

消火用ホースの摩耗損傷に関する検証（第2報）

鈴木 嘉明*, 山口 敦史*, 町井 雄一郎**

概要

消火用 50 mmホース（以下「ホース」という。）の災害活動及び訓練における取扱いが、摩耗損傷に与える影響を把握することを目的とし、使用不能ホースの観察、訓練時におけるV字屈曲の発生部位調査及び訓練場の舗装面の摩擦係数等の評価を実施した。

検証の結果、最も多く発生するホースの摩耗損傷形態は、主にホースのV字屈曲を原因とする局所的な摩耗損傷であり、ホースのノズル寄りの部位ほど発生しやすいことが確認された。また、一旦発生したV字屈曲のうち、概ね半数は活動隊員のホース整理等による積極的な解消方法が実施されていたが、残りの半数は活動隊員による積極的な解消方法が実施されていないことが確認された。更に、訓練場舗装面のホースに対する静摩擦係数と、引摺られたホースの表面（以下「ジャケット」という。）の摩耗量は、一定の相関関係を有する可能性が示された。

1 はじめに

当庁は約 53,000 本のホースを保有しており、毎年保有総数の約 1/10 が廃棄及び更新の対象となっている。その中でも、使用に伴う摩耗及び損傷等により、当庁の定める更新年数を待たず使用不能に至るホースが多く存在している。このため、より効果的なホースの摩耗損傷防止策を講じる必要がある。

平成 28 年度検証¹⁾においては、ホースの損傷形態を把握するため、ホースの損傷形態別カテゴリの作成、摩耗損傷経過の観察、各種漏水発生状況の調査を実施した。

2 年目となる本検証では、災害活動及び訓練における取扱いが、ホースの摩耗損傷に与える影響を把握することを目的として、各所属より収集した使用不能ホースの観察、訓練時におけるV字屈曲の発生部位調査及び訓練場の舗装面の摩擦係数等の評価を実施したことから、報告する。

2 検証方法

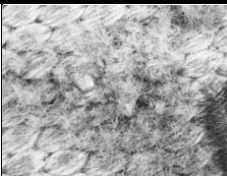



(1) 使用不能ホースの観察

ホースの損傷傾向を把握するため、使用不能ホース 200 本（各消防署で繰返し使用されたことにより経年劣化及び損傷等が発生したもの）を対象とし、表 1 に示す損傷形態別カテゴリに基づきジャケットの観察を行い、損傷形態別に発生部位を記録した。

なお、損傷形態別カテゴリのうち、広範囲な摩耗損傷箇所は、範囲の切分けが困難なことから観察対象より

除外した。また、図 1 に示すとおりジャケットが大きく裂け、元の損傷形態が不明瞭な箇所を、破断箇所として記録した。

表 1 ホースの損傷形態別カテゴリ

損傷形態	損傷形態例	備考
広範囲な摩耗損傷箇所		損傷箇所及び周辺が摩耗し、損傷箇所が局所的ではない状態
局所的な摩耗損傷箇所		損傷箇所周辺の摩耗はなく、損傷箇所が局所的な状態
直線状の摩耗損傷箇所		損傷箇所周辺の摩耗はなく、複数の縦糸等が連続し切断されている状態
損傷補修箇所		損傷箇所が補修布により補修されている状態

* 装備安全課 ** 防災安全課

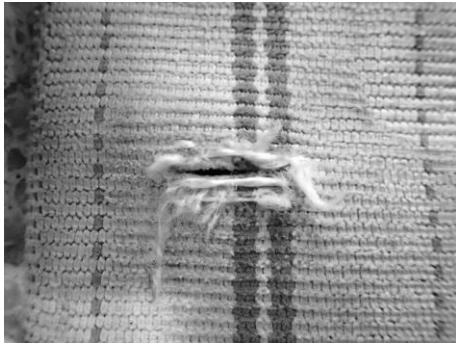


図1 破断箇所の一例

(2) 訓練時におけるV字屈曲の発生部位の調査

ホース使用時におけるV字屈曲の発生状況を把握するため、平成29年度特別消火中隊・ポンプ中隊消防活動訓練効果確認（以下「効果確認」という。）において、送水後のホースの観察を実施し、図2に示すV字屈曲の発生回数、ホースのメス金具側を起点とした長手方向5mの範囲毎における発生部位、及びV字屈曲発生後の解消方法について記録した。

