

## 6. 実車実験

### 1) 目的

付着金属片が自動車の接触により発生するとの推定を検証するため、実車を防護柵に接触させて金属片を付着させる実験を行った。

### 2) 方法

国総研構内の衝突実験施設内に設置した防護柵に車両を接触させ、金属片の付着の有無、付着した場合は金属片の付着状況を調査した。さらに接触する箇所を上方から高速度カメラで撮影し、防護柵に金属片が付着する現象を詳細に分析した。なお、車両の運転はスタントマン1名が行った。

防護柵に接触させる位置は、防護柵のボルト部、継ぎ目部、終点側端部についてそれぞれ行った。なお、継ぎ目部の実験は、全て逆目の状態で接触させた。

車両の接触位置と防護柵の接触位置との関係は、表6-1に示す状況を再現することを想定して行った。

表6-1 再現を試みようとしている車両の状況

防護柵の接触位置	車両の接触位置	再現を試みようとしている車両の状況
ボルト部	左側	通常の走行中に、左側路側の防護柵に接触
継ぎ目部	右側	中央線をはみ出し、右側路側の防護柵に接触
	左側	中央分離帯のある道路を逆送して中央帯の防護柵に接触
終点側端部	左側	通常の走行中に、左側路側の防護柵の端部に接触

また、ボルトの締め付け条件について、締め付け強度を変えたケースでの実験も行った。車両の速度は40km/hを標準とし、20km/h、60km/hとするケースでも行った。



写真 6 - 1 実車実験の様子

3) 結果

実験結果を、表 6 - 2 ~ 6 - 4 に示す。

表 6 - 2 実車実験結果 (ボルト部)

実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突速度 (km/h)	車両接触位置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	ボルト部隙間				付着有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
11	ボルト	手締め0.2N・m程度	無	40	左側	3.15	有	上段ボルト	三角形、20×62mm	
12		手締め0.2N・m程度	無	40	左側	3.29	有	下段ボルト	三角形、30×68mm	車両ドア部損傷大
20		手締め0.2N・m程度	無	60	左側	1.29	有	上段ボルト	四辺形、24×35mm	車両ドア部損傷大
27		トルクレンチ5N・m	無	40	左側	4.57	有	下段ボルト	三角形、30×42mm	
33		手締め0.2N・m程度	無	40	左側	5.71	有	下段ボルト	三角形、40×95mm	
9		通常 50~70N・m	隙間2.0mm	40	左側	3.29	有	下段ボルト	微小片	車両ドア部損傷大
10			隙間1.0mm	40	左側	3.29	有	下段ボルト	微小片	車両ドア部損傷大
25		手締め0.2N・m程度	無	60	左側	3.58	有	下段ボルト	微小片	車両ドア部損傷大
26		トルクレンチ7N・m	無	60	左側	4.15	有	上段ボルト	微小片	
5		通常 50~70N・m	無	40	左側	2.65	無			
6			無	40	左側	2.65	無			
7			無	20	左側	2.65	無			
8			無	40	左側	2.08	無			
19		手締め0.2N・m程度	無	60	左側	1.29	無			
24		トルクレンチ15N・m	無	40	左側	6.77	無			バンタイプ車両を使用
32		手締め0.2N・m程度	無	40	左側	4.36	無			
46		手締め0.2N・m程度	無	20	左側	4.57	無			
47		上段:ゆるみ有り 下段:手締め0.2N・m程度	上段:0.5mm 下段:無	20	左側	4.79	無			
48		上段:ゆるみ有り 下段:手締め0.2N・m程度	上段:0.5mm 下段:無	40	左側	2.86	無			
49		上段:ゆるみ有り 下段:トルクレンチ10N・m	上段:0.5mm 下段:無	40	左側	4.72	無			
50		上段:ゆるみ有り 下段:トルクレンチ10N・m	上段:0.2mm 下段:無	40	左側	3.72	無			
51	上段:ゆるみ有り 下段:トルクレンチ10N・m	上段:2.0mm 下段:無	40	左側	4.43	無				

表 6 - 3 実車実験結果 (継ぎ目部)

実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突速度 (km/h)	車 両 接触 位置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	順目 / 逆目				付着 有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
2	継 目	通常 50~70N・m	逆目	40	左側	—	有	横梁下段	三角形、42×89mm	
4			逆目	40	左側	3.27	有	横梁下段	三角形、60×110mm	
17			逆目	40	右側	2.72	有	横梁上段	三角形、50×87mm	
18			逆目	60	右側	1.43	有	横梁上下段	上:四辺形、60×60mm 下:三角形、68×172mm	上段金属片はガード レール裏側にめり込み
28			逆目	40	右側	3.36	有	横梁下段	三角形、60×180mm	
31			逆目	40	右側	2.43	有	横梁上段	三角形、18×30mm	
43			逆目	40	右側	3.93	有	横梁上下段	上:四辺形、70×40mm 下:三角形、25×47mm	上段金属片はガード レール裏側にめり込み
45			逆目	20	右側	3.08	有	横梁上段	三角形、70×200mm	
1			通常 50~70N・m	逆目	40	左側	—	無		
3		逆目		40	左側	—	無			
29		逆目		40	右側	3.58	無			
30		逆目		40	右側	4.00	無			
34		逆目		40	右側	2.86	無			
35		逆目		40	右側	4.86	無			
36		逆目		40	右側	4.22	無			
37		逆目		40	右側	5.71	無			
38	逆目	40		右側	1.43	無				
39	逆目	40		右側	2.29	無				
40	逆目	40		右側	3.51	無				
42	逆目	40		右側	4.57	無				
44	逆目	40		右側	3.58	無				
41	トルクレンチ10N・m	逆目		40	右側	4.00	無			

