

実車実験結果について

1. 実験目的

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に、自動車を防護柵に接触させて金属片を付着させる実車実験を行った。

2. 実験方法

実験は国総研構内の衝突実験施設内に防護柵を設置し、防護柵に車両を接触させることによって行った。

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。

ここで、車両の接触位置と防護柵の接触位置との関係は、次のような状況を再現することを想定して行った。

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する場合を想定
継ぎ目部	右側	中央帯をはみ出し、右側路側の防護柵に接触する場合を想定
	左側	中央分離帯のある道路を逆走して中央帯の防護柵に接触する場合を想定
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する場合を想定

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場合の実験も行った。車両の速度は40 km/hを標準として行い、20 km/hの場合、ならびに60 km/hの場合も一部行った。

3. 実験結果

実験結果は、別表に示すように、ボルト部に関しては、22回のうち9回がボルトの頭に金属片が付着した。このうち4回は、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ような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回の付着場所としては、上段のボルト部が3回、下段のボルト部が6回であった。

一方、継ぎ目部に関しては、22回のうち8回が継ぎ目部に金属片が付着した。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ような形状のものが付着することが確認できた。また、金属片が付着した付着場所としては、継ぎ目部の上段が5回、下段が5回であった。（継ぎ目部の実験のうち2回は上段と下段の両方に付着した）

端部に関しては、7回のうち1回も付着の再現ができなかった。

4. 考察

1) 金属片の発生頻度

防護柵に金属片が付着したのは、ボルト部の実験では22回中9回、継ぎ目部の実験では22回中8回で、どちらとも発生率は約40%程度であった。

防護柵に金属片が付着するためには、まずは、車両が防護柵のボルト部に接触するか、もしくは車両が防護柵の継ぎ目部に逆目の状態で接触することが必要であるが、このような接触があったとしても必ずしも金属片が発生するわけではなかった。

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、ボルト部に隙間が無

い状態で締め付けた場合は、金属片は一度も付着しなかった。

一方、ボルトを手締め（0.2 N・m程度）の場合、8回のうち5回付着した。

更に、ボルト部に1.0mm、又は2.0mmの隙間をつくって締め付けた場合には、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の隙間をつくった場合には、金属片は一度も付着しなかった。

このようなことから、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見受けられた。

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うけられた。一方、ボルト部の場合は、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。

5. 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、車両のフェンダ一部分が防護柵に接触することによって、車両のフェンダ一部分がへこみ、その結果、前面のドアパネルがフェンダ一部分よりも外側に飛び出した状態になり、車両のフェンダ一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、車両のフェンダ一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隙間の中に、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。

6. 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部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。