なお、V字屈曲発生後の解消方法は、表2に示すとおり、3種類に分類した。

また、各訓練想定との差異により、2個連又は3個連のホース線が使い分けられていたことから、各ホース線のうち、最もポンプ車寄りのホース（以下「ホースP」という。）、ノズル直前のホース（以下「ホースN」という。）を調査の対象とした。

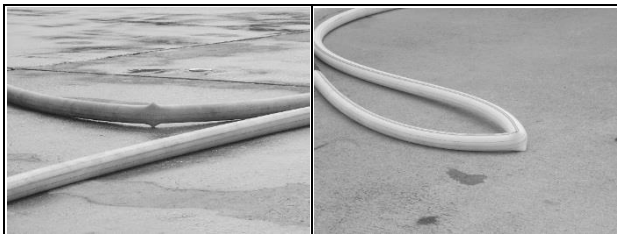


図2 V字屈曲の例

表2 V字屈曲の解消方法分類

積極的解消	隊員によるホース整理等が実施され、V字屈曲が解消されるもの
消極的解消	本送水による内圧上昇又は引き摺りに伴い、V字屈曲が解消されるもの
解消なし	活動終了まで、V字屈曲が残り続けたもの

(3) 各方面訓練場の舗装面とジャケットの摩擦係数等の測定

ジャケットの摩耗損傷に対する舗装面の攻撃性を評価するため、下記のとおり、静摩擦係数及び摩耗量の測定を実施した。

ア 静摩擦係数の測定

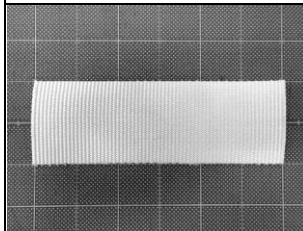

静摩擦係数の測定のための測定用試験片及び垂直荷重用錘を表3に、実験構成を図3に示す。測定用試験片の内張り側に両面テープで垂直荷重用錘を固定し、測定用試験片に一定の垂直荷重をかけた状態で、バネばかりを介して水平に引き、バネばかりの示す引張荷重のピークを静摩擦力とし、静摩擦係数を算出した。測定場所は、各方面訓練場のホース延長場所に該当する舗装面とし、試行回数は5回とした。

静摩擦係数の測定を実施した各方面訓練場の概観及び舗装面を表4に示す。

イ 摩耗量の測定

引摺りによるジャケットの摩耗量を測定するため、上記アの設定からバネばかりを除き、静摩擦係数の測定を行った舗装面（表4参照）で、測定用試験片を50mの距離を連続して引摺った。引摺り前に予め計測した測定用試験片の質量と、引摺り後の測定用試験片の質量の差から、引摺りによるジャケットの摩耗量を求めた。

表3 測定用試験片及び垂直荷重用錘設定状況

測定用試験片	垂直荷重用錘
	
未使用ホースの縹部を切出し、長さ150mm・幅50mmとしたもの	質量5.0kg、直径約90mm 荷重面積（底面積）約42.6cm ²

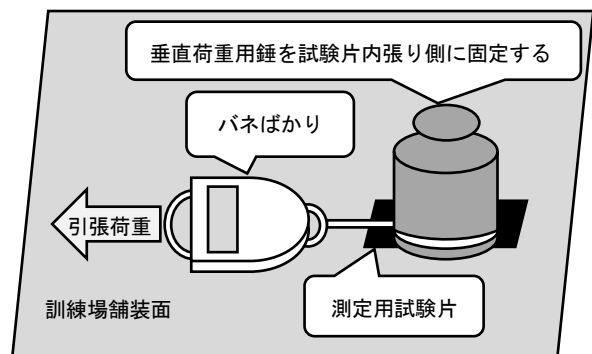


図3 摩擦係数等測定用実験構成

表4 各方面訓練場の概観及び舗装面

	概観	舗装面
潮見訓練場		アスファルト舗装
2方面訓練場		コンクリート舗装
3方面訓練場		コンクリート舗装
5方面訓練場		アスファルト舗装
夢の島訓練場		コンクリート舗装
7方面訓練場		コンクリート舗装
8方面訓練場		屋内の平滑な舗装
9方面訓練場		アスファルト舗装

