

## 1. はじめに

フライアッシュはコンクリートの断熱温度上昇に有利であり、温度ひび割れが問題となるマスコンクリート構造物にしばしば用いられている。フライアッシュを用いたコンクリート(以下、フライアッシュコンクリート)の断熱温度上昇に関しては、これまでにさまざまな研究が行われている。しかしながら、1999年のフライアッシュのJIS改正により4種類に品質区分されて以来、それらを用いたコンクリートの断熱温度上昇に関する性状はほとんど明らかにされていない。そこで、本研究では、単位結合材量を270、310および350kg/m<sup>3</sup>の3水準に、フライアッシュの置換率を30%および45%の2水準に変化させて断熱温度上昇試験を行うことにより、フライアッシュ混和によるコンクリートの断熱温度上昇量低減効果についての定量的な検討を行った。

表-1 コンクリートの配合

| 種類  | 結合材量 | 置換率 | W/B  | s/a | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |       |       |     |      |          |
|-----|------|-----|------|-----|--------------------------|-------|-------|-----|------|----------|
|     |      |     |      |     | W                        | C     | FA    | S   | G    | AE剤      |
| N   | 270  | 0   | 64.8 | 45  | 175                      | 270   | 0     | 819 | 1005 | B*0.125% |
|     | 310  | 0   | 56.5 | 45  | 175                      | 310   | 0     | 810 | 993  | B*0.125% |
|     | 350  | 0   | 50.0 | 45  | 175                      | 350   | 0     | 789 | 968  | B*0.125% |
| FI  | 270  | 30  | 59.3 | 45  | 160                      | 189   | 81    | 827 | 1015 | B*0.125% |
|     | 310  | 30  | 51.6 | 45  | 160                      | 217   | 93    | 811 | 995  | B*0.125% |
|     | 310  | 45  | 51.6 | 45  | 160                      | 170.5 | 139.5 | 805 | 988  | B*0.06%  |
|     | 350  | 30  | 46.3 | 45  | 162                      | 245   | 105   | 792 | 972  | B*0.125% |
| FII | 270  | 30  | 63.0 | 45  | 170                      | 189   | 81    | 813 | 997  | B*0.125% |
|     | 310  | 30  | 54.8 | 45  | 170                      | 217   | 93    | 796 | 976  | B*0.125% |
|     | 350  | 30  | 49.1 | 45  | 172                      | 245   | 105   | 777 | 953  | B*0.125% |

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

セメント：研究用セメント，密度 3.15g/cm<sup>3</sup>

フライアッシュ：I種，密度2.41g/cm<sup>3</sup>(以下FI)およびII種，密度2.26g/cm<sup>3</sup>(同FII)

細骨材：奥多摩産砕砂，密度 2.64g/cm<sup>3</sup>，吸水率 1.16%

粗骨材：奥多摩産碎石 2005，密度 2.65g/cm<sup>3</sup>，吸水率 0.73%

混和剤：AE減水剤および空気量調整剤

配合は、空気量 5%、スランプ 8cm、コンクリートの練り上がり温度は 20℃ を目標とした。

コンクリートの配合を表-1に示す。

### 2.2 試験装置および計測

断熱温度上昇試験装置は空気循環式装置のもので、試料の中心温度を測定して、周囲に同温度の空気を循環させることにより、コンクリートを断熱状態にするものである。試験装置は、室温 20℃、相対湿度 60%の恒温室内に設置してある。断熱温度上昇の測定は、サンプリング間隔が 1 分の自動記録により行い、試料の温度上昇がほぼ認められなくなった時点で測定を終了した。

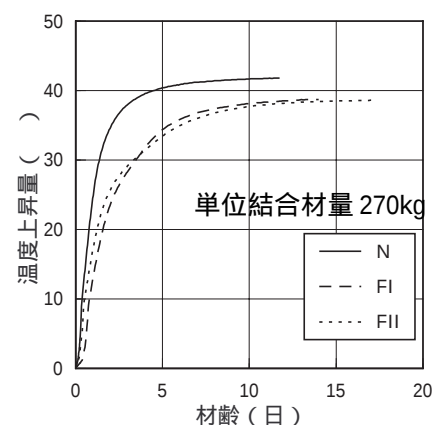


図-1 断熱温度上昇曲線

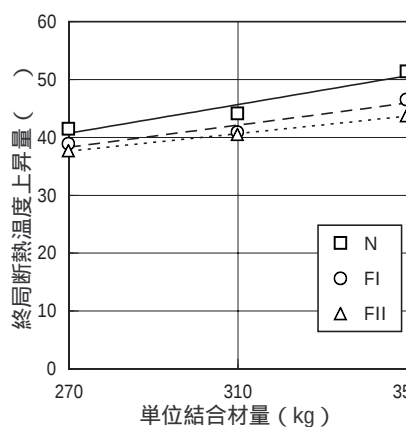


図-2 単位結合材量とQ<sub>∞</sub>の関係

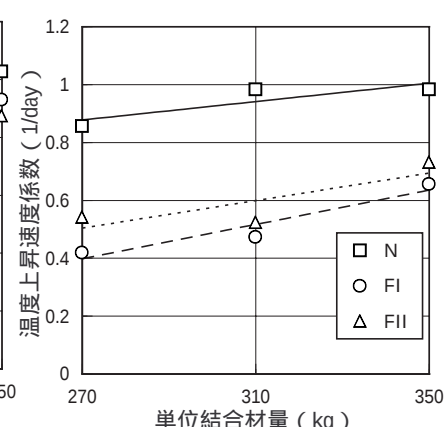


図-3 単位結合材量とγの関係

キーワード：断熱温度上昇、フライアッシュ、セメント換算係数

連絡先：〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL0426-77-1111 ext.4535

## 2.3 試験結果の表示

本研究では、RC示方書<sup>1)</sup>などで一般に用いられている式-1を使用し、実験値に基づいてシムプレックス法により終局断熱温度上昇量  $Q_{\infty}$  および温度上昇速度係数  $\gamma$  を求めた。

