

トンネル吹付けコンクリート施工時の発生粉じんと集じん換気に関する解析的検討

○ 独立行政法人土木研究所 正会員 眞岸 徹
 独立行政法人土木研究所 正会員 石原 雅規
 独立行政法人土木研究所 正会員 大下 武志

1. はじめに

トンネル工事においては、閉鎖空間の中での発破・掘削・コンクリート吹付けなどの作業に伴い多量の粉じんが発生する。粉じん対策としては発生抑制、希釈除去、吸入防止、など様々な技術が開発されている。また、粉じん濃度の予測解析手法としては、論文1) で $k-\epsilon$ 法による乱流解析の妥当性が示されている。

本研究では、平成14年度にコンクリート吹付け作業の環境改善を研究テーマに土木研究所内に建造された模擬トンネルでの吹付け作業をモデル化し、トンネル内部の換気条件（特に集じん条件）と粉じん濃度分布との関係を把握することを目的に同手法による解析を行い、希釈除去による作業環境改善について検討を行った。

2. 解析方法の概要

①解析方法: $k-\epsilon$ 法による3次元乱流解析、
 ②吹き出し口における乱流エネルギー k (m^2/s^2) : $k=(I \cdot U)^2$ 、[ここで、 U :吹き出し風速(m/s)、 I :乱れの強さ(0.1)]、③吹き出し口における乱流エネルギー消散率 ϵ : $\epsilon(z) \cong C_i^{3/4} \cdot k^{3/2} / l$ 、[ここで、 C_i :定数0.09、 l :吹き出し口径または吹き出し口幅の0.07倍]、④解析モデル:(図-1参照)切羽付近の定位置で一定量の粉じんを発生させた状態で、換気・集じん条件を変えて各平面位置のGL+1.0mでの粉じん濃度のモニタリングを行う⑤解析メッシュ数: x 軸方向135、 y 軸方向138、 z 軸方向87の合計1620810メッシュ、⑥粉じん発生量:60mg/sec、⑦粉じん粒径:5 μm (沈降速度0.18cm/sec)、⑧解析ステップ:以下のSTEPで解析する。(STEP1:トンネル内換気のみでの定

表-1 解析ケース及び解析パラメータ

ケース名	検討項目	送気風管口位置			送気		集じん		粉じん		局所集じん	
		Lx	Ly	Lz	流量Qi	位置	流量Qo	発生源	発生源との	位置	相対位置	
a-001	基本	50	0.75	6.7	1500	70	0	Z+発生	—	—	—	—
b-001	流量	50	0.75	6.7	1000	70	0	Z+発生	—	—	—	—
c-001	集じん基本	50	0.75	6.7	1500	70	1800	Z+発生	—	—	—	—
e-002	集じん流量	50	0.75	6.7	1000	70	1200	Z+発生	—	—	—	—
e-003	集じん流量	50	0.75	6.7	1500	70	1500	Z+発生	—	—	—	—
e-004	集じん流量	50	0.75	6.7	1500	70	2000	Z+発生	—	—	—	—
e-005	集じん位置	50	0.75	6.7	1500	30	1800	Z+発生	—	—	—	—
e-006	集じん位置	50	0.75	6.7	1500	50	1800	Z+発生	—	—	—	—
d-001	局所集じん	50	0.75	6.7	1500	70	0	Z+発生	x+側	100	—	—
d-002	局所集じん	50	0.75	6.7	1500	70	0	Z+発生	x-側	100	—	—