3 検証結果

(1) 使用不能ホースの観察結果

使用不能ホース 200本を観察した結果、損傷箇所総数は1,773箇所であり、ホース1本あたりの損傷発生頻度は約9箇所であった。ホースのメス金具側を起点とし、長手方向5mの範囲毎に集計した損傷形態別分布を表5及び図4に示す。

なお、表5中に示す各発生頻度は、各合計をホース本数200本で除したものである。

表5 使用不能ホースの損傷形態別分布

	0~5 m	5~10 m	10~15 m	15~20 m	損傷形態別合計	損傷形態別発生頻度
局所的な摩耗損傷箇所	297	206	243	403	1,149	6
直線的な摩耗損傷箇所	32	25	40	97	194	1
損傷補修箇所	74	85	103	132	394	2
破断箇所	1	3	4	28	36	0
部位別合計	404	319	390	660	1,773	
部位別発生頻度	2	2	2	3		9

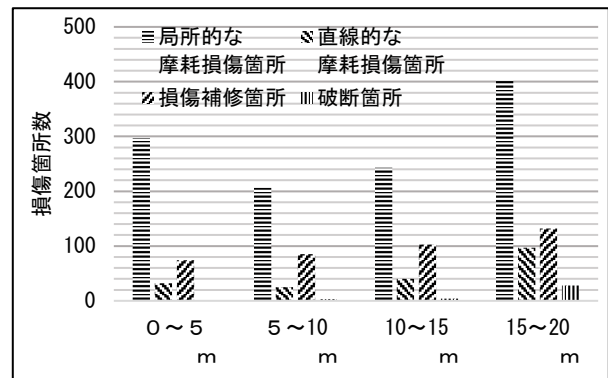
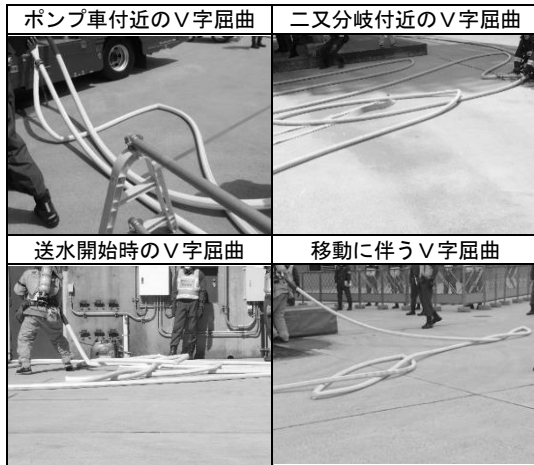


図4 使用不能ホースの損傷形態別分布数

(2) 訓練時におけるV字屈曲の発生部位の調査結果

効果確認中、観察対象となったホース線は251本であり、そのうちホースP又はホースNにV字屈曲が発生したホース線は、観察対象のうちの約8割にあたる194本で、計402箇所にV字屈曲が発生したことが確認された。観察されたV字屈曲の発生状況例を表6に、ホースP及びホースNの長手方向5mの範囲毎における発生部位別の発生回数及び割合を図5に、V字屈曲発生後の解消方法別実施回数及び割合を図6に示す。

表6 効果確認中に発生したV字屈曲の例



$$\mu_s = \frac{F_s}{F_p} \quad (\text{式})$$

μ_s : 静摩擦係数

F_s : 静摩擦力

F_p : 垂直荷重 (=5.0kgf)

