(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B1)　(11)特許番号

特許第5410622号
(P5410622)

(45)発行日　平成26年2月5日(2014.2.5)　(24)登録日　平成25年11月15日(2013.11.15)

(51)Int.Cl.			F I		
F24F	5/00	(2006.01)	F24F	5/00	Z
F24F	6/14	(2006.01)	F24F	6/14	
F24F	1/00	(2011.01)	F24F	1/00	331
E21F	3/00	(2006.01)	E21F	3/00	

請求項の数 5　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2013-7817(P2013-7817)
(22)出願日　平成25年1月18日(2013.1.18)
審査請求日　平成25年5月20日(2013.5.20)

特許法第３０条第２項適用　ｈｔｔｐ：／／ｗｗｗ．ｓｈｕｔｏｋｏ．ｃｏ．ｊｐ／ｕｐｄａｔｅｓ／ｈ２４／ｄａｔａ／７／０７１９ｙａｍａｔｅ　ウェブサイト公開日：平成２４年７月１９日

早期審査対象出願

(73)特許権者　505389695
首都高速道路株式会社
東京都千代田区霞が関１－４－１
(73)特許権者　000233826
能美防災株式会社
東京都千代田区九段南４丁目７番３号
(73)特許権者　308031061
首都高機械メンテナンス株式会社
東京都文京区目白台三丁目２６番９号
(74)代理人　100110423
弁理士　曾我　道治
(74)代理人　100111648
弁理士　梶並　順
(74)代理人　100147566
弁理士　上田　俊一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トンネル内降温用噴霧制御システムおよびトンネル内降温用噴霧制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
半閉鎖空間であるトンネル内で、前記トンネル内の所定のミスト噴霧区間内に設置された噴霧ノズルから水をミストとして噴霧し、トンネル内を利用するドライバーの視環境を確保した上で前記トンネル内の温度上昇を抑制するトンネル内降温用噴霧制御システムであって、
前記トンネル内の空気の移動速度に相当する風速を計測する風速計と、
前記風速と前記噴霧ノズルから噴霧される単位体積あたりの噴霧量との対応関係があらかじめ規定されたテーブルを記憶する記憶部と、
前記記憶部に記憶されたテーブルに基づいて、前記風速計により計測された前記風速の大きさに応じて前記噴霧量を調整する噴霧量制御部と
を備えるトンネル内降温用噴霧制御システム。
【請求項２】
請求項１に記載のトンネル内降温用噴霧制御システムにおいて、
前記噴霧ノズルは、前記トンネル内の通行方向に対して異なる位置に設置された複数の噴霧ノズルで構成され、
前記トンネル内の温度を計測するために、前記通行方向に対して異なる位置に設置された複数の温度計をさらに備え、
前記噴霧量制御部は、各噴霧ノズルからの噴霧量を、それぞれの噴霧ノズルよりも前記通行方向に対して後方に配置された温度計により計測された温度に応じて、個別に制御す

る後方支援制御を実行する
トンネル内降温用噴霧制御システム。
【請求項３】
請求項１または２に記載のトンネル内降温用噴霧制御システムにおいて、
前記噴霧ノズルは、送気ダクト内に設けられており、
前記風速計は、前記トンネル内の前記送気ダクトの風速を計測し、
前記噴霧量制御部は、前記記憶部に記憶されたテーブルに基づいて、前記風速計により計測された前記送気ダクトの風速の大きさに応じて前記噴霧量を調整する
トンネル内降温用噴霧制御システム。
【請求項４】
請求項１から３のいずれか１項に記載のトンネル内降温用噴霧制御システムにおいて、
前記トンネル内の湿度を計測する湿度計をさらに備え、
前記噴霧量制御部は、前記湿度計により計測された前記湿度が所定値以上の場合には、前記噴霧ノズルからの噴霧を停止する
トンネル内降温用噴霧制御システム。
【請求項５】
半閉鎖空間であるトンネル内で、前記トンネル内の所定のミスト噴霧区間内に設置された噴霧ノズルから水をミストとして噴霧し、トンネル内を利用するドライバーの視環境を確保した上で前記トンネル内の温度上昇を抑制するトンネル内降温用噴霧制御方法であって、
前記トンネル内の空気の移動速度に相当する風速と前記噴霧ノズルから噴霧される単位体積あたりの噴霧量との対応関係があらかじめ規定されたテーブルを記憶部に記憶させておく記憶ステップと、
前記記憶ステップにより前記記憶部に記憶されたテーブルに基づいて、前記トンネル内に設置された風速計により計測された前記トンネル内の空気の移動速度に相当する風速の大きさに応じて前記噴霧量を調整する噴霧量制御ステップと
を備えるトンネル内降温用噴霧制御方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、トンネル内の温度上昇抑制、およびトンネル内利用者の視環境確保の両立を図るために、トンネル内に設置された計測器による計測値を基に、トンネル内に噴霧する水量を最適値に調整するトンネル内降温用噴霧制御システムおよびトンネル内降温用噴霧制御方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来技術として、建屋空間の温度低下を目的とした降温用噴霧システムが知られている（例えば、特許文献１参照）。この特許文献１によれば、効率的に作業区画内を冷却することができる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特許４９４４６７４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、従来技術には、以下のような課題がある。
特許文献１は、建屋空間における温度低下を対象としており、対象空間内の湿度に応じてミスト噴霧し、また、所定の湿度では、建物外部との換気を行う手段を備えていることを規定したものである。

