cm} \times 13.6\text{cm} \times 4\text{cm}$ で、型枠内に発熱体を混入させ、 2cm 端子に建築用のラス網をサンドイッチ状に設置した。曲げ強度と圧縮強度試験用の供試体型枠は $16\text{cm} \times 4\text{cm} \times 4\text{cm}$ の大きさにした。

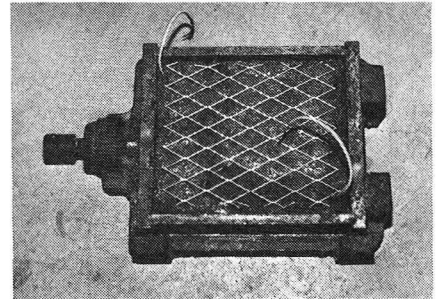


写真-1 供試体

B. コンクリート混入材料

セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。粗骨材は、 10mm ふるいを通過したもので、石狩産の川砂利(安山岩)、細骨材も石狩産の川砂を使用した。混和材として、メケルセルコースと消泡剤とを使用した。炭素繊維は、長さ 1cm にそろえたものを使用した。鋼繊維には $0.5\phi \times 30\text{mm}$ のせん断ファイバー(SF)を使用した。また、市販のコークスを 10mm 以下に砕いて骨材中に加えた。なお、それぞれの材料の比重は表-1に示す。

表-1 使用した材料の比重

	炭素繊維	SF	コークス	セメント	水	細骨材	粗骨材
比 重	1.50	7.85	1.16	3.14	1.00	2.44	2.68

C. 体積抵抗率の算定

供試体の端子間抵抗 $R(\Omega)$ を測定し、次式から各供試体の体積抵抗率 ρ_l を求める。

$$R(\Omega) = \rho_l \frac{l}{A_0}$$

l : 端子間隔 (0.02 m)

A_0 : ラス網面積 ($0.16 \times 0.136 = 0.0218\text{ m}^2$)

D. 解析法

各因子において、実験計画法の測定値を分散分析し、その因子と測定値間における影響について、有意性を判定する。これをコンピュータで行うため、独立や交互作用の因子の平均二乗和の小さいものの中から仮

誤差項を求め、各因子の仮りのF値を算定し、寄与率を求め分散分析表を作成する。

E、測定条件

コンクリートを打設した日から、一週間ごとに4回にわたって電流を流し、流し終えた直後に抵抗(Ω)を測定した。曲げ強度と圧縮強度は、二週間強度である。これらを表-2に示す。

表-2 測定条件

測定回	測定日	暴露条件	測定時間	電圧
1	7日後	常温 15.0℃	3 h	10 V
2	14日後	常温 13.0℃	3 h	10 V
3	21日後	冷却 -20.0℃	3 h	10 V
4	28日後	冷却 -20.0℃	23 h	20 V

F、配合

表-3に示すように、3水準5因子であるが実験計画法より、3水準3因子1固定因子で実験を行なった。供試体のコンクリートは、セメント、骨材、コークスを同時に混ぜ、次に水、炭素繊維、SFの順に加えた後で、手練りにより混合した。

表-3 各因子及び水準

因子 \ 水準	1	2	3
SF量 (%)	0.5	0.5	0.5
炭素繊維量 (%)	0.5	1.0	1.5
コークス量 (%)	15	20	25
W/c	40	50	60
S/a	40	50	60

3、実験結果

表-3の配合により、各測定値を分散分析した結果を表-4、表-5、表-6に示す。但し、判定(××)は、1%危険率有意水準、(×)は、5%危険率有意水準とする。寄与率の誤差は表示していない。

表-4 体積抵抗率の分析表

因子	水準 ($\Omega \cdot m$)			F 値	寄与率	判定
	1	2	3			
炭素繊維量 A	264.33	97.22	57.88	53.78	72.2	××
コークス量 B	166.89	144.11	108.33	3.87	3.1	×
W/c C	152.22	138.78	128.33	—	—	
S/a D	128.33	139.67	151.33	—	—	
交互作用 A×B				2.70	3.0	

表-5 曲げ強度の分析表

因子	水準 (kg/cm^2)			F 値	寄与率	判定
	1	2	3			
炭素繊維量 A	70.29	72.60	67.13	2.81	2.4	
コークス量 B	70.29	73.67	66.05	5.42	7.4	
W/c C	78.38	71.89	59.75	33.26	60.1	××
S/a D	70.03	71.63	68.36	—	—	
交互作用 A×C				1.68	0.6	

表-6 圧縮強度の分析表

因子	水準 (kg/cm ²)			F 値	寄与率	判定
	1	2	3			
炭素繊維量	364.44	279.26	277.48	17.87	25.5	**
ゴークス量	288.40	334.77	298.01	4.33	4.1	
W/C	366.51	315.21	239.46	29.55	43.9	**
S/a	321.06	314.06	286.07	2.48	1.1	