表7 舗装面における測定用試験片の静摩擦力

	静摩擦力 (kgf)							
	潮見 訓練場	2方面 訓練場	3方面 訓練場	5方面 訓練場	夢の島 訓練場	7方面 訓練場	8方面 訓練場	9方面 訓練場
1回目	2.85	2.75	3.60	2.95	2.70	3.40	2.50	2.90
2回目	2.95	2.75	3.45	3.00	2.65	3.35	2.45	2.90
3回目	2.85	2.60	3.65	3.15	2.75	3.25	2.45	2.85
4回目	2.90	2.55	3.55	3.20	2.80	3.30	2.45	2.95
5回目	3.00	2.70	3.65	3.20	2.75	3.10	2.35	3.00
平均値	2.91	2.67	3.58	3.10	2.73	3.28	2.44	2.92

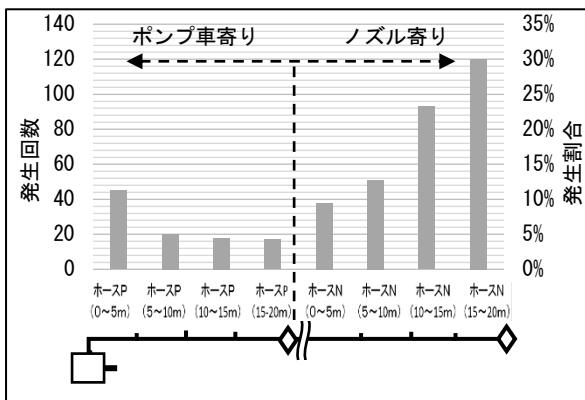


図5 V字屈曲の発生部位別発生回数及び割合

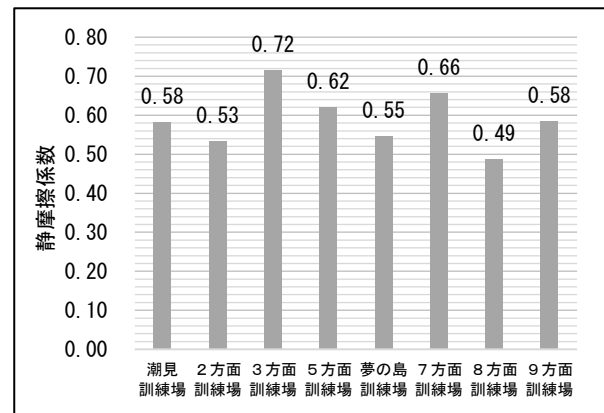


図7 測定用試験片に対する舗装面の静摩擦係数

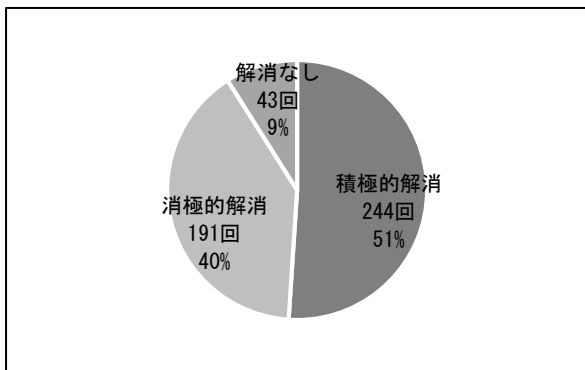


図6 V字屈曲発生後の解消方法別実施回数及び割合

イ 摩耗量の測定

摩耗後の測定用試験片の状態を表8に、摩耗後の質量変化を表9及び図8に示す。

なお、5方面訓練場における実験の試行回数については、実施時の時間的制約により3回とした。また、8方面訓練場においては、舗装面が平滑であったことから、測定用試験片に摩耗が発生せず、質量の減少が見られなかった。その他の方面訓練場は各5回ずつ測定を実施した。