【０００５】
これに対して、断続的に車両が動いており、半閉鎖空間であるトンネル内を温度低下の対象空間とする場合には、無風の建物空間を前提とする従来技術では、解決できない問題が生ずる。
【０００６】
具体的には、半閉鎖空間であるトンネル内では、長手方向に風が流れている状態である。また、トンネル利用者の視環境を確保することが重要となる。このような観点では、トンネル内の温度上昇抑制と、トンネル内利用者の視環境確保の両立を図るために、半閉鎖空間の中でのミスト噴霧に関し、無風の建物空間を対象とする場合よりも、より厳しい使用条件が必要となる。
【０００７】
本発明は、前記のような課題を解決するためになされたものであり、トンネル内の温度上昇抑制と、トンネル内利用者の視環境確保の両立を図るミスト噴霧を実現することのできるトンネル内降温用噴霧制御システムを得ることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明に係るトンネル内降温用噴霧制御システムは、半閉鎖空間であるトンネル内で、トンネル内の所定のミスト噴霧区間内に設置された噴霧ノズルから水をミストとして噴霧し、トンネル内を利用するドライバーの視環境を確保した上でトンネル内の温度上昇を抑制するトンネル内降温用噴霧制御システムであって、トンネル内の空気の移動速度に相当する風速を計測する風速計と、風速と噴霧ノズルから噴霧される単位体積あたりの噴霧量との対応関係があらかじめ規定されたテーブルを記憶する記憶部と、記憶部に記憶されたテーブルに基づいて、風速計により計測された風速の大きさに応じて噴霧量を調整する噴霧量制御部とを備えるものである。
【０００９】
また、本発明に係るトンネル内降温用噴霧制御方法は、半閉鎖空間であるトンネル内で、トンネル内の所定のミスト噴霧区間内に設置された噴霧ノズルから水をミストとして噴霧し、トンネル内を利用するドライバーの視環境を確保した上でトンネル内の温度上昇を抑制するトンネル内降温用噴霧制御方法であって、トンネル内の空気の移動速度に相当する風速と噴霧ノズルから噴霧される単位体積あたりの噴霧量との対応関係があらかじめ規定されたテーブルを記憶部に記憶させておく記憶ステップと、記憶ステップにより記憶部に記憶されたテーブルに基づいて、トンネル内に設置された風速計により計測されたトンネル内の空気の移動速度に相当する風速の大きさに応じて噴霧量を調整する噴霧量制御ステップとを備えるものである。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、トンネル内の風速に応じた噴霧量制御として、風速が大きいときには、噴霧量を増加させ、風速が小さいときには、噴霧量を減少させることにより、トンネル内の温度上昇抑制と、トンネル内利用者の視環境確保の両立を図るミスト噴霧を実現することのできるトンネル内降温用噴霧制御システムおよびトンネル内降温用噴霧制御方法を得ることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明の実施の形態１に係わるトンネル内降温用噴霧システムの全体図である。
【図２】本発明の実施の形態１におけるミスト噴霧に関連するパラメータを変更したときの測定結果をまとめたものである。
【図３】本発明の実施の形態１におけるミスト噴霧に関連するパラメータを変更したときの別の測定結果をまとめたものである。
【図４】本発明の実施の形態１において、ミスト粒径および噴霧量を変化させたときの冷却状態および視環境状態の検証結果をまとめたものである。

