

セメントミル工場内気象環境の予測解析

山口大学工学部 正会員 水田 義明
小野田セメント㈱ 熊倉 三郎
山口大学大学院 ○前田 信行

1. はじめに

平松、天野、水田らの長年にわたる研究を経て通気回路網解析システムが開発され、菱刈鉱山や豊羽鉱山などの通気設計に利用されてきた。現在、この通気回路網解析システムは鉱山の坑内空調設計だけでなく、地下空洞建設のための岩盤掘削中の通気設計などにも用いられている。本研究ではこの通気回路網解析システムに若干の改良を加え、工場内気象環境改善に資するための通気解析に応用した。すなわち、夏季において気象環境が悪化するセメントミル工場内をモデル化し、地下環境予測に用いられてきた通気回路網解析（風量、温度、湿度の同時計算）システムを適用して気象環境シミュレーションを行ない、種々の予測解析を行なった。

2. 解析方法

解析に先立ちセメントミル工場内の気象に関するデータを測定した。つぎにそれらのデータに基づいて、自動網目選択プログラムおよび地下環境予測に用いられてきた風量、温度、湿度の予測計算を行なう通気回路網解析システムを適用し、現状把握を行なった。さらに、扇風機一台増設の場合、貫入熱量低減の場合の二つの環境改善策を考え、それぞれについて風量、温度、湿度の予測計算を行なった。そして、それぞれの場合について排出熱量を求めた。求められた各節点温度や排出熱量の現状からの変化をみて、適切な環境改善策とその効果について検討した。

3. 解析モデル

本研究の対象となったセメントミル工場の寸法は $W60 \times D24.5 \times H35.1$ (m) である。地下環境予測に用いられてきた通気回路網解析システムを工場内気象の予測解析に適用するためにまず工場内空間の離散化を行なった。すなわち、工場内空間を 592 個の直方体要素に分割してその中心に節点を設け、つぎに各節点間に風道を設けた。現在 10 台の大型扇風機を用いて換気を行なっており、工場には入気口、排気口があり、工事のために壁の一部が無くなっていて外気と接している。入気口、排気口および開口部は大気によってつながっているので、解析モデルにおいては入気口、排気口および開口部は互に接続されていなければならない。そこで、工場外に一つの節点 (593) を設け、外気と工場内をつなぐ 27 本の風道の工場外節点のすべてがその節点 (593) に接続するように別に風道を設けた。

4. 解析結果および検討

現状把握のための解析においては、風量や温度などの計算値が測定値とほぼ等しくなるようにモデル化することが必要であり、このために、各風道のみかけの摩擦係数としてそれぞれ適当な値を導入する必要がある。これらの未知量を決定するために、風道の摩擦係数をいろいろ変化させ、各風道の風量、特に扇風機が設置してある排気風道の風量の計算結果が測定値に適合するときの値を各風道の摩擦係数とした。

この解析結果から得られた入気風道の流量の合計は 256.28 (kgf/s)、開風道からの入気量の合計は 87.40 (kgf/s)、総排気量は 342.59 (kgf/s) であった。総入気量 343.68 (kgf/s) と総排気量とが異なっているのは計算誤差による。各排気風量についても測定値とほぼ等しい値を示している。各節点の乾球、湿球温度は入気付近で 約 25.0°C 、約 22.5°C 、排気付近で約 40.0°C 、約 28.0°C であり排気の温度・湿度は測定値とほとんど同じである。また、他の各節点でも測定値にほぼ等しい値を示している。また入気温度は平均で 25.0°C 、排気温度は平均で 37.23°C である。風量、温度、湿度などの計算結果が測定値にほとんど等しいのでこの結果が現状を示すものとした。

各節点の乾球温度についてみると、40℃を越えている節点は四つあり、これらの節点は工場最上階の南西部に集中している。また 39℃、38℃の高温の節点もその周辺に集中している。工場上部の東側は性能の高い扇風機が設置してあるために西側より通気量が多く温度も低い。また現状把握の場合の排出熱量は 127479 (kcal/min) である。したがって、温度の高い西側上部の環境改善が特に必要である。

そこで、既存の扇風機とほぼ同じ性能を持つ扇風機を一台西側上部に増設した場合の風量、温度、湿度の予測計算を行なった。この場合の排気温度の平均は 37.03℃である。入気風道からの入気量は約 281 (kgf/s) で開風道からの入排気量は約 97 (kgf/s) であり入気量は合計で約 377 (kgf/s) と増大した（増設した扇風機を含む風道の流量は 34 kgf/s）。

表1 予測計算結果の総括

	入排気量 (kgf/s)	入気温度 (℃)	排気温度 (℃)	排出熱量 (kcal/min)
現状把握	343.24	25.00	37.23	127479
扇風機一台を増設	376.83	25.00	37.03	148320
貫入熱量の低減	343.34	25.00	36.38	123396

40℃以上あった四つの節点はそれぞれ 39.1℃、35.6℃、36.9℃、38.1℃に低下した。節点の温度変化を平均すると一つの節点で約 0.22℃下がった。温度の高い工場上部での温度変化についてみると Z=8 のレベルの節点では平均で約 -0.11℃と変化が小さいが、Z=9 のレベルの節点では平均で約 -0.27℃、Z=10 のレベルの節点では平均で約 -1.10℃であった。工場最上階南西部における平均温度変化は約 -3.22℃であった。また排出熱量は 148320 (kcal/min) であり、現状把握よりも 20841(kcal/min) の増加を示した。

表2 現状からの節点温度の変化

	節点温度の差の平均 (℃)				
比較した場所	all	Z=8	Z=9	Z=10	Z=10 南西部
扇風機一台を増設	-0.22	-0.11	-0.27	-1.09	-3.22
貫入熱量の低減	-0.21	-0.27	-0.95	-1.37	-2.04

貫入熱量を低減するなんらかの策を講じた場合の効果を予測するために貫入熱量を低減させて予測計算を行なった。解析の方法は現状把握の場合と同じだが熱量については天井を通して工場外から貫入する熱量の一部を差引いたものとした。この場合の排気温度の平均は 36.38℃である。通気量はほとんど変化がなく、入排気量は約 343 (kgf/s) である。40℃以上あった四つの節点はそれぞれ 34.3℃、38.8℃、38.5℃、35.3℃に低下した。各節点の温度変化を平均すると一つの節点で約 0.21℃下がった。温度の高い工場上部での温度変化は Z=8、9、10 のいずれについても平均値より大きくなった。工場最上階南西部における平均温度変化は約 -2.04℃であった。また排出熱量は 123396 (kcal/min) である。

これらの結果をまとめて表1、表2に示す。

5. まとめ

これらの結果より扇風機一台増設の場合と貫入熱量低減の場合において改善策の効果が認められた。したがって、扇風機を増設するか貫入熱量を低減するかあるいはそれらの両方を行なうかすれば工場内の温度は低下すると思われる。実際の改善策を講じるかは改善の効果と改善策にかかる経費に大きく関係し、その他のさまざまな要因も考慮に入れる必要がある。