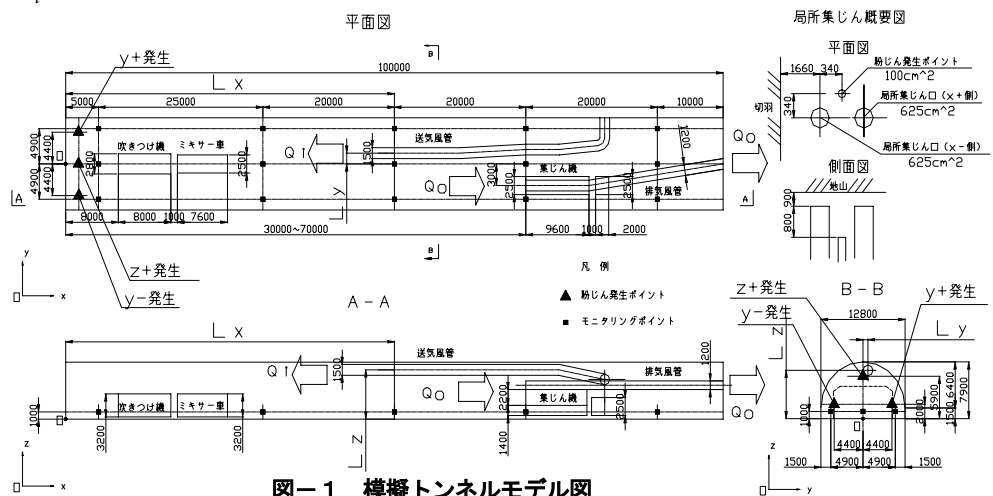


図-1 模擬トンネルモデル図

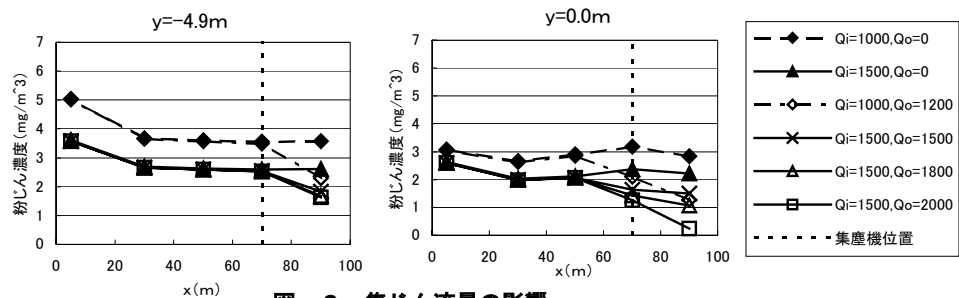


図-2 集じん流量の影響

常解析、STEP 2: 10分間粉じんを発生させた状態での非定常解析) ⑨解析ケース及び解析パラメータ: 表-1 参照。STEP 2 終了時の粉じん濃度を比較検討する。

キーワード: 吹付けコンクリート、粉じん、換気、集じん、局所集じん

連絡先 〒305-8561 茨城県つくば市南原1-6 独立行政法人 土木研究所 施工技術チーム TEL 029-879-6759 FAX 029-879-6799

3. 解析結果と考察

(1) 集じん流量の影響

集じん位置を固定し、送気流量と集じん流量を変化させた解析結果を図-2に示す。図より、切羽側の粉じん濃度は集じん流量に影響されず送気流量により決定され、集じん流量の増加は、集じん位置より切羽側の環境改善にはさほど有効ではないが、集じん位置より坑口側の環境改善には効果があることが解る。また、集じん位置より前方の環境改善効果はトンネル側部では確認できないが、トンネル中央部では集じん機より前方20m以下の範囲でその効果が確認できる。これは図-3に示すようにトンネル中央部の流速が側部に比べて小さいため、集じん流量に比べ粉じんの供給量が少ないことが原因と考えられる。

(2) 集じん位置（x軸方向）の影響

送気流量と集じん流量を固定し、集じん位置を変化させた解析結果を図-3に示す。5m、30m地点のピークカット、50mより坑口側の粉じん濃度低減の状況から、粉じん濃度低減効果が最も顕著なのは集じん位置50mの場合である。一般に集じん位置が切羽に近い方が集じん効果が高いと言われるが、本モデルの場合トンネル中央（ $x=8.0\text{m}\sim 24.6\text{m}$ ）に位置する施工機械の影響で30m地点での流速が大きく、集じん機側部から後方に逃げる粉じん量が多いことがその原因と考えられる。集じん機設置位置の決定には、坑内流速分布の把握が重要と考えられる。