【図５】本発明の実施の形態１において、噴霧ノズルの設置高さを変化させたときの冷却状態および視環境状態の検証結果をまとめたものである。
【図６】本発明の実施の形態１におけるトンネル内の横流換気方式の概要図である。
【図７】本発明の実施の形態１におけるトンネル内降温用噴霧システムの制御構成図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、本発明のトンネル内降温用噴霧制御システムの好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。
本発明は、温湿度状態に加え、トンネル内の風速に応じて、トンネル内に噴霧する流量を最適値に調整することを技術的特徴としている。
【００１３】
実施の形態１．
図１は、本発明の実施の形態１に係わるトンネル内降温用噴霧システムの全体図である。より具体的には、１つの半閉鎖空間を構成するトンネル内における各機器の配置を模式的に示した説明図である。
【００１４】
図１では、通行方向が１方向のトンネルにおいて、所定のミスト噴霧区間内に、複数の噴霧ノズル１０が設けられている。また、トンネルの入口側には、風向風速計２０が設けられており、ミスト噴霧区間の前後には、温湿度計３０（１）、３０（２）が設けられている。なお、温湿度計の配置は、この図１の例に限定されず、温湿度計３０（１）、３０（２）の間に、さらに１以上の温湿度計を配置することも可能である。
【００１５】
そして、噴霧量制御部４０は、温湿度計３０（１）、３０（２）の測定結果に基づいて、複数の噴霧ノズル１０によるトンネル内への噴霧量を制御可能となっている。なお、噴霧量制御部４０は、さらに、風向風速計２０の測定結果も考慮して、複数の噴霧ノズル１０によるトンネル内への噴霧量を制御することも可能である。
【００１６】
このような構成を備えることで、本実施の形態１におけるトンネル内降温用噴霧システムは、トンネル内の所定のミスト噴霧区間に設置された複数の噴霧ノズル１０から適切な量のミストを噴霧することで、トンネル内利用者の視環境確保を図った上で、トンネル内の温度上昇抑制を実現している。そこで、次に、トンネル内利用者の視環境確保を図った上で、トンネル内の温度上昇抑制を実現するための、噴霧関連の適切なパラメータについて検討した結果をまとめて示す。
【００１７】
＜１．噴霧量の検討＞
本願発明の狙いは、夏季の高温時に、視環境確保を図った上で、閉鎖性の高い空間（半閉鎖空間であるトンネル内）の気温低下を実現することである。そして、気温低下を実現する具体的な手段として、複数の噴霧ノズル１０から空間内に微小水滴を噴霧して、水滴の蒸散時の気化熱を利用することにより、直接、空間を冷却している。
【００１８】
ここで、空間内にてどれほどの水量を気化させるかは、空間内の絶対湿度と乾球温度に支配される。一般的に、大気中の絶対湿度は、気象の変化がなければ、大きな変動はないと認識されている。
【００１９】
半閉鎖空間内に噴霧する最大の噴霧量は、以下のように決定した。
東京の過去５年の気象統計から、気温３０℃以上で絶対湿度の最も小さい事象を検索した。東京では、２００９年８月１６日１６時３０分に、最低絶対湿度が記録されている。このときの東京の最低絶対湿度は、気温３２℃、湿度２９％で、絶対湿度０．００８６３ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）であった。

【００２０】
ここで、トンネル内の気温は、交通量や換気状態により変化するが、外気温よりも大きく上昇することがある。また、絶対湿度も、排気ガス中の水分により若干上昇するが、噴霧量の算定では、無視して差し支えない。
【００２１】
加湿量（噴霧量に相当）を決める例として、ミスト噴霧設備に設計上の余裕を持たせ、絶対湿度を、東京での最低絶対湿度０．００８６３ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）よりも、さらに低下した場合を考慮して、最低絶対湿度を０．００７８９ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）として、適切な噴霧量の算定を行った。また、気温は、夏季のトンネル内の最大温度である４５℃とした。さらに、視環境確保の目安として、水噴霧した際の湿度の上限を８０％とした。
【００２２】
図２は、本発明の実施の形態１におけるミスト噴霧に関連するパラメータを変更したときの測定結果をまとめたものであり、上述した東京の最低絶対湿度を基準に、適切な噴霧量の算定を行った結果を示している。図２に示したデータは、状態（１）と状態（２）が、ペアとなっている。
【００２３】
具体的には、状態（１）から状態（２）への変化は、以下の内容を示している。
・状態（１）は、トンネル内が、絶対湿度０．００７８９ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）、乾球温度４５．０度のときに、相対湿度が１３．２％である状態を示している。
・状態（２）は、相対湿度が、状態（１）の１３．２％から、視環境確保の目安である８０％近傍の状態になる際の、加湿量を算出するとともに、その加湿量を加えたときの温度低下状態を示している。
【００２４】
すなわち、状態（１）に対して、相対湿度を８０％近傍に抑えるための加湿量は、０．０１００６ｋｇ／m^3として算出され、この加湿量を加えることで、乾球温度が４５．０℃から２５．０℃まで低下することがわかる。
【００２５】
この結果から、東京の最低絶対湿度を基準にして、噴霧量の最大値を１０ｇ／m^3とすることで、湿度の上昇を８０％程度で抑えた上で、乾球温度を３０度程度に低下させることができることがわかる。
【００２６】
以上の説明では、東京の最低絶対湿度を基準にして、適切な噴霧量を算出した。一方、ミスト噴霧は、トンネル内の気温低下のために行われる。そこで、次に、国内で最高気温記録のある熊谷、また過去の気象データの揃っている岐阜、それに東京の三都市の過去の最高気温時を基準に、最適な噴霧量の検討を行った。
【００２７】
これら三都市の過去の最高気温は、以下のようになっていた。
熊谷：２００７年８月１６日に、最高気温４０．９℃（１４時４２分）、最低湿度２８％（１４時４４分）
岐阜：２００７年８月１６日に、最高気温３９．８℃（１４時１１分）、最低湿度３３％（１４時１５分）
東京：２００４年７月２０日に、最高気温３９．５℃（１２時５８分）、最低湿度２６％（１３時３９分）
【００２８】
これらのデータから、最高気温と最低湿度の出現時刻には、大きな差はないことがわかる。これより、最高気温と最低湿度の事象が同時刻に出現したとして絶対湿度を算出すると、各都市での結果は、以下のようになる。
熊谷：絶対湿度０．０１３６７ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）
岐阜：絶対湿度０．０１５２３ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）
東京：絶対湿度０．０１１７５ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）