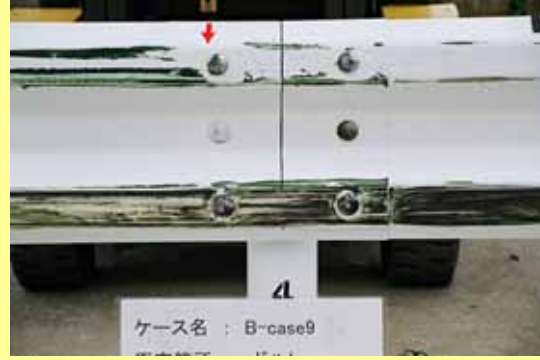







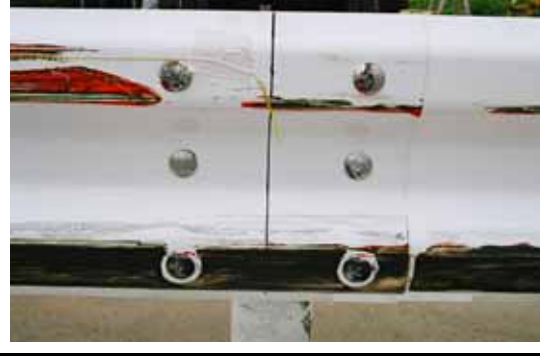

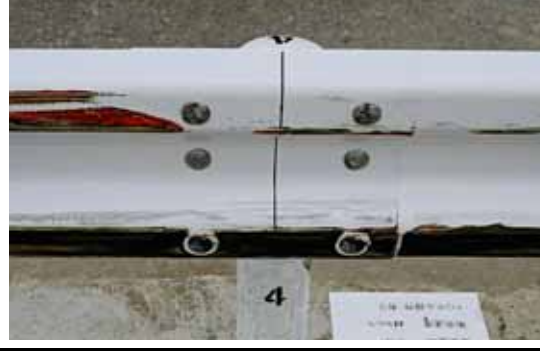



実験ケース一覧表

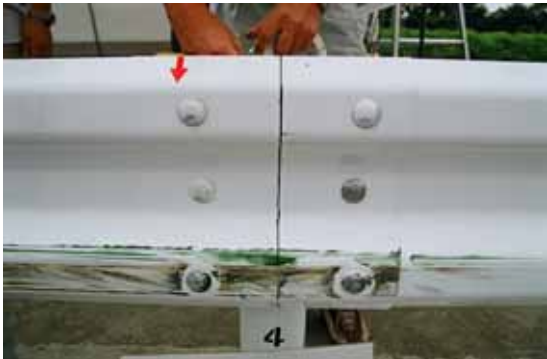

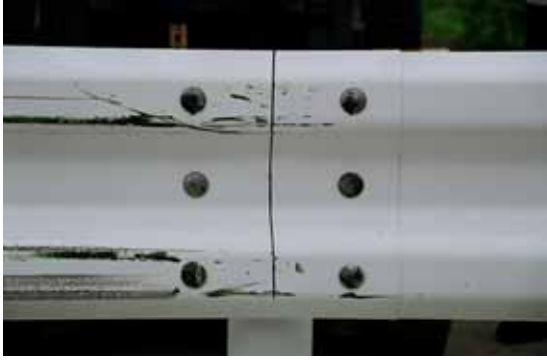











実験 No.	衝突箇所	設置条件		衝突速度 (km/h)	車両接触位置	衝突角度 (°)	金属片の付着状況			備考
		締付条件	順目/逆目				付着有無	付着箇所	形状・幅×長さ	
2	縦目	通常 50~70N・m	逆目	40	左側	—	有	横梁下段	三角形、42×89mm	
4			逆目	40	左側	3.27	有	横梁下段	三角形、60×110mm	
17			逆目	40	右側	2.72	有	横梁上段	三角形、50×87mm	
18			逆目	60	右側	1.43	有	横梁上下段	上:四辺形、60×60mm 下:三角形、68×172mm	上段金属片はガード レール裏側にめり込み
28			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			





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

実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
11			
12	 ケース名 : PB-case4 衝突箇所 : ボルト		
20	 4		 箇所 : ボルト(手締) 速度 : 60km/h ル操作:有り 位置:車両左側
27	 4		 40km/h 作:有ッ 車両左側
33	 2 ケース名 B-case17 衝突箇所 ボルト 衝突速度 40km/h		 ボルト 23456789101234567891012 40km/h
9			 名 : PB-case9






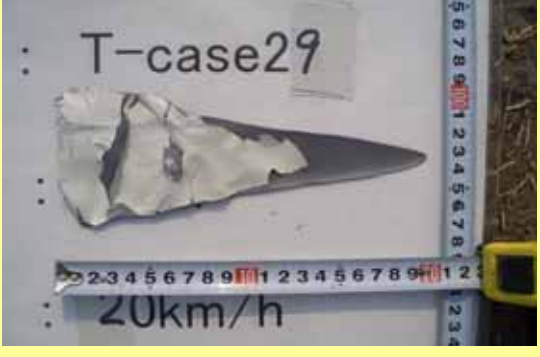










実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
10			
25			
26			
5			
6			
7			
8			