表 6 - 4 実車実験結果 (端部)

実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突速度 (km/h)	車 両 接触 位置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	順目 / 逆目				付着 有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
13	終 点 側 端 部	通常 50~70N・m	逆目	40	左側	2.58	無			
14			逆目	40	左側	3.01	無			
16			逆目	40	左側	2.72	無			
21			逆目	60	左側	3.12	無			スパン2.0m
22			逆目	40	左側	0.85	無			スパン2.0m
15		手締め0.2N・m程度	逆目	40	左側	2.72	無			
23		手締め0.2N・m程度	逆目	40	左側	4.59	無			スパン2.0m

ボルト部では、22 ケース中 9 ケースで金属片が付着した。このうち 4 ケースは、付着金属片が三角形でその大きさは、幅 2.0cm~4.0cm、長さ 3.5cm~9.5cm であり、全国の直轄国道で発見された金属片を統計的に整理した値と

ほぼ同じ形状のものが付着することが確認できた。また、金属片が付着した9ケースの付着場所の内訳は、上段のボルト部が3ケース、下段のボルト部が6ケースであった。

一方、継ぎ目部では、22ケース中8ケースで金属片が付着した。付着した金属片は大半が三角形でその大きさは、幅1.8cm～7.0cm、長さ3.0cm～20.0cmであり、継ぎ目部についても、全国の直轄国道で発見された金属片を統計的に整理した値とほぼ同じ形状のものが付着することが確認できた。また、金属片が付着した場所は、継ぎ目部の上段が5ケース、下段が5ケースであり、うち2ケースは上段と下段の両方に付着した。

端部では、7ケース全てで付着の再現ができなかった。

### 3) 考察

#### ①金属片の発生率

防護柵に金属片が付着したのは、ボルト部の実験では22ケース中9ケースであるが、付着した9ケースのうち5ケースは手締め状態、2ケースは隙間を1.0mm又は2.0mm設けたものであり、平常の状態と言えるのは2ケースであった。従って、平常の状態での発生率は、7ケース中2ケースで付着していることから約30%である。一方、継ぎ目部の実験では22ケース中8ケースで付着し、発生率は約40%である。

このように、車両が防護柵のボルト部に接触又は継ぎ目部に逆目の状態で接触することにより金属片が付着することは確認できたが、いずれの場合も接触すれば必ず金属片が発生するわけではない。

#### ②ボルトの締め付け条件と付着の関係

ボルトを通常のレンチ(50～70N・m)で、隙間が無い状態で締め付けたケースでは、金属片は一度も付着しなかった。

一方、ボルトを手締め(0.2N・m程度)にしたケースでは、8ケース中5ケースで付着した。

更に、ボルト部に1.0mm、又は2.0mmの隙間をつかって締め付けたケースでは、車両ドア部の損傷は大きかったが、防護柵には微小片しか付着しなかった。

また、ボルトをゆるませることにより、0.2mm、0.5mm、2.0mmの隙間をつかったケースでは、金属片は一度も付着しなかった。

このことから、ボルトを通常のレンチで締め付けて実験を行った場合、及び隙間を設けて実験した場合には、金属片が付着しにくい傾向があることが分かった。

#### ③接触速度と付着金属片の形状の関係

継ぎ目部の場合、接触速度が速いと付着金属の長さが長くなる傾向が見られた。一方、ボルト部の場合、接触速度と付着金属片の長さとの関係

は確認できなかった。

#### 4) 防護柵に金属片が付着するメカニズム

防護柵の継ぎ目部に金属片が付着した実験ケースについて、防護柵の継ぎ目部を上方から高速度カメラ(1コマが1/1000秒)で撮影した映像から、防護柵に金属片が付着する現象を詳細に分析すると以下のとおりであった。

- ①まず、車両のフェンダー部分が防護柵に接触することによって、車両のフェンダー部分がへこみ、その結果、前面のドアパネルがフェンダー部分よりも外側に飛び出した状態になり、車両のフェンダー部分と前側のドアパネルとの間にわずかな段差が発生する。
- ②車両が引き続き防護柵を外側に押しながら走行するため、防護柵の継ぎ目部にわずかな隙間が発生する。  
(今回、撮影されたケースにおいては、最大隙間は約2.19mmであった。)
- ③継ぎ目部のわずかな隙間が発生している状態において、車両のフェンダー部分と前側のドアパネルとの段差部分が、その隙間の間に引っかかる。
- ④前側のドアパネルが、その隙間の間に押し込まれていき、それと同時にドアパネルに、切り欠きが発生していく。
- ⑤防護柵の継ぎ目部の間に、これ以上ドアパネルが入らなくなった瞬間からドアパネルは継ぎ目部分を起点として折り返されながら車両から引きちぎられていく。
- ⑥ドアパネルは、折り返されながら順次引きちぎられ続けていく。その際、ドアパネルには、後ろ向きの引張力だけではなく、外側に折り返えそうとするモーメントが作用するために、ドアパネルの切り込みの両端では中心に向かって斜め方向に力が作用するため、生成される金属片の幅は順次小さくなっていく。
- ⑦最終的に両側の破断面が合流して三角形の金属片が形成される。

一方、ボルト部については、金属片が付着する際に防護柵と車両のドアパネルが密着している関係で、継ぎ目部のような映像が得られなかったが、金属片の発生メカニズムは基本的には継ぎ目部と同じような現象が発生しているものと考えられる。

#### 5) まとめ

実験結果より、付着金属片は、「車両が防護柵に接触して、車体がボルトの頭又は継ぎ目に引っかかることにより、車体の一部が引きちぎられ、防護柵に付着する。」というメカニズムにより発生することが確認された。

また、高速度カメラで撮影した映像から、金属片が付着する詳細なメカニズムが解明された。