従って、このデータの中では、東京の絶対湿度が最も低い。

【００２９】

図３は、本発明の実施の形態１におけるミスト噴霧に関連するパラメータを変更したときの別の測定結果をまとめたものであり、上述した東京の最高気温を基準に、適切な噴霧量の算定を行った結果を示している。図３に示したデータのうち、状態（１）と状態（２）、状態（３）と状態（４）、状態（５）と状態（６）が、それぞれペアとなっている。

【００３０】

具体的には、状態（１）から状態（２）への変化は、以下の内容を示している。

・状態（１）は、トンネル内が、東京での過去の最高気温の状態に相当する、絶対湿度０．０１１７５ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）、乾球温度３９．５度のときに、相対湿度が２６．０％である状態を示している。

・状態（２）は、相対湿度が、状態（１）の２６．０％から、視環境確保の目安である８０％近傍の状態になる際の、加湿量を算出するとともに、その加湿量を加えたときの温度低下状態を示している。

【００３１】

すなわち、状態（１）に対して、相対湿度を８０％近傍に抑えるための加湿量は、０．００６９５ｋｇ／m^3として算出され、この加湿量を加えることで、乾球温度が３９．５℃から２６．２℃まで低下することがわかる。

【００３２】

また、状態（３）から状態（４）への変化は、以下の内容を示している。

・状態（３）は、絶対湿度０．０１１７５ｋｇ／ｋｇ（ＤＡ）における最高気温（乾球温度）が３９．５℃よりもさらに気温上昇した４５．０℃を想定している。この際の相対湿度は、１９．５％である。

・状態（４）は、相対湿度が、状態（３）の１９．５％から、視環境確保の目安である８０％近傍の状態になる際の、加湿量を算出するとともに、その加湿量を加えたときの温度低下状態を示している。

【００３３】

すなわち、状態（３）に対して、相対湿度を８０％近傍に抑えるための加湿量は、０．００８８７ｋｇ／m^3として算出され、この加湿量を加えることで、乾球温度が４５．０℃から２７．７℃まで低下することがわかる。

【００３４】

また、状態（５）から状態（６）への変化は、以下の内容を示している。

・状態（５）は、状態（１）における乾球温度３９．５℃が、さらに気温上昇して、トンネル内の最大温度より高い５０．０℃になった状態を示している。この温度上昇により、相対湿度も２６．０％から１５．２％まで低下している。

・状態（６）は、加湿量０．００９７ｋｇ／m^3を加えたときの温度低下状態を示している。

【００３５】

すなわち、状態（５）に対して、加湿量０．００９７ｋｇ／m^3を加えることで、乾球温度が５０．０℃から３１．０℃まで低下し、相対湿度も、上限の８０％よりも低い６９．３％に抑えられていることがわかる。

【００３６】

これらの結果から、東京の最高気温を基準にした場合にも、図２により算出した噴霧量の最大値１０ｇ／m^3よりも低い噴霧量で、湿度の上昇を８０％程度に抑えた上で、乾球温度を３０度程度に低下させることができることがわかる。