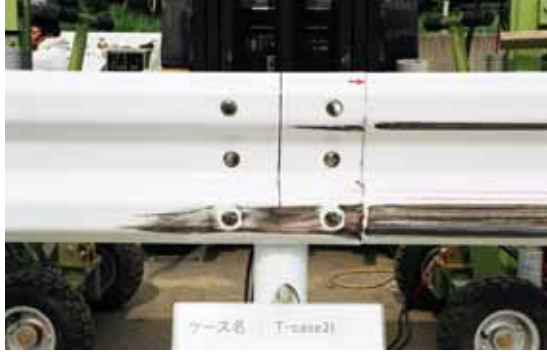









実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
19			
24			
32			
46			
47			
48			
49			

実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
50			
51			

継目 (逆目での衝突)







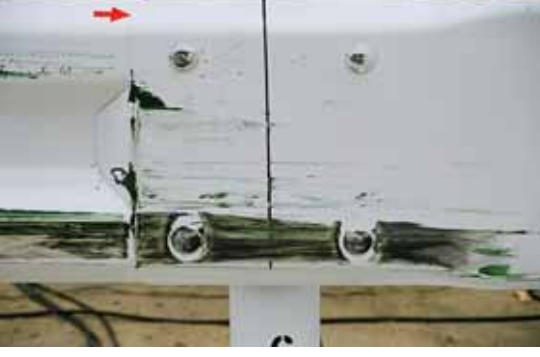







実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
2	 <p>ケース名 PT-case2 衝突箇所 継目部 進入位置 支柱～ 衝突速度 40km/h</p>	 <p>ケース名 PT-case2 衝突箇所 継目部 進入位置 支柱～ 衝突速度 40km/h</p>	
4	 <p>ケース名 PT-case4 衝突箇所 継目部 衝突速度 40km/h ハンドル操作あり</p>	 <p>ケース名 PT-case4 衝突箇所 継目部 衝突速度 40km/h ハンドル操作あり</p>	
17		 <p>ケース名 T-case1 衝突箇所 継目部 衝突速度 60km/h ハンドル操作あり</p>	
18		 <p>ケース名 T-case2 衝突箇所 継目部 衝突速度 60km/h ハンドル操作あり 接触位置: 車両右側</p>	 <p>ケース名 : T-case2 衝突箇所 : 継目 衝突速度 : 60km/h ハンドル操作あり 接触位置: 車両右側</p>
28		 <p>ケース名 T-case1 衝突箇所 継目部 衝突速度 60km/h ハンドル操作あり</p>	
31	 <p>ケース名 T-case1 衝突箇所 継目部 衝突速度 40km/h ハンドル操作あり</p>	 <p>ケース名 T-case1 衝突箇所 継目部 衝突速度 40km/h ハンドル操作あり</p>	 <p>T-case 15 継目 40km/h</p>

実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
43	 <p>ケース名 T-case27</p>	 <p>ケース名 T-case27 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体後部</p>	 <p>T-case27 継目 40km/h</p>
45	 <p>ケース名 T-case27</p>	 <p>ケース名 T-case27 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体後部</p>	 <p>T-case29 20km/h</p>
1	 <p>ケース名 T-case1</p>	 <p>ケース名 T-case1 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体前部</p>	
3		 <p>ケース名 T-case3 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体前部</p>	
29		 <p>ケース名 T-case29 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体前部</p>	
30		 <p>ケース名 T-case30 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体前部</p>	
34	 <p>ケース名 T-case18</p>	 <p>ケース名 T-case18 衝突箇所 側面 衝突速度 40km/h 衝突位置 車体前部</p>	

実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
35			
36			
37	 ケース名 : T-case31		
38			
39	 ケース名 : T-case23 衝突箇所 : 縦目		
40	 ケース名 : T-case24		
42			

実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
44			
41			

終点側端部

実験No.	ガードレール	車 両	金 属 片
13	 <p>ケース名 : PS-case12 衝突箇所 : 袖部</p>		
14			
16			
21			
22			
15			
23	 <p>6 ケース名 : S-case7</p>		

防護柵の継ぎ目部に金属片が付着する状況を上から撮影した映像
(車両の右側が防護柵の継ぎ目部(逆目)に接触)



1) 車両接触前



2) バンパーが継ぎ目に接触



3) 運転席ドア部分が継ぎ目に接触



4)



5)



6)



7)



8)



9) 金属片と車両が接触



10)



11) 車両離脱後



12)