

地震等が起因する車両火災による下水道管路施設の耐火性能に関する研究

常井 友也¹

¹正会員（公社）日本技術士会（近畿本部登録 防災研究会）（〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町 1-9-15）
E-mail : ttsunci@yahoo.co.jp

近年、首都高速道路等においては、トンネル内、高架橋上においてタンクローリー等の大型車両が運転者の操作の誤りにより、車両のバランスが崩れ車両の横転が原因で車両火災が多く発生している。さらに地震発生時は、平常によりもさらに車両のバランスが崩れやすく、車両火災が発生しやすい状態となり、また市街地では建築物の火災が原因となる車両火災が懸念される。本研究では、地震等が起因する車両火災により生じる火災の熱が地中に埋設された下水道管路施設に与える影響を定常熱伝導解析により検証を行う。

Key Words : Sewage Pipe, Vehicle Fire, Thermal Conductivity Analysis

1. はじめに

過去の下水道管路施設の火災による調査報告としては、1923年（大正12年）に発生した関東大震災において、東京市が実施した下水道震害調査報告¹⁾が挙げられる。東京市下水道震害調査報告での下水道管路施設の火災に関する東京市下水道震害調査報告では、下水道管路施設は主として、地下構造物であるため、火災による直接の被害は少なく、マンホール内の蓋・取付桝等の縁石の一部火損、路面上のアスファルトが高熱のため溶融し、マンホールから下水道管渠内に流入し、管渠内の一部または全部を閉塞し、汚水の流下能力を低下させたなどの被害が報告されている。下水道管路施設自体の火災による火害が少なかった理由としては、1923年当時は耐火性に優れた「陶管」を使用していたため、火災による被害が少なかったと推測される。

また、近年、首都高速道路等においては、トンネル内、高架橋上における車両火災が複数発生しており、タンクローリー等の大型車両が運転者の操作の誤りにより、車両のバランスが崩れ車両が横転し、車両火災が多く発生している。さらに地震発生時は、平常によりもさらに車両のバランスが崩れやすく、車両火災が発生しやすい状態となり、また市街地では建築物の火災が原因となる車両火災が懸念される。

近年の下水道管路施設の管材としては、硬質塩化ビニール管製、ヒューム管製（鉄筋コンクリート）が多く使

用されており、耐熱性が高い陶管がほとんど使用されなくなり、さらに下水道管路施設が受ける地震時等の火災としては、自動車の原因となる高い熱エネルギーの車両火災による火災が多くなっている。

また、（公社）日本下水道協会 下水道維持管理指針総論編・実務編2014年度版では、下水道管路施設に関して、地震等が原因となる火害に関する維持管理計画について、詳細な記載はない。

そのため、本研究では、地震等が起因する車両火災により生じる熱が地中に埋設された硬質塩化ビニール管製、ヒューム管製（鉄筋コンクリート）の下水道管路施設に与える影響を熱伝導解析により検証を行い、車両火災により生じる火災の熱が下水道管路施設に与える影響を定常熱伝導解析により検証を行う。

2. 解析モデルと解析手法

(1) 解析モデル

本研究では、車両火災により地盤内に発生する熱の分布を下水道管路の土被りごとに検証を行うため、図-1、2 に示すような自由地盤モデルを解析対象モデルとした。

図-2 に示すように鉛直直角方向を Z 軸とし、地盤領域は X 軸方向に 100(m)、Y 軸方向に 100(m)、Z 軸方向に 100(m)（As : 0.1(m)、地盤 : 99.9(m)）とした。