【００３７】

従って、図２、図３の結果から、単位体積あたりの噴霧量の上限値を、１０ｇ／m^3に設定できることがわかる。

【００３８】

＜２．ミスト粒径と噴霧量の検討＞

次に、ミスト噴霧区間２００ｍにおいて、噴霧ノズルの設置高さを６ｍとした際に、ミスト粒径、および噴霧量を変化させた場合における検証結果について説明する。図４は、本発明の実施の形態１において、ミスト粒径および噴霧量を変化させたときの冷却状態および視環境状態の検証結果をまとめたものである。

【００３９】

具体的には、３通りのミストのザウター平均粒径と、３通りの単位体積当たりの噴霧量との組み合わせである９種の実施例について、実施例２において得られた良好な冷却状態、および良好な視環境状態を指標「１００」として、他の実施例の指標値を求めた結果が、図４にまとめて示されている。

【００４０】

なお、本発明におけるミストは、小さな径の水滴を意味する。そして、ミストの平均粒径は、噴霧ノズル１０の中心軸上でオリフィスの先端から５０ｍｍ離れた箇所でレーザ回折法により測定した体面積平均粒径を意味しており、この平均粒径のことを、本発明では、「ザウター平均粒径」と称している。

【００４１】

また、冷却状態、および視環境状態は、以下のようにして評価した。

・冷却状態の評価：ミスト噴霧区間の前後に設置された温湿度計（図１における温湿度計３０（１）、３０（２）に相当）による温度測定値により、冷却温度効果を評価

・視環境状態の評価：大型車ドライバーの視線高さ（路面から２．２ｍの高さ）において、ドライバー視環境の主観評価を実施

【００４２】

この図４に示した検証結果から、以下のことがわかる。

（１）ミストのザウダー平均粒径について

・ミストのザウダー平均粒径は、小さいほど同一噴霧量における水粒子の表面積が大きくなるため、気化しやすい状態となる。この結果、同一の噴霧量に対しては、ミストのザウダー平均粒径が小さいほど、冷却効果が発揮されている。逆に、ミストのザウダー平均粒径が８０μｍ以上の場合（実施例３、実施例６、実施例９に相当）には、水粒子の表面積が小さくなるため、気化しにくい状態となり、結果として、冷却効果が鈍くなっている。

・さらに、ミストのザウダー平均粒径が８０μｍ以上の場合には、気化しきれない水粒子がフロントガラスに付着するため、視環境が著しく劣化している。

・なお、ミストのザウダー平均粒径を７μｍ未満とする噴霧ノズルは、製造コストが高くなるため一般的ではない。

【００４３】

（２）単位面積当たりの噴霧量について

・単位体積当たりの噴霧量が多いほど、冷却効果は高くなっている。

・単位体積当たりの噴霧量が１２ｇ／m^3の場合には、噴霧区間の相対湿度が上がり過ぎ、気化しきれない水粒子がフロントガラスに付着するため、視環境が著しく悪化している。

【００４４】

従って、図４の結果から、ミストのザウダー平均粒径は、８０μｍ未満、単位体積当たりの噴霧量は、１０ｇ／m^3以下が適切であり、３０μｍ未満、単位体積当たりの噴霧量は、５ｇ／m^3以下が最適であるといえる。

【００４５】

＜３．ノズル設置高さの検討＞

次に、ミスト噴霧区間２００ｍにおいて、ミストのザウダー平均粒径を７μｍ以上３０μｍ未満、単位体積当たりの噴霧量を５ｇ／m^3とした際に、噴霧ノズル１０の設置高さを変化させた場合における検証結果について説明する。図５は、本発明の実施の形態１において、噴霧ノズル１０の設置高さを変化させたときの冷却状態および視環境状態の検証結果をまとめたものである。

【００４６】

具体的には、噴霧ノズル１０の設置高さとして、６ｍと３．５ｍの２条件について、冷却状態および視環境状態の指標値を求めた結果が、図５にまとめて示されている。また、冷却状態、および視環境状態については、先の図４の場合と同様の評価を行った。

【００４７】

図５において、設置高さが６ｍである条件１は、先の図４における条件１と同条件であり、指標値も同様の値が示されている。一方、設置高さが３．５ｍである条件２では、視環境状態については、条件１と同レベルの結果が得られ、冷却状態に付いては、条件１よりもさらに改善されていることがわかる。