(3) 各方面訓練場の舗装面とジャケットの摩擦係数等の測定結果

ア 静摩擦係数の測定

各方面訓練場の舗装面で、図3の方法で測定用試験片を引摺った際に測定された静摩擦力及びその平均値を表7に示す。

また、測定用試験片にかかる垂直荷重を5.0kgfとして、引張荷重の平均値から計算された静摩擦係数を図7に示す。静摩擦係数の計算は、式のとおりである。

表 8 測定用試験片の状態（摩耗後）

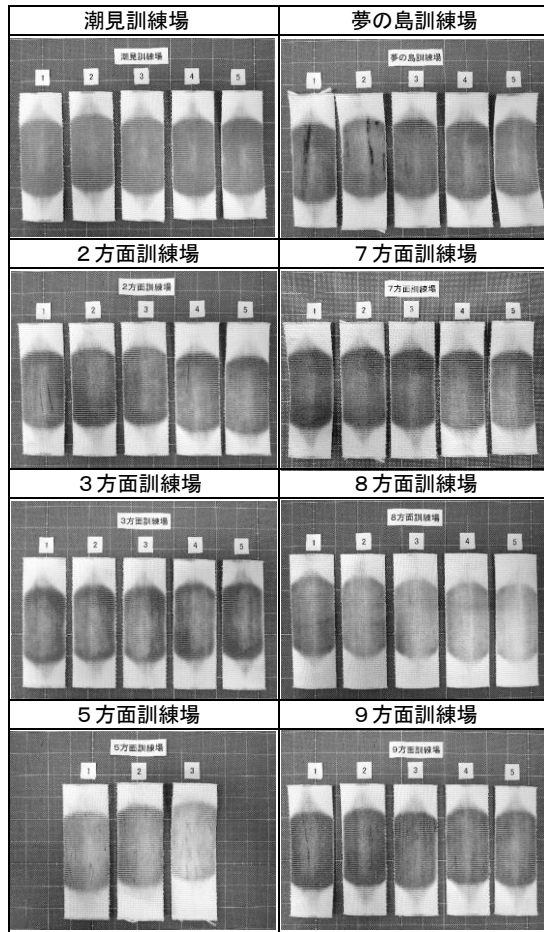


表 9 測定用試験片の摩耗量

試験片 番号	摩耗量 (g)								
	潮見 訓練場	2方面 訓練場	3方面 訓練場	5方面 訓練場	夢の島 訓練場	7方面 訓練場	8方面 訓練場	9方面 訓練場	
1	0.110	0.085	0.090	0.077	0.067	0.047			0.083
2	0.085	0.074	0.074	0.097	0.047	0.043			0.063
3	0.076	0.063	0.065	0.070	0.040	0.038			0.045
4	0.077	0.074	0.070		0.040	0.047			0.054
5	0.067	0.065	0.079		0.036	0.040			0.054
平均値	0.083	0.072	0.076	0.082	0.046	0.043			0.060

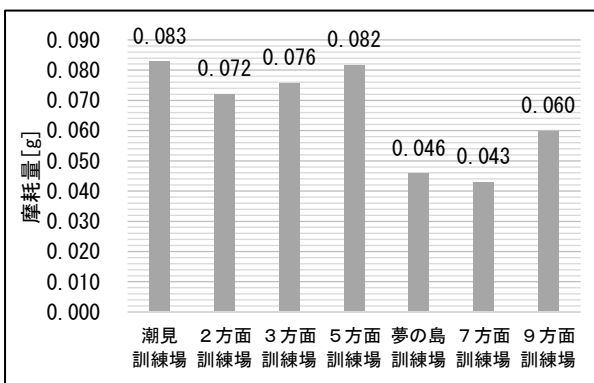


図 8 測定用試験片の摩耗量（平均値）

4 考察

(1) 使用不能ホースの観察について

表 5 及び図 4 における損傷形態別合計に着目すると、局所的な摩耗損傷箇所が最も多くみられた。次いで、損傷補修箇所、直線的な摩耗損傷箇所、破断箇所の順であった。この損傷形態別の多寡は、ホース長手方向 5 m の範囲毎に区分した部位によらず、一定の傾向を示した。このうち最も多く観察された、局所的な摩耗損傷箇所は、主に V 字屈曲が引摺られることにより発生することから、災害活動及び訓練で発生する V 字屈曲が、ホースに摩耗損傷を与える主要な原因であるといえる。