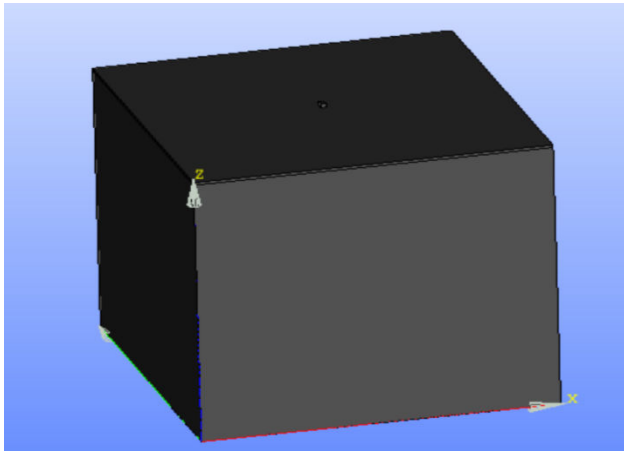


図-1 解析対象構造物

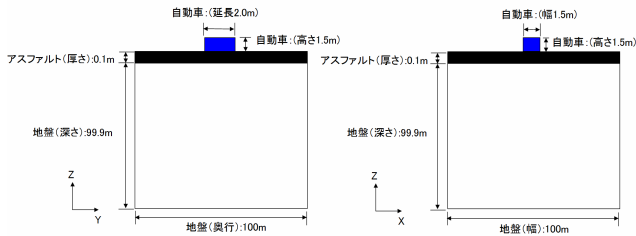


図-2 解析対象構造物の寸法

(2) 解析諸元

本研究で解析に用いたアスファルト・地盤及び自動車の解析諸元^{2)、3)、4)、5)}を表-1に示す。車両火災発生時の自動車の諸元に関しては、大型乗用車程度を想定し、過去の車両火災の実験結果を参考に火災車両の温度が1000℃程度となるように熱源の設定を行った。本研究では、自動車が火災により全焼することを想定し解析を行うこととする。解析モデル全体に自然対流条件、雰囲気温度20℃を設定した。

また、耐火性能の検証の対象とする下水道管路施設は、現在、下水道の施工で頻繁に使用されているφ200mmの硬質塩化ビニール管とヒューム管を検証対象構造物とし、それぞれの耐熱性^{6)、7)}を表-2に示す。

表-1 解析諸元^{2)、3)、4)、5)}

材料	比熱 (J/kg/K)	密度 (t/m ³)	熱伝導率 (W/m/K)	熱源 温度 (℃)	雰囲気 温度 (℃)
アスファルト 混合物	890	2.35	1.10	—	20
路床	1840	1.80	0.52	—	20
自動車			—	1065	20

表-2 下水道管路施設の耐熱性^{6)、7)}

材料	耐熱温度(℃)
硬質塩化ビニール管 (VP)	60
耐熱性硬質塩化ビニール管 (HVP)	90
ヒューム管 (鉄筋コンクリート管)	1) 鉄筋の引張強度及び降伏点 ・ 600℃以下の加熱であれば、冷却後加熱前と同様に回復する。 ・ 600℃以下の加熱されると冷却後においても強度が低下が生じる。 2) コンクリートの強度及び弾性係数 ・ 300℃以下までの加熱であれば、コンクリートの強度特性に影響は少ない。 ・ 300℃以上加熱されると、冷却後においても強度及び弾性係数の低下が生じる。さらに、受熱温度が500℃に達すると、水酸化カルシウムの熱分解が始まり、PHが低下が生じる。

(3) 解析手法

本研究では、表-1に示す解析諸元を基に、車両火災発生時の自動車の熱エネルギーを熱源としてアスファルト、地盤に熱が伝わることによって生じる温度変化を定常熱伝導解析を実施することにより検証を行う。

また、本研究で実施した定常熱伝導解析には、参考文献⁸⁾に示すSalome-Mecaを使用して解析を行った。

3. 解析結果

図-3～6に車両火災発生時の自動車の熱エネルギーを熱源としたアスファルト・地盤に対する定常熱伝導解析の結果を示す。

図-6にZY面X=50mにおける深度ごとの定常熱伝導解析結果を示す。深度(土被り)0.5mでの地盤の受熱温度は約930℃程度となり、下水道管渠の最小土被りと同じの深度である1.0m付近では、約760℃まで温度が上昇する。さらに、深度2.0m付近で約700℃、深度3.0m付近で590℃、深度4.0m付近で約440℃、深度5.0m付近で370℃程度、深度6.0m付近で約340℃、深度7.0m付近で約300℃となる。