【００４８】

従って、図５の結果から、噴霧ノズルの設置高さは、６ｍよりも低い方が、冷却効果が高くなることがわかる。

【００４９】

＜４．トンネル内の風速と噴霧量の検討＞

次に、半閉鎖空間であるトンネル内の風速について、検討する。具体的には、トンネル内の送排気による風速に応じて噴霧量を変えることが考えられる。

【００５０】

風速が０ｍ／ｓに近い場合には、ミスト噴霧により冷却された低温・高湿度空気が同じ場所に留まるため、過剰噴霧による未蒸散水滴が発生し、視程障害につながる。そのため、風速が小さいときには、風速が大きいときと比較して、噴霧量を減少させることで、過剰噴霧を防ぐことができる。

【００５１】

一方、風速がある場合（例えば、風速４ｍ／ｓ）には、ミスト噴霧により冷却された低温・高湿度空気が同じ場所に留まることなく、下流に流れていき、過剰噴霧による未蒸散水滴が発生する状況が起こりにくくなる一方で、冷却した空気も下流に流される。そのため、風速が大きいときには、風速が小さいときと比較して、噴霧量を増加させることで、視程障害を発生させることなく、トンネル内の温度上昇を抑制することができる。

【００５２】

例えば、トンネルの断面積を７０m^2と仮定した場合、風速１ｍ／ｓの風が吹くと空気が１ｍ／ｓ移動するので、ある地点で見ると１秒間に７０m^3の空気が通過することになる。これが風速４ｍ／ｓの場合、移動する空気の体積は２８０m^3となるため、風速１ｍ／ｓで風が吹いている場合に対して、風速４ｍ／ｓで風が吹いている場合では、噴霧対象となる空気の量が４倍になっているため、噴霧量を４倍にして容積あたりの噴霧量を同等として風速１ｍ／ｓ時と同等の気温低下を得ることが考えられる。

【００５３】

このように、温湿度の条件が同一であれば、風速によって最大噴霧量を変化することが考えられる。例えば、断面積が７０m^2のトンネルに単位体積当たりの最大噴霧量である１０ｇ／m^3を噴霧できる温湿度条件で、風速１ｍ／ｓの時には７００ｇ／ｓ噴霧できるところに、風速４ｍ／ｓの時には２８００ｇ／ｓ、風速１２ｍ／ｓの時には８４００ｇ／ｓ噴霧することで同等の気温低下を得ることができる。

【００５４】

このように噴霧量制御部４０は、風向風速計により計測された風速の大きさに応じて、噴霧量を適切に制御することで、トンネル内の温度上昇抑制と、トンネル内利用者の視環境確保の両立を図ることができる。

【００５５】

＜５．送気ダクト内のミスト噴霧に関する検討＞

トンネル内の換気方式は、自然換気と機械換気の２方式があり、機械換気では、縦流換気方式と横流換気方式がある。また両者を併用する場合もある。ここでは、横流換気方式について説明する。

【００５６】

図６は、本発明の実施の形態１におけるトンネル内の横流換気方式の概要図である。図

６（ａ）は、トンネルの長手方向の断面図であり、送気ダクト、送気口、排気ダクト、排気口の説明図である。また、図６（ｂ）は、トンネルを輪切りにした方向の断面図であり、ミストノズルの配置と、送気および排気の関係を示している。

【００５７】

横流換気方式では、トンネル側面に開口を設け、外気を送気する。そこで、この開口から、ミスト噴霧により気温低下した空気を噴出し、トンネル内の気温を低下させることが考えられる。

【００５８】

図６（ａ）に示したように、側面の送気口から外気を送気して、排気口からトンネル外に排出する。そして、図６（ｂ）に示したように、ミストノズルは、送気ダクト内に設置される。この場合の噴霧量は、ダクト内の温湿度、風速に応じて変更する。

【００５９】

ダクト内にノズルを設置すると、ダクトから送気口までの距離があるので、トンネル内面に直接設置するよりも、蒸散する距離を長く得られる。この結果、視程確保には、有利である。なお、送気ダクト内の温湿度、風速を計測する位置は、噴霧区間の上流あるいは噴霧区間内とすることができる。

【００６０】

さらに、ダクト内噴霧において、ミストノズルの設置位置は、図７（ｂ）に例示したように、横向きや下向き等が可能であり、トンネル壁面に設置するよりも自由度が増える。

【００６１】

なお、ダクト内噴霧用のミストノズルは、図７（ａ）に示したように、送気口に対応した位置に設置する。すなわち、長手方向に設置されている送気口に対応して、ダクト内にノズルを設置する。

【００６２】

＜６．トンネル内の後方支援に関する検討＞

先の図１に示したトンネル内を想定すると、風下ほど、温度が高くなる傾向がある。従って、複数の温湿度計３０による温度の計測結果は、風下の計測結果ほど高い温度を示すこととなる。