また、部位別合計に着目すると、ノズル寄りの 15~20 m の部位において最も損傷箇所が多く見られた。次いで、0~5 m 及び 10~15 m の部位が同程度、5~10 m の部位の順であった。このことから、0~5 m の部位を除けば、ノズル寄りの部位ほど、損傷箇所が多くなることがわかった。

通常、ホース延長は、その後続く進入等の活動を考慮し、ノズル付近に余長を取ることが多い。そのため、ノズル寄りの部位ほど、送水開始時等のホースの動揺及びホースの引摺りによる摩耗の影響を受けやすい。こうした要因によって、ノズル寄りの部位ほど損傷箇所が多くなったと考えられる。

なお、0~5 m の部位の損傷箇所数に関しては以下考察の(2)にて補足する。

(2) 訓練時における V 字屈曲の発生部位調査について

図 5 に示す、ホース P の V 字屈曲の発生部位別割合に着目すると、ポンプ車寄りの部位ほど、V 字屈曲が多く発生する結果が得られた。このことについては、表 6 に示す、ポンプ車の放口に接続されたホースが地面に接触した箇所が発生する V 字屈曲、二又分岐に接続されたホースが急角度に延長されることで発生する V 字屈曲が多く発生したことが要因である。

こうして発生したホース P の V 字屈曲は、送水開始時等のホースの動揺等によって、局所的な摩耗損傷箇所となる可能性があり、考察(1)において、使用不能ホースの 0~5 m の部位の損傷箇所が、5~10 m の部位の損傷箇所より多くなった理由であると考えられる。

また、図 5 に示す、ホース N の V 字屈曲の発生部位別割合に着目すると、ノズル寄りの部位ほど、V 字屈曲が多く発生する結果が得られた。このことについては、表 6 に示す、送水開始時に発生する V 字屈曲、筒先の移動に伴って発生する V 字屈曲が、多く発生したことが要因である。

こうして発生したホース N の V 字屈曲は、送水開始時等のホースの動揺及びホースの引摺りによって、局所的な摩耗損傷箇所となる可能性があり、考察(1)において、使用不能ホースの 0~5 m の部位を除き、ノズル寄りの部位ほど損傷箇所が多くなった理由であると考えられる。また、図 6 に示すとおり、効果確認中にホースに V 字

屈曲が発生した場合、発生総数の概ね半数に対して、隊員のホース整理等によってV字屈曲の解消されていることがわかった。対して、残りの半数のV字屈曲は、ホース整理等の積極的な解消方法が施されておらず、活動の成り行きにより自然に解消されるか、活動終了まで残り続けることがわかった。

(3) 各方面訓練場の舗装面とジャケットの摩擦係数等の測定について

表4に示すとおり、ホース延長場所がアスファルト舗装である訓練場は、1方面訓練場、5方面訓練場、9方面訓練場であり、コンクリート舗装である訓練場は、2方面訓練場、3方面訓練場、夢の島訓練場、7方面訓練場であった。ホース延長場所が屋内であり、平滑な床面仕上げがなされている8方面訓練場を除いて、以下考察を進める。

静摩擦係数の測定結果は、図6より、最少0.49、最大0.72、平均0.59であった。また、引摺りによる摩耗量の測定結果は、表9及び図8より、最少0.043g、最大0.083g、平均0.066gであった。

以上の結果を踏まえ、静摩擦係数及び摩耗量の相関を図9に示す。静摩擦係数及び摩耗量の相関係数は0.81であり、今回計測された静摩擦係数と摩耗量の間、ある程度の正の相関関係が認められた。しかし、その一方で、個々に測定された静摩擦係数から、摩耗量を定量的に推測し、ジャケットに対する舗装面の攻撃性の大小を評価するには充分といえるものではなかった。