$$Q(t) = Q_{\infty} \{1 - \exp(-\gamma t)\} \quad \text{式-1}$$

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 配合条件の影響

#### (1) フライアッシュの種類の影響

フライアッシュの種類が断熱温度上

昇におよぼす影響を検討するため、FI と FII を用い、断熱温度上昇試験を行った。実験に用いたコンクリートは、単位結合材量が 270、310 および 350kg/m<sup>3</sup> の 3 水準、セメントに対するフライアッシュの置換率はすべて 30% である。単位結合材量が 270kg/m<sup>3</sup> のときの断熱温度上昇曲線を図-1 に、また単位結合材量と  $Q_{\infty}$  および  $\gamma$  の関係を図-2 および図-3 に示す。図から明らかな通り、発熱量は同一単位結合材量の普通コンクリートよりも低いものの、種類による差は認められなかった。

#### (2) フライアッシュの置換率の影響

フライアッシュの置換率がコンクリートの発熱に及ぼす影響を検討するため、FI を用い、単位結合材量が 310kg/m<sup>3</sup> の一定条件で、フライアッシュセメントに対する置換率を 30% および 45% の 2 水準に設定して断熱温度上昇試験を行った。結果を図-4 および図-5 に示す。図から、フライアッシュの置換率が大きいくほど、 $\gamma$ 、 $Q_{\infty}$  とともに小さくなるのが分かる。よって、単位結合材量が同一の場合、フライアッシュ置換による温度低減は、セメント量の減少に起因するものと考えることができる。

### 3.2 フライアッシュの発熱の定量化

ここでは、式-2 に示す通りセメント換算係数  $k_f$  を導入し、断熱温度上昇に対するフライアッシュの単位量をセメント量に換算することにより、フライアッシュのコンクリートの発熱に対する影響を定量的に評価することとした。

$$C + k_f F = C_{eq} \quad \text{式-2}$$

ここで、 $C$  : フライアッシュコンクリートの単位セメント量(kg)

$F$  : フライアッシュコンクリートの単位フライアッシュ量(kg)

$C_{eq}$  : 等価セメント量(kg)

フライアッシュコンクリートの  $Q_{\infty}$  と同等の発熱をする普通コンクリートの単位セメント量が  $C_{eq}$  となることから、等価セメント量  $C_{eq}$  は図-2 の普通コンクリートに関する一次式より算出可能である。以上の方法により求めたセメント換算係数を図-6 に示す。図から、フライアッシュのセメント換算係数  $k_f$  は、FI および FII とともに単位結合材量が小さい 270kg で大きな値となったが、FI では 0.6 ~ 0.7、FII では 0.55 程度であることが示された。

## 4. まとめ

(1) フライアッシュ I 種と II 種では、断熱温度上昇を低減する効果はほぼ同等であることが明らかとなった。

(2) 単位結合材量を同じにした場合、フライアッシュの置換率が大きいくほど、終局断熱温度上昇量を低減する効果がある。

(3) セメント換算係数から、フライアッシュの反応による発熱は、セメント量の 55% から 80% に相当する。

参考文献 1) 土木学会：平成 8 年度制定，コンクリート標準示方書，施工編，pp.173 ~ 193，1996.3.

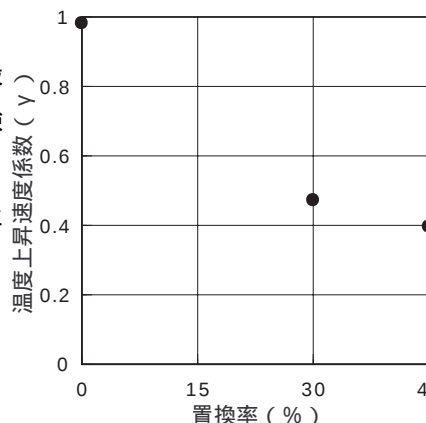


図-4 フライアッシュの置換と  $\gamma$  の関係

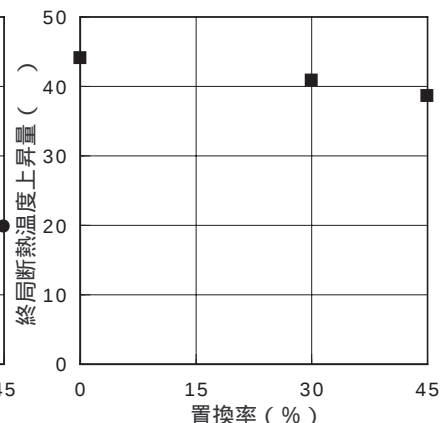


図-5 フライアッシュの置換率と  $Q_{\infty}$  の関係

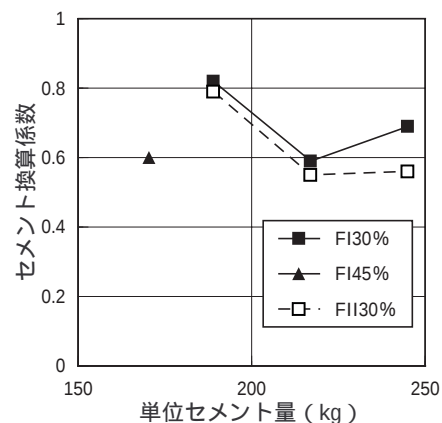


図-6 単位セメント量とセメント換算係数