【００６３】

そこで、複数の噴霧ノズル１０を、設置位置に応じて個別制御可能な場合には、風下の温度計測結果に基づいて、その計測結果が得られた温湿度計よりも前方側に設置されている噴霧ノズル１０により、後方支援を目的とした噴霧量制御を行うことで、トンネル全体として適切な温度上昇抑制効果を得ることができる。

【００６４】

すなわち、噴霧量制御部４０は、複数に分割されたミスト噴霧区間のそれぞれの区間に属する温湿度計および噴霧ノズルを把握しておくことで、通行方向に対して後段の温度計測値に応じて、それよりも前段の噴霧ノズルの噴霧量を調整する後方支援制御を行うことができる。

【００６５】

最後に、制御構成図を用いて、本願発明の制御方法について説明する。図８は、本発明の実施の形態１におけるトンネル内降温用噴霧システムの制御構成図である。噴霧量制御部４０は、記憶部４１を有している。そして、この記憶部４１には、風速および温度と、噴霧ノズル１０から噴霧される単位体積あたりの噴霧量との対応関係が規定されたテーブルがあらかじめ記憶されている。

【００６６】

そして、噴霧量制御部４０は、風向風速計２０により計測された風速、および複数の温湿度計３０により計測された温度に応じて、記憶部４１に記憶されたテーブルを参照することで、計測結果に応じた適切な噴霧量を求め、複数の噴霧ノズル１０の噴霧量制御を行うことができる。

【００６７】

なお、複数の噴霧ノズル１０は、上述したように、送気ダクト内に設置することも可能である。また、噴霧量制御部４０は、温度の計測結果だけに基づく噴霧量制御、風速の計測結果だけに基づく噴霧量制御、温度および風速の両方の計測結果に基づく噴霧量制御を行うことが可能である。

【００６８】

また、温湿度計３０による湿度の計測結果が所定の値以上のときには、ミスト噴霧を行わないように制御することも可能である。このような制御を行うことで、視環境が低下することを抑制することができる。

【００６９】

また、図８を用いた説明では、記憶部４１内にテーブルがあらかじめ記憶されている場合について説明したが、数式や関数などにより、計測結果から噴霧量を算出することも可能である。

【００７０】

以上のように、実施の形態１によれば、半閉鎖空間であるトンネル内において、温度上昇抑制と、トンネル内利用者の視環境確保の両立を図るミスト噴霧を実現することができる。特に、噴霧量の上限時の規定、あるいは風速に応じた適切な噴霧量制御を実現できる。さらに、トンネル内ばかりではなく、送気ダクト内のミスト噴霧も可能である。

【符号の説明】

【００７１】

１０　噴霧ノズル、２０　風向風速計、３０　温湿度計、４０　噴霧量制御部、４１　記憶部。

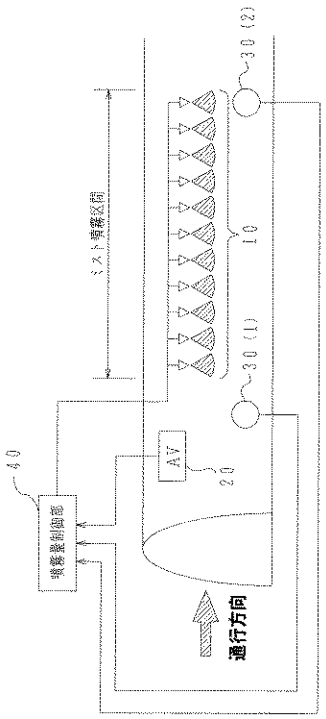
【要約】

【課題】トンネル内の温度上昇抑制と、トンネル内利用者の視環境確保の両立を図るミスト噴霧を実現する。

【解決手段】半閉鎖空間であるトンネル内で噴霧ノズル（１０）から水をミストとして噴霧し、視環境を確保した上でトンネル内の温度上昇を抑制するトンネル内降温用噴霧制御システムであって、トンネル内の風速を計測する風速計（２０）と、風速と噴霧ノズル（１０）から噴霧される単位体積あたりの噴霧量との対応関係があらかじめ規定されたテーブルを記憶する記憶部と、記憶部に記憶されたテーブルに基づいて、風速計により計測された風速の大きさに応じて噴霧量を調整する噴霧量制御部（４０）とを備える。