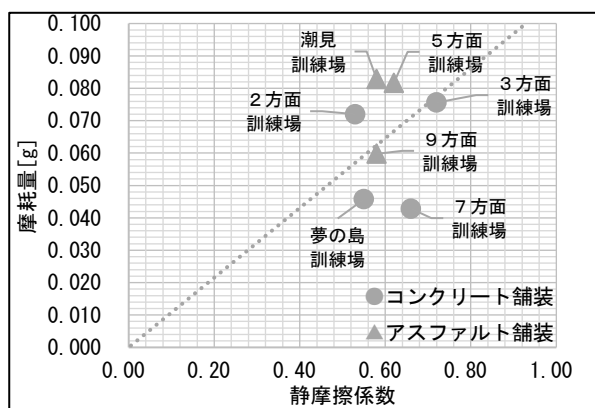


図9 静摩擦係数及び摩耗量の相関

5 まとめ

- (1) ホースの損傷形態は、局所的な摩耗損傷箇所が最も多く、次いで、損傷補修箇所、直線的な摩耗損傷箇所、破断箇所の順に発生する。この発生順位は、ホースの部位によらず一定の傾向を示す。
- (2) ホースの損傷発生部位は、最もポンプ車寄りの部位を除けば、ノズル寄りの部位ほど多い。局所的な摩耗損傷に着目すれば、訓練におけるホース使用時のV字屈曲発生状況と傾向が一致する。
- (3) 効果確認中に発生したV字屈曲のうち概ね半数が、

ホース整理等によって解消されているが、残りの半数に対して、積極的な解消方法は実施されていない。

(4) ホース延長場所の舗装面の静摩擦係数と、そこで引摺られたジャケットの摩耗量はある程度の相関関係を有する。しかし、舗装面の静摩擦係数測定は、ジャケットに対する攻撃性を定量的に評価する手段として不十分である。

6 おわりに

V字屈曲状態のホースが引摺られることで発生する局所的な摩耗損傷が、ジャケットの致命的なダメージとなることは、これまでの経験則だけでなく、平成28年度検証¹⁾の結果からも明確に示されている。

しかしながら、現状、V字屈曲の発生を常時防止することは困難であるため、ホース整理等による積極的解消を実施することが、ホースの摩耗損傷対策として重要である。

そこで、ホースのノズル寄りの部位にV字屈曲が多く発生するという本検証の結果に基づき、以下の対応を提言する。

- (1) 送水時のV字屈曲発生を避けるため、緩やかな経路でホースを延長する。
- (2) V字屈曲の引摺りを避けるため、送水完了後に速やかにV字屈曲の解消を実施する。

以上の対応を、特にホースのノズル寄りの部位に対して、重点的に実施することで、より効率的に局所的な摩耗損傷を回避することが可能である。

7 謝辞

本検証の実施に当たり、消防庁消防研究センター大規模火災研究室長の田村裕之先生より多くの貴重な知見を賜りました。ここに感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 鈴木嘉明、山口敦史、町井雄一郎：消火用ホースの摩耗損傷に関する検証、消防技術安全所報第54号、pp.4-13、2017年9月

Study on the Abrasion Damage to Fire Hoses (Second Report)

Yoshiaki SUZUKI*, Atsushi YAMAGUCHI*, Yuuichirou MACHII**

Abstract

For the purpose of understanding the effects of abrasion damage to the 50 mm fire hoses handled during disaster scene activities and training, a study was conducted in which unusable hoses were observed and such factors as the locations where the V-shaped bending of the hoses occurred and the abrasion coefficient of the training ground pavement surface were evaluated.

The study results confirmed that the most frequent damage was the local abrasion mainly caused by the V-shaped bending of the hoses, and that this damage was more likely to occur at the portion closest to the nozzle of the hose. About half of the V-shaped bends were remedied by the personnel rearranging the hoses, but the remaining V-shaped bends were not properly handled by the personnel. Furthermore, a correlation may exist between the static abrasion coefficient of the pavement surface of the training ground rubbing against the hoses and the amount of abrasion damage to the surface of the dragged hoses.