

ゴム鋼併用型耐震緩衝材のエネルギー吸収性能評価

学生氏名 野畑 主税
指導教員 皆川 勝

1. はじめに

大地震時、免震橋における隣接桁間・桁と橋台間では高いレベルの衝撃荷重が作用し、損壊によって落橋に至る危険性が高くなる¹⁾。皆川ら²⁾は、衝撃荷重の作用を緩和する落橋防止用緩衝材として、ゴムを併用した鋼管を用いることに着目し、高いエネルギー吸収性能や衝撃荷重の低減効果が得られると考えた。そして、静的載荷実験を行ない、基本特性の把握、および静的な範囲における荷重-変位関係を予測できるモデルを構築した。しかし、落橋防止用緩衝材は実橋に設置することから、動的載荷による特性を検討する必要がある。そこで、本研究では、ゴム鋼併用型耐震緩衝材が衝撃的な荷重を受けた際の、エネルギー吸収性能を把握するために、落錘式衝撃実験³⁾を行なった。

2. 実験概要

所定の高さから重錘を落下させて、試験体に衝撃的な力を作用させた。また、試験体が円管形状であり、設置する際に不安定であることと、実際に落橋防止システム用緩衝材として設置された状況下において、上部構造の衝突面が平面であることを考慮し、剛体とみなせる平板を介して、先端が球面上の重錘を衝突させている。本実験の計測項目は、レーザー変位計による試験体上面に介された平板の変位（試験体が完全につぶれた変位を0としている）とロードセルによる試験体背面に発生した伝達荷重である。

図-1 に実験装置概要、図-2 に試験体の寸法及び形状を示す。

3. 実験結果

図-3に、試験体の伝達荷重（反力）-時間関係の一例を示す。同図は、衝突開始から繰り返し衝突が終了するまでを示している。初期衝突時に最大荷重値を示し、以後、小規模な衝突を繰り返す。全ての試験体において、初期衝突時に鋼管の降伏点をはっきりと確認できた。

図-4に、各試験体の初期衝突時における伝達荷重（反力）-時間関係および、試験体変位-時間関係の一例を示す。同図は、縦第1軸に伝達荷重（反力）を、縦第2軸に試験体の上部に設置した平板の位置、横軸に伝達時間をとっている。重錘が平板を介して試験体に衝突すると同時に試験体の圧縮変形が始まり、最大伝達荷重値とほぼ同時に試験体の圧縮変位が最大となる。そして、再び伝達荷重