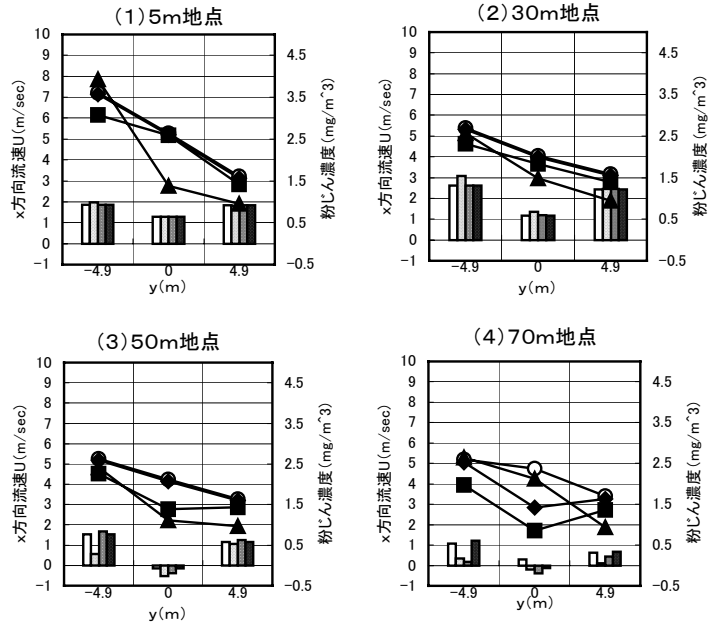
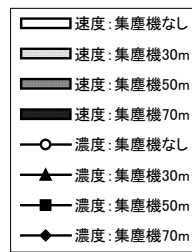


図-3 集じん位置の影響（x軸方向）

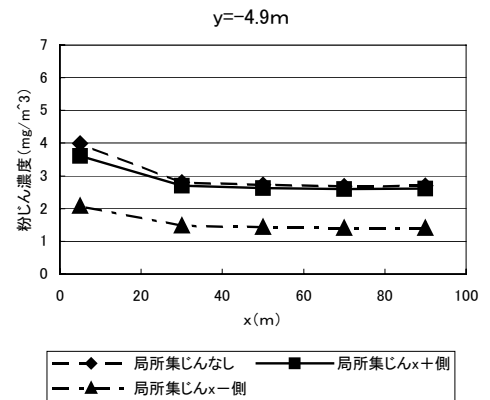


図-4 局所集じんの影響

(2) 局所集じんの影響

粉じん発生源近傍に局所集じん吸い込み口を設置して、その効果について解析した結果を図-4に示す。局所集じんの吸い込み風管の位置が妥当であれば、環境改善効果が大きいことがわかる。しかし、実施工では吹付けノズルの位置により風向が変化することやノズルが常に移動していることの影響により、吸い込み口をノズルに固定した構造では効果が減少すると考えられる。

4. まとめ

①集じん機運転時においても切羽側の粉じん濃度は送気流量により決定される。②集じん機流量の増加による環境改善効果は、集じん機より切羽側では局部的であるが、坑口側では有効である。③流速に関連し、粉じん低減効率の高い集じん機の位置が存在する。④局所集じんは、粉じん濃度低減に有効である。

参考文献

- 1) 木川田ほか：数値解析を用いた工事中トンネル切羽付近の粉じん濃度予測、土木学会第42回年次学術講演会 昭和62年9月
- 2) 古内ほか：掘削中トンネルの切羽近傍の気流と粉じん濃度の解析、土木学会第55回年次学術講演会 平成12年9月
- 3) (財)先端建設技術センター：建設工事における粉じん対策技術の検討業務 報告書 平成13年3月
- 4) 建設業労働災害防止協会：改訂 ずい道等建設工事における換気技術指針《設計及び粉じん等の測定》 平成14年3月