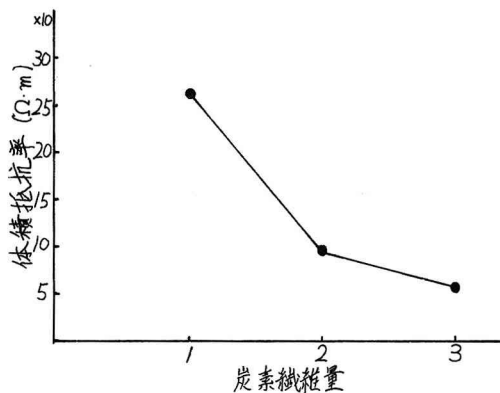


図-1 炭素繊維量の主効果グラフ

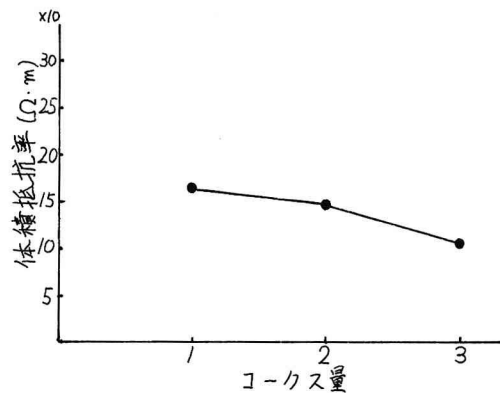


図-2 ゴークス量の主効果グラフ

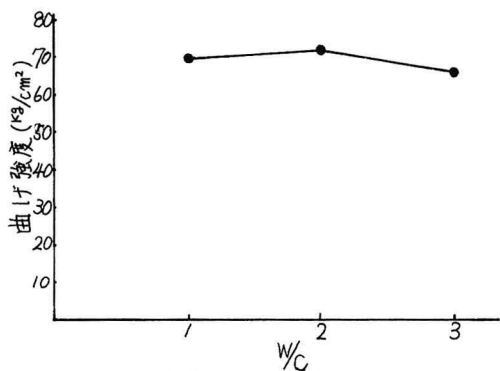


図-3 W/C の主効果グラフ

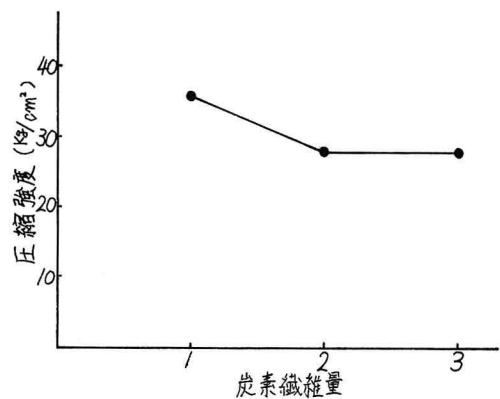


図-4 炭素繊維量の主効果グラフ

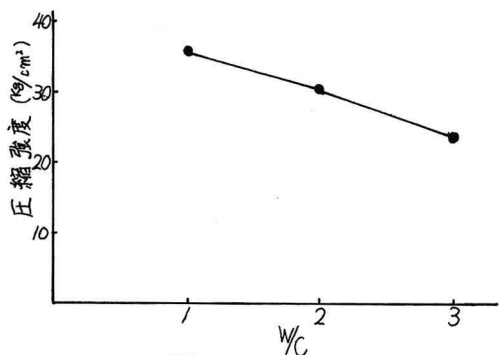


図-5 W/C の主効果グラフ

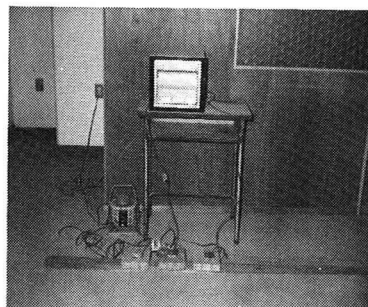


写真-2 通電中の供試体

4. 実験の考察

各測定値ごとの影響について分散分析の結果から主効果グラフを描き、以下に述べるような諸関係を導いた。

A, 体積抵抗率

伝導体の混入増加に伴い抵抗率は低下する。各因子ごとの関係は次のようである。

- (1) 混入炭素繊維量が増加すると、体積抵抗率は低下する。(図-1)
- (2) 混入コークス量が増加すると、体積抵抗率は低下する。(図-2)

表-4に見るように、混入炭素繊維量が危険率1%の有意水準を、大きく上回っている。次いで、混入コークス量も、危険率5%の有意水準を満足している。

B, 曲げ強度

- (1) 水セメント比が大きい程、曲げ強度は低下する(図-3)

表-5に見るように、水セメント比の影響が危険率1%の有意水準を満足している。一方、伝導物質混入量の因子の影響についてのいずれも、有意水準以下であり、混入による強度の低下等は見出されなかった。

C, 圧縮強度

- (1) 混入炭素繊維量が増加すると、圧縮強度は低下する。(図-4)
- (2) 水セメント比が大きい程、圧縮強度は低下する(図-5)

表-6に見るように、水セメント比と混入炭素繊維量が危険率1%の有意水準を大きく上回っている。

5. 結 論

以上の実験結果から次の結論を得た。

- (1) 混入炭素繊維量は、体積抵抗率と圧縮強度に影響するが、曲げ強度に関しては、影響が見られない。
- (2) 混入コークス量は、体積抵抗率だけに影響しているが、曲げ強度と圧縮強度に関しては、有意水準に達する程の影響は見られなかった。
- (3) 水セメント比は、曲げ強度と圧縮強度に大きく影響しているが、体積抵抗率の低下には、影響が少ない。
- (4) 細骨材比の影響は、いずれの測定結果においても、全く有意水準を満足しなかった。