【選択図】図１

【図１】



【図２】

			状態１	状態２
P	大気圧	kPa	101.325	101.325
td	乾球温度	℃	45.0	25.0
tw	湿球温度	℃	22.5	22.5
φ又は *RH*	相対湿度	%	13.2%	80.9%
x	絶対湿度	kg/kg(DA)	0.00789	0.01621
h	比エンタルピー	kJ/kg	65.67	66.43
v	比容積	m^3/kg	0.9126	0.8664
Pw	水蒸気分圧	kPa	1.263	2.564
Dp	露点温度	℃	10.4	21.5
	容積絶対湿度	Kg/m^3	0.00864	0.0187
	加湿量	Kg/m^3		0.01006

【図３】

		状態1	状態2	状態3	状態4	状態5	状態6
P	大気圧 kPa	101.325	101.325	101.325	101.325	101.325	101.325
td	乾球温度 ℃	39.5	26.2	45.0	27.7	50.0	31
	湿球温度 ℃	23.6	23.8	25.0	25.0	26.3	26.3
φ又は *RH*	相対湿度 %	26.0%	80.7%	19.5%	80.5%	15.2%	69.3%
x	絶対湿度 kg/kg(DA)	0.01174	0.01739	0.01175	0.01902	0.01177	0.01984
h	比エンタルピー kJ/kg	69.94	70.68	75.64	76.38	80.82	81.90
v	比容積 m^3/kg	0.9023	0.8715	0.9182	0.8781	0.9327	0.8888
Pw	水蒸気分圧 kPa	1.868	2.745	1.870	2.994	1.872	3.118
Dp	露点温度 ℃	16.4	22.6	16.4	24.0	16.5	24.7
	容積絶対湿度 Kg/m^3	0.0130	0.01995	0.01279	0.02166	0.01281	0.02232
	加湿量 Kg/m^3		0.00695		0.00887		0.00937

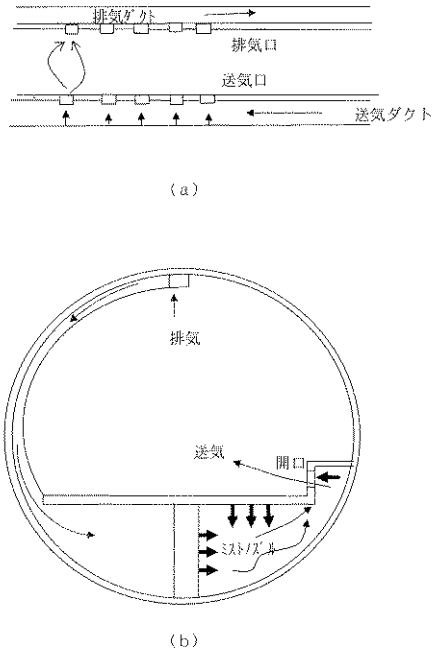
【図４】

実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9
25 (7≦X<30)	60 (30≦X<80)	85 (80≦X)	25 (7≦X<30)	60 (30≦X<80)	85 (80≦X)	25 (7≦X<30)	60 (30≦X<80)	85 (80≦X)
5	5	5	10	10	10	12	12	12
120	100	95	140	120	115	145	125	120
130	106	80	115	100	70	70	60	50
OK	OK	NG	OK	OK	NG	NG	NG	NG

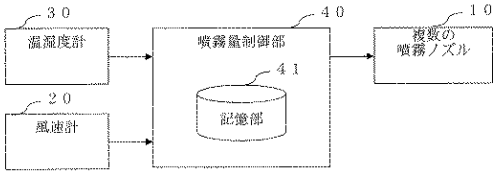
【図５】

噴霧ノズルの設置高さ H(m)	条件1	6	120	OK
			130	OK
	条件2	3.5	130	OK
冷却状態				
ドライバー運転状態				

【図６】



【図７】



フロントページの続き

(74)代理人　100161171
弁理士　吉田　潤一郎
(74)代理人　100117776
弁理士　武井　義一
(72)発明者　三具　正孝
東京都千代田区霞が関１丁目４番１号　首都高速道路株式会社内
(72)発明者　坂口　泰祐
東京都千代田区霞が関１丁目４番１号　首都高速道路株式会社内
(72)発明者　久保田　繁樹
東京都千代田区霞が関１丁目４番１号　首都高速道路株式会社内
(72)発明者　稲村　勝正
東京都千代田区九段南４丁目７番３号　能美防災株式会社内
(72)発明者　石田　孝史
東京都文京区目白台３丁目２６番９号　首都高機械メンテナンス株式会社内

審査官　仲村　靖

(56)参考文献　特開２０１１－２１２５３８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－０９６４１５（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１７７５７８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３４０２２８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ２４Ｆ　　５／００
Ｅ２１Ｆ　　３／００
Ｆ２４Ｆ　　１／００
Ｆ２４Ｆ　　６／１４