

I-B 307

落橋防止装置に用いる緩衝材の実験的研究

日本道路公団試験研究所 正員 ○窪田 賢司
 日本道路公団試験研究所 正員 菅野 匡
 日本道路公団試験研究所 飯東 義夫
 日本道路公団試験研究所 堀江 啓夫

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、土木・建築構造物に多大な被害を与えた。橋梁においても至る所で落橋して交通網に支障を来した。本研究は、落橋防止装置の中でも一般的な落橋防止壁（コンクリートストッパー）に関し、ストッパーの前面に緩衝材を設置することにより、①大規模な地震に対して上部工が下部工から逸脱しないこと、②上部工の慣性力・衝撃力を直接下部工に伝えないこと、を目標に緩衝材の衝突試験を行ったものである。

2. 試験概要

試験は、緩衝材自体の静的圧縮試験及び衝突試験（図1）を行い、材料特性及び衝突エネルギーの吸収効果を把握するものである。また、ストッパーと緩衝材が一体となったときの動的挙動及び破壊性状を調べ、落橋防止装置としての機能を確認するものである。

試験から下記が得られた。

（1）静的圧縮試験から得られたP- δ 曲線は、図2に示すとおり5種類のパターンに分類できる。緩衝材に期待するP- δ 曲線としては、圧縮初期にある程度荷重が立ち上がり、その後荷重はほぼ一定の状態で変位のみ増加するものが良いものと考えられる。つまり、パターン④がエネルギー吸収効果の良いものと言える。

（2）静的圧縮試験で得られたP- δ 曲線をもとに、図3に示す曲線が囲む面積を緩衝材が吸収できるエネルギー(E1)と仮定し、これと衝突試験での衝突エネルギー(E2)と等しくなる時の反力及び圧縮量を推定した。なお、(E2)が(E1)を上回る場合は、P- δ 曲線を二次曲線にて外挿延長し求めた。その結果、予測値と衝突試験結果を比較すると、表1に示すとおり全般的に一致する傾向にあった。特にパターン②、③がよく一致する。このような材料は、静的な圧縮試験から予測が十分可能なものである。

（3）衝突試験から、ストッパーに発生した最大反力は、衝突後の残留変位量に依存する結果が得られた。そのことから、上部工がストッパーに衝突する時のエネルギー量が分かれば、ストッパーの破壊状態を予測することができる。

