

建設省土木研究所 正会員 堀内 浩三郎

今日 敝

1 まえがき

道路トンネルは、トンネル通行者の安全に環境を確保するために換気、照明、非常用施設などの各種の設備が設けられている。最近、トンネルの長大化に伴って、特に換気設備費の規模が大きくなり、建設費及び維持管理費に多額の費用を要するようになってきているため、設備の経費化は重要な問題である。このため省エネルギー的な観点から長大トンネルの換気方式に車道の空間を用いてトンネル軸方向に換気を行う縦流換気方式の採用が検討されているために、縦流換気方式において火災が発生した場合の煙の挙動、熱気流(温度分布)水噴霧の効果等について十分な検討が必要である。このようなことから、模擬火災により縦流換気下での火災の状況を把握して換気設備、非常施設の設計および運用方法の検討の際の基礎資料とする目的で実験を行い解析検討を行ったので報告する。

2 実験方法

実験は、建設省土木研究所内の更大トンネル実験施設(長さ385m、断面積653 m^2 、風量300 m^3/s)を用いて図-1に示すようにトンネルの南側坑より110mの地点で8m $\times$ 2mのアルコールを燃料(小型車1台に相当する熱量)とした火皿および発煙筒によって模擬火災を発生させて送風機によって車道の風速を変化させて行った。測定項目は温度、煙濃度、風速、煙の移動状況および燃焼速度等である。温度は図に示す $T_1 \sim T_8$ の各測点において熱伝計を用いて測定(100点)を行った。煙濃度(口印)測点に煙霧透過率計を設置して測定(15点)を行った。風速は図に示す $T_5 \sim T_7$ の測点において1断面に風速計(Gill)を6台設置して測定(18点)を行った。煙の移動状況は監視によって測定を行った。燃焼速度はロードセル(4台)を1個の火皿(2m)の脚部に設置して重量によって測定を行った。また水噴霧については図に示す25m区間を使用して点火から8分経過後10分間噴霧した。

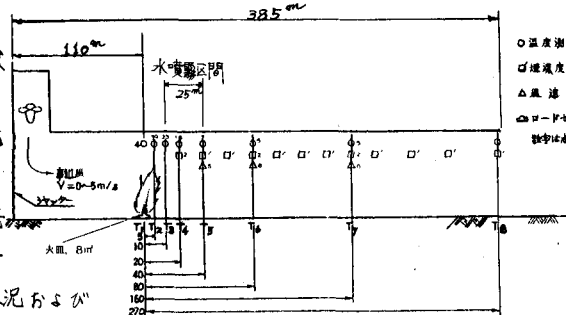


図-1 トンネル火災実験概要図

表-1 実験条件

座	燃焼物	火皿面積	風速	実験回数	水噴霧	備考
1	アルコール	8 m^2	0	2	無	
2	"	"	1	2	"	
3	"	"	3	2	"	
4	"	"	5	2	"	
5	"	"	0	1	有	
6	"	"	1	1	"	
7	"	"	2	1	"	
8	"	"	3	1	"	

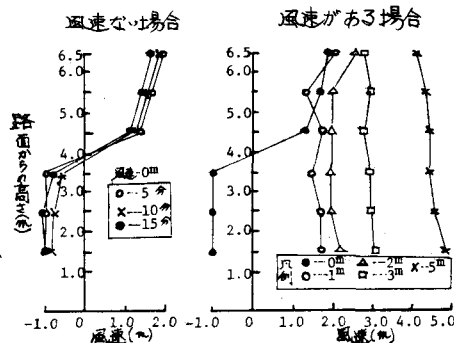
3 実験条件

実験条件は、表-1に示すように火皿面積一定(8 m^2)で風速を4段(0~5%)に変化させて12ケース(水噴霧有り4ケース無し8ケース)を行った。水噴霧量は6 kg/m^2 で行った。

4 実験結果

4.1 トンネル内風速

図-2はトンネル内風速の火災がほぼ安定する5分経過後に示す火源から40m地点の鉛直分布を示したものである。風速が0%の場合上層では熱気流が坑口方向に向かって流れる。下層では新鮮な空気が坑口より火源方向に流れて2層流が形成される境界。図-2 40m地点のトンネル鉛直方向の風速分布面は4m付近で安定している。風速が1%以上になると全断面一様な風速で坑口に向かって流れている。



4.2 トンネル内温度分布

図-3は火災がほぼ安定する5分経過後におけるトンネル縦断方向の温度分布が風速によってどのように変化するのか路面からの高さ(6m, 3m)について示したものである。路面からの6mの高さでは風速が0%の場合、火源直上が最も高温(150~170℃)火源から離れるに従って徐々に下り、坑口附近で30℃ある。風速がある場合、風速が強くなるに従って火源より5~10m地点が高温になっている。全体的には風速がある方が、ない場合に比べて10~50%低い値となり、坑口附近では風速に関係なく同じような温度になっている。また、水噴霧を行うと、風速に関係なく噴霧区間を通過する熱気流の温度が、行ないない場合に比べて20~50%低い値となるが、坑口附近では水噴霧しないのと同じような値である。高さ3mでは傾向は6mの高さとよく一致しているが、火源より20m以後は20℃以下となり坑口附近までほとんど変化はない。また水噴霧を行うと風速に関係なく噴霧区間を通過する熱気流の温度が行ないない場合に比べて20~50%低い値となり坑口附近までは行ないないのと同じような値である。同じように5分経過後におけるトンネル鉛直方向の温度分布を路面からの高さについて示したのが図-4である。5m地点では風速が0%のとき、熱気流の関係で路面より高い所が高温になっているが風速が強くなるに従って高温部分が下ってきて風速が5%の場合、路面より1.5mの所で最も高温である。80m地点では風速に関係なく路面より6.5mの所が一番高温になっている。