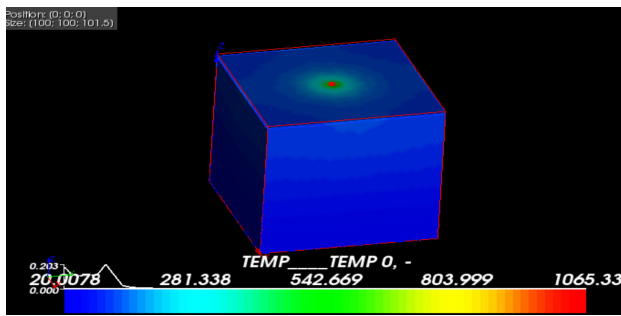


図-3 定常熱伝導解析の解析結果
(全体図)

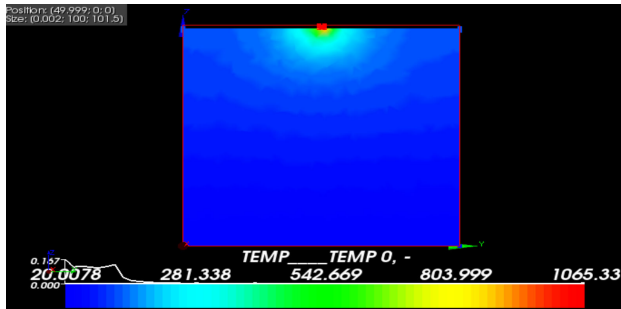


図-4 定常熱伝導解析の解析結果
(断面図・ZY面 X=50m)

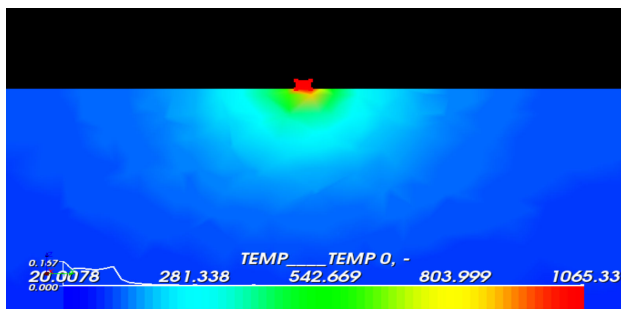


図-5 定常熱伝導解析の解析断面結果
(詳細図・ZY面 X=50m)

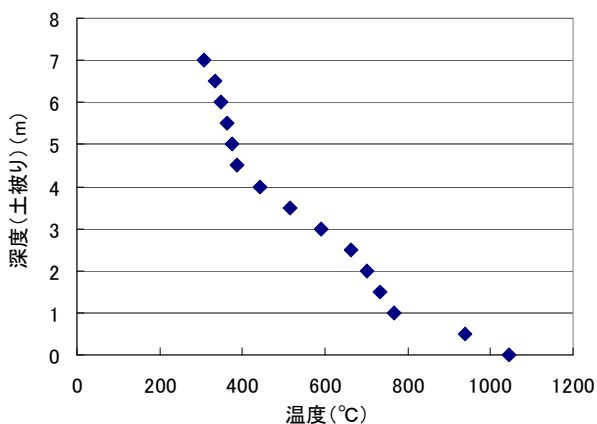


図-6 深度ごとの定常熱伝導解析結果
(ZY面 X=50m)

4. 下水道管路施設の耐火性能の検証

表-2 に示す下水道管路施設の耐熱性より、前節で解析を行った定常熱伝導解析から得られた地盤の温度分布を基に耐火性能の検証を行う。なお、本研究では車両火災の自動車の直下に下水道管路施設が、埋設されているケースを想定して考察を行う。

