

I - B209

緩衝効果を有する落橋防止装置の衝突実験及び効果の検証

日本道路公団試験研究所 正会員 ○窪田 賢司

同 上 正会員 菅野 匡

同 上 正会員 上東 泰

同 上 正会員 石田 博

1. はじめに

1995年1月17日発生した兵庫県南部地震は、道路橋を含む土木構造物、人的両面において、未曾有の被害をもたらした。本研究は、下部工に突起（落橋防止壁）を設け、地震動による上部工が下部工から逸脱することを防止すると同時に、この突起と上部工が衝突する面に衝撃力を緩和する緩衝材を設置した構造の開発を行ってきた。本文は、緩衝材の衝突時のエネルギー吸収性能実験、実橋モデルの非線形応答解析による緩衝材を挿入した時の効果・検証について述べる。

2. 実験概要

実験は、7年度の実験から有効と思われる3種類の緩衝材（①合成樹脂（シリコン充填）、②化学繊維容器（砂詰）、③弾性シム材）について以下の試験を行った。試験装置及び実験結果を図1、表1に示す。

（1）速度の依存性：実験は衝突エネルギーを一定となるように、衝突速度及び衝突物体重量を変化させたもので行った。結果、合成樹脂（シリコン充填）は速度及び衝突重量を変化させても反力がほぼ一定となり、依存性が少ない材料といえる。

（2）温度の依存性：弾性シム材については、温度の依存性が強く、低温時に硬質化し高温時に軟質化する材料であり、反力が変化する。

（3）形状寸法効果：厚さ（10cm, 20cm）の違いに着目した。結果、合成樹脂（シリコン充填）は反力の変化が見られない。弾性シム材及び化学繊維容器（砂詰）は、厚くなるほど反力が小さくなる傾向にある。

（4）繰り返し衝突：一つの緩衝材に3回の衝突実験を行い、その緩衝効果の低減を調べた。結果、合成樹脂（シリコン充填）は、3回とも同程度の反力となったが、弾性シム材は、衝突回数が多くなるにつれて反力が高くなった。

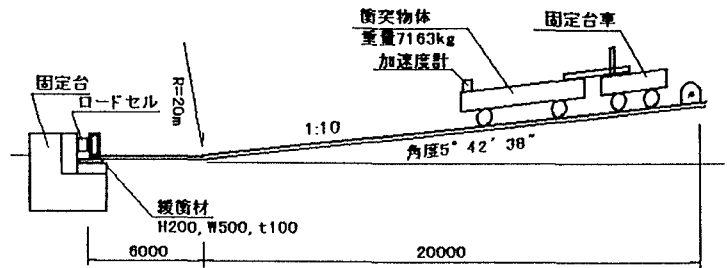


図1 試験装置

表1 実験結果

試験項目	材料名	材料厚さ (cm)	温度及び回数 (℃,回)	衝突物体重量 (kgf)	衝突物体速度 (m/sec)	最大反力 (tonf)	吸収エネルギー率 (%)	備考	
速度の依存性	合成樹脂 (シリコン充填)	10.0	15	1,790	3.62	22.0	98		
				7,160	1.80	22.1	97		
				14,325	1.27	23.8	96		
	化学繊維容器 (砂詰)	10.0	15	1,790	3.64	36.8	100		
				7,160	1.86	43.6	100		
				14,325	1.24	55.6	98		
	弾性シム材	10.0	15	1,790	3.59	28.9	99		
				7,160	1.80	31.9	99		
				14,325	1.24	33.7	100		
温度の依存性	合成樹脂	10.0	-10	7,160	1.86	25.0	96		
			40	1.80	24.9	97			
	弾性シム材	10.0	-10	7,160	1.81	52.9	98		
			40	1.78	79.7	—			
	厚さの依存性	合成樹脂	20.0	15	14,325	1.29	23.8	86	
						1.26	25.6	—	
1.27						16.3	99		
化学繊維		10.0	1回目	7,160	1.23	19.4	87		
					1.24	18.8	90		
					1.24	17.8	95		
繰り返し衝突	弾性シム材	10.0	2回目	7,160	1.21	17.2	98		
					1.23	21.2	97		
					1.26	24.2	97		
	合成樹脂	10.0	3回目	7,160	1.23	19.4	87		
					1.24	18.8	90		
					1.24	17.8	95		

キーワード：地震、落橋防止装置、緩衝材、衝突、非線形応答解析

連絡先：〒194 町田市忠生 1-4-1 TEL 0427-91-1621 FAX 0427-92-8650

3. 緩衝材の落橋防止効果の検証

緩衝材の効果の検証は、実験で得られたデータをもとにモデル化し、図2に示すように橋梁に付加した状態で非線形応答解析により行った。解析に用いる合成樹脂(シリコン充填)の諸元及び解析橋梁は、表2、表3に示す。入力地震波は、神戸海洋気象台の地震波 NS 成分を入力した。なお、橋脚基部は固定とした。各橋梁での上部工加速度、速度、変位と固定橋脚基部のせん断力、曲げモーメントについて、緩衝材設置有無の比較を表4に示す。上部工加速度は、全体的に緩衝材を設置した方が大きくなる傾向である。これは、緩衝材を設置すると固有周期が短くなること、上部工が緩衝材に衝突する際の瞬間的な反発力によるものである。上部工速度は、B橋で6割程度に低減しているが、全体的には緩衝材設置の有無で応答値に違いはみ

られない。上部工変位は、橋台に緩衝材を設置した場合に相当するA,B,C,D,E橋で、5~6割程度に低減している。固定橋脚基部のせん断力、曲げモーメントについては、緩衝材設置の有無でほとんど違いは無い。以上のように、緩衝材を設置すると、上部工の変位を制限することができる。しかしながら、橋脚に発生する断面力を低減することは難しい。また、H橋の様

表2 諸元

項目	諸元
緩衝材形状	H=10,W=60,L=20cm
バネ定数 K1	230t/m
バネ定数 K2	306t/m
減衰係数 C	7.3tf·s/m
緩衝材重量	0.04tf

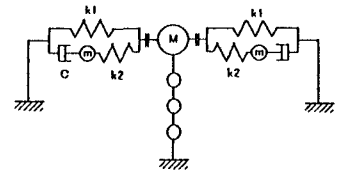


図2 解析モデル

表3 解析橋梁

橋梁名	型 式		上部工重量(tf)		橋脚高(m)
	上部工	下部工	設計部 動単位	橋脚1 本当り	
A橋	単純RC造	2柱式	326	163	6.6
B橋	単純PCC造	2-2柱	343	172	10.0
C橋	3径間1固定RC造	2-2柱	1,456	728	10.0
D橋	5径間2固定RC造	3柱式	1,628	271	9.4
E橋	3径間1固定RC造	2柱式	1,052	526	10.0
F橋	4径間2固定RC造	2柱式	1,391	348	6.9
G橋	5径間3固定RC造	2柱式	1,579	263	15.5
H橋	3径間2固定鋼桁	1柱式	3,340	1,670	65.0

表4 解析結果

項 目		A橋	B橋	C橋	D橋	E橋	F橋	G橋	H橋
上部工 加速度 (m/s ²)	緩衝無	10.270	7.665	7.535	4.521	3.146	4.359	4.363	6.286
	緩衝有	14.340	13.050	10.340	13.290	11.360	6.059	4.954	8.015
	倍率	1.40	1.7	1.37	2.94	3.61	1.39	1.14	1.28
上部工 速度 (m/s)	緩衝無	0.689	1.531	1.312	1.232	1.195	1.186	1.378	2.081
	緩衝有	0.712	0.859	0.878	0.956	1.086	1.274	1.357	2.276
	倍率	1.03	0.56	0.67	0.78	0.91	1.07	0.98	1.09
上部工 変位 (m)	緩衝無	0.086	0.216	0.219	0.202	0.219	0.173	0.273	0.473
	緩衝有	0.051	0.106	0.120	0.098	0.113	0.242	0.265	0.510
	倍率	0.59	0.49	0.55	0.49	0.52	1.40	0.97	1.08
下部工基部 せん断力 (tf)	緩衝無	191	141	521	96	137	115	113	1877
	緩衝有	176	137	488	102	134	115	120	1983
	倍率	0.92	0.97	0.94	1.06	0.98	1.00	1.06	1.06
下部工基部 曲げモーメント (tf·m)	緩衝無	1174	1283	5411	888	1336	734	1378	65290
	緩衝有	1058	1120	4760	804	1186	736	1382	70330
	倍率	0.90	0.87	0.88	0.91	0.89	1.00	1.00	1.08

に、フレキシブルで長周期な橋梁に緩衝材を近づけて設置すると、固有周期が短くなり地震力が大きくなる。ただし、緩衝材無しで上部工が下部工及び落橋防止壁に直接衝突すると、大きな衝撃力が加わる。従って、下部工の天端スペース等の問題で落橋防止壁を上部工から離して設置できない場合には、緩衝材により積極的に上部工変位を拘束することが有効となる。

4. あとがき

耐震性に優れた橋梁構造は、兵庫県南部地震直後から学識経験者及び各機関において議論がなされてきた。JHにおいても、耐震性に優れた橋梁をめざし検討をすすめる耐震補強工事を実施している。その中のひとつの耐震性に優れた落橋防止装置について検証された。今後は、大規模地震時の橋梁全体の挙動と破壊メカニズムを明確にし、支承、落橋防止装置、伸縮装置及び桁端部の構造等、落橋防止システムとしての耐震性に優れた橋梁設計を検討する予定である。