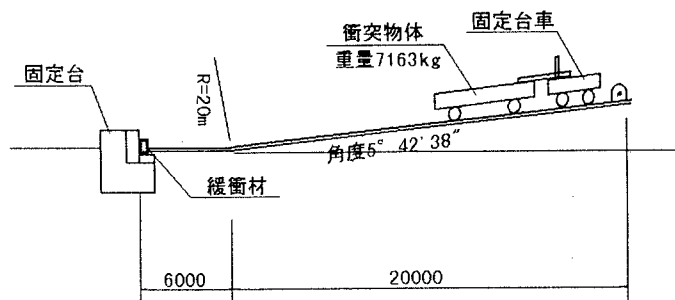


図1 衝突試験装置

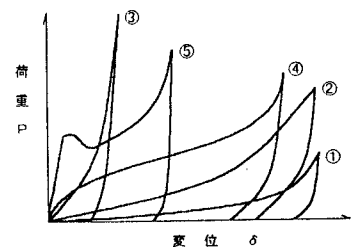


図2 P- δ 曲線

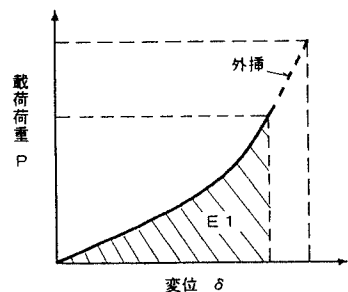


図3 吸収エネルギー

表1 試験結果及び静的圧縮試験からの予測値

材 料	厚さ (cm)	衝突物体速度 (m/s)		最大 加速 度 (g)	最大 反力 (実測値) (tonf)	最大 圧縮 量 (mm)	衝突物体速度から求めた 運動エネルギー (J)				曲 線 ハ タ ー ン	吸収エ ネルギー J $E_1 = \Sigma P \cdot \delta$	予測値	
		V1 (衝突前)	V2 (衝突後)				E2 (衝突前) ($E = 1/2 m V_1^2$)	E3 (衝突後)	ΔE ($E_2 - E_3$)	ΔE E2			最大反 力 (tonf)	最大圧 縮量 (mm)
ゴム A	10.0	1.83	0.81	10.8	79.4	66.6	11,989	2,349	9,640	0.80	②	5,713	97.3	76.7
ゴム B	10.5	1.85	0.32	30.8	220.9	103.6	12,252	367	11,885	0.97	①	1,039	推定不能	
ゴム C	9.7	1.74	1.01	13.4	100.6	23.3	10,839	3,652	7,187	0.66	③	6,488	95.0	35.2
合成樹脂 A	10.0	1.83	0.60	8.7	65.9	82.6	11,989	1,289	10,700	0.89	②	5,978	101.4	85.2
合成樹脂 B	10.3	1.85	0.34	3.5	22.7	70.5	12,252	414	11,838	0.97	④	14,484	29.1	86.9
発砲スチロール	10.0	1.76	0.72	31.1	242.2	96.7	11,089	1,856	9,233	0.83	①	2,715	推定不能	
発砲ポリエチレン	10.1	1.87	0.75	21.0	155.3	90.7	12,519	2,014	10,505	0.84	①	3,538	143.0	98.5
弾性シール材	9.7	1.67	0.07	4.2	31.6	70.9	9,984	18	9,966	1.00	①	2,136	推定不能	
ウレタン	10.1	1.86	0.71	9.7	72.4	33.8	12,385	1,805	10,580	0.85	②	14,514	57.5	50.2
鋼製容器 粒状発砲スチロール	10.0	1.73	0.26	11.9	94.6	95.5	10,715	242	10,473	0.98	⑤	6,615	推定不能	
鋼製容器 砂	9.9	1.88	0.39	13.6	98.4	40.0	12,653	545	12,108	0.96	⑤	5,880	106.5	40.6
化学繊維容器 粒状発砲スチロール	10.7	1.72	0.58	30.8	232.6	94.3	10,591	1,204	9,387	0.89	①	2,989	推定不能	
化学繊維容器 砂	9.9	1.86	0.13	5.4	43.6	70.3	12,385	61	12,324	1.00	④	15,758	66.5	60.4

3. 衝突エネルギー

落橋防止装置に作用する応答速度としては、落橋防止装置が無いとした場合の上部工の最大応答速度を考えるのが最も安全側となる。一般的な橋梁について周期と応答速度の関係を図4に示す。弾性解析により求めた応答速度と非線形解析により求めた応答速度を比較すると、固有周期0.7secまでの橋梁に関しては応答速度の比が1.5程度となる。また、応答速度は、固有周期に依存し、橋梁型式によらないことが分かった。

以上のことから、上部工がストッパーに衝突するときのエネルギー量(E)は、下記の計算式で推定することができる。

$$(E) = 1/2 \times \text{上部工重量} \times 9.8 \times (\text{弾性解析による速度} \times 1.5)^2$$

ただし、固有周期0.7sec以下の橋梁に適用する。

4. おわりに

本研究の結果から、ストッパー前面に設置する緩衝材として、有効なものが確認された。また、ストッパーに衝突するエネルギー量が分かれば、破壊状態がある程度予測できる。このエネルギー量は、一般的な橋梁であれば弾性解析による速度から求めることが可能と考えられる。しかしながら、この緩衝材の適用に際しては、形状寸法効果、速度及び温度の依存性等、不明確な点がある。また、地盤条件、支承条件等により衝突速度が異なることが予想される。今後は、追加実験並びにモデル解析等を行い、経済的で合理的な落橋防止装置の提案を行っていく予定である。

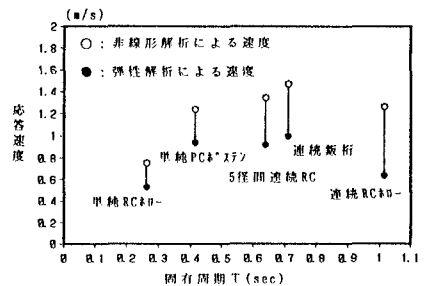


図4 周期と速度の関係