硬質塩化ビニール管 (VP) の耐熱性能は 60℃であり、車両火災が生じた場合、管路の熱変形が生じる可能性がある。

また、耐熱性に優れた耐熱性硬質塩化ビニール管 (HTVP) の耐熱性能は 90℃であり、車両火災が生じた場合、管路の熱変形が生じる可能性がある。

また、ヒューム管(鉄筋コンクリート管)の場合、表-2 に示すように、コンクリート自体は 300℃以下までの受熱であれば、コンクリートの強度特性に影響は少なく、また鉄筋 600℃以下の加熱であれば、引張強度及び降伏点が冷却後加熱前と同様に回復する。解析の結果、深度(土被り) 7.0m で、受熱温度が約 300℃程度となることから、7.0m 以下の土被りの鉄筋コンクリート管は、車両火災による熱で、強度低下が生じている可能性がある。

5. 結論

車両火災が生じた場合、土被り 7.0m 以下に埋設された下水道管路施設 (VP、HP) の場合、耐熱性を超える熱エネルギーが生じる結果となった。そのため、硬質塩化ビニール管 (VP)、耐熱性硬質塩化ビニール管 (HTVP)、ヒューム管(鉄筋コンクリート管)は、火災の熱により管路の熱変形、または強度低下が生じる可能性があり、車両火災が生じた場合には、現地調査・詳細調査(カメラ調査・中性化試験・圧縮強度試験等)を行う必要があると考えられる。

さらに、今後の課題として、本研究では、地盤のみで定常熱伝導解析を実施したが、この結果を基に下水道管路施設(マンホールも含めた)を入れた解析モデルで解析を行う必要がある。

また、下水道管路施設は地中に埋設されており、地盤の土圧を受けていることから、熱応力解析により下水道管路施設の熱変形性を検証する必要がある。

自動車火災による火害を避けるためにも、下水道管路施設の火災による熱の影響を考慮した埋設位置(自動車の動線外)の検討、さらに想定する車両火災の自動車の形式をバス・トラック・タンクローリーなど大型自動車を対象としたケースでも解析を行う必要がある。

最後に、本研究は、日本技術士会 近畿本部登録 防災研究会で実施した研究ではなく、筆者が個人研究で行

ったものである。

参考文献

- 1) 東京都下水道サービス：東京市下水道震害調査報告、17p、2012
- 2) 国土技術政策総合研究所：空港アスファルト舗装の夜間施工時の降温時間に関する解析的検討、pp.1-17、2011
- 3) 東京消防庁：自動車火災に関する研究、消防科学研究所報11号、1974
- 4) 東京都市大学IP： <http://c-pc8.civil.tcu.ac.jp/RC/>、トンネル火災事例と海外で用いられている火災曲線、2016

年8月31日閲覧

- 5) PIARC Committee on Road Tunnels Operation(C3.3) : SYSTEMS AND EQUIPMENT FOR FIRE AND SMOKE CONTROL IN ROAD TUNNELS, 2007.
- 6) 日本工業標準調査会：<http://www.jisc.go.jp/>、2016年8月31日閲覧
- 7) (公社) 日本コンクリート工学会：コンクリート診断技術'16[基礎編]、[応用編]、pp57-210、2016
- 8) 柴田良一：オープンCAE「Salome-Meca」構造解析[「固有値」、「熱伝導」解析編]、pp86-167、(株)工学社、2014

FIRE RESISTANCE PERFORMANCE OF SEWAGE PIPE FOR VEHICLE FIRE BY EARTHQUAKE AND OTHERS

TOMOYA TSUNEI

This paper deals with fire resistance performance of sewage pipe for vehicle fire by earthquake and others. In late years, in the Metropolitan expressway and others, a lot of traffic accidents occur in the tunnel, a bridge, a vehicle overturns by the balance of the vehicle collapsing, and therefore a lot of vehicle fires occur. At the time of the earthquake, the balance of the vehicle becomes easy to collapse than normal time, it is in a condition that a vehicle fire is easy to be caused by an earthquake. A vehicle fire becomes easy to occur by the fire of the building in the city area. This study analyze the influence that the heat of the fire to occur because of the vehicle fire caused by the earthquake gives a sewer pipe by thermal conductivity analysis.