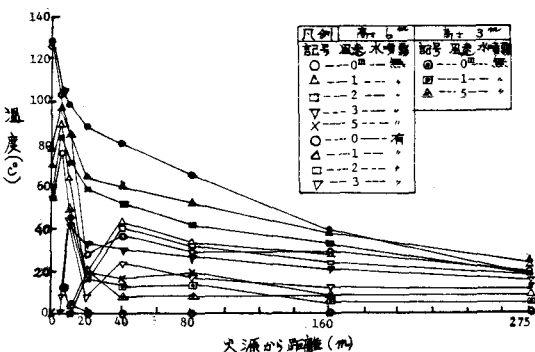


図-3 トンネル縦断方向の温度分布

図-3は火災がほぼ安定する5分経過後におけるトンネル縦断方向の温度分布が風速によってどのように変化するのか路面からの高さ(6m, 3m)について示したものである。路面からの6mの高さでは風速が0%の場合、火源直上が最も高温(150~170℃)火源から離れるに従って徐々に下り、坑口附近で30℃ある。風速がある場合、風速が強くなるに従って火源より5~10m地点が高温になっている。全体的には風速がある方が、ない場合に比べて10~50%低い値となり、坑口附近では風速に関係なく同じような温度になっている。また、水噴霧を行うと、風速に関係なく噴霧区間を通過する熱気流の温度が、行ないない場合に比べて20~50%低い値となるが、坑口附近では水噴霧しないのと同じような値である。高さ3mでは傾向は6mの高さとよく一致しているが、火源より20m以後は20℃以下となり坑口附近までほとんど変化はない。また水噴霧を行うと風速に関係なく噴霧区間を通過する熱気流の温度が行ないない場合に比べて20~50%低い値となり坑口附近までは行ないないのと同じような値である。同じように5分経過後におけるトンネル鉛直方向の温度分布を路面からの高さについて示したのが図-4である。5m地点では風速が0%のとき、熱気流の関係で路面より高い所が高温になっているが風速が強くなるに従って高温部分が下ってきて風速が5%の場合、路面より1.5mの所で最も高温である。80m地点では風速に関係なく路面より6.5mの所が一番高温になっている。

4.3 トンネル内煙濃度

火源から80m離れた地点において計測した煙霧透過率を図-5に示す。透過率は、風速がある場合、路面の高さ3mの方が6mの高さに比べて10~20%程度高い値となっている。また風速がない場合、3mの高さのほうが6mの高さに比べて10~30%の低い値となっている。水噴霧を行うと風速がある場合、高さに関係なく急激に減少していき、1.5mの高さのほうが6mの高さに比べて40~50%低い値となっている。風速がない場合、6mの高さでは、あまり影響がないようである。

5 まとめおよび今後の課題

火源にもよるが風速が熱気流よりも遅いと攪拌さへないため路面より高い所では温度が高く、透過率が悪い。低い所では温度も低く透過率も良い。風速が熱気流よりも大きいと、攪拌さへるためにトンネル全体的に温度が低くなり透過率も少下がる。また水噴霧を行うと路面からの高さおよび風速に関係なく温度は低くなるが透過率は非常に悪くなる。今後風速のコントロール等について検討し、実車(自動車)を火源とした実験を行いトンネル内の風速の変化による温度分布および煙濃度等について把握していきたいと思います。

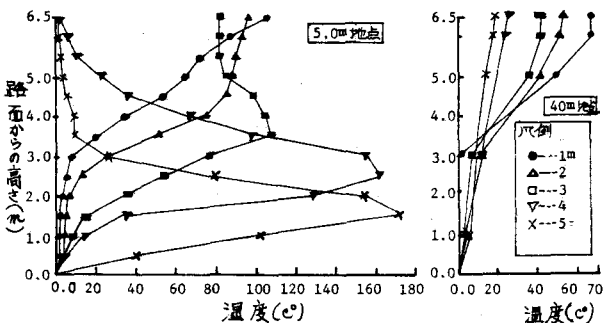


図-4 トンネル鉛直方向の温度分布

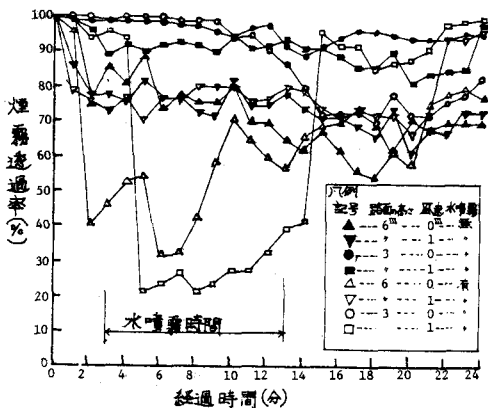


図-5 80地点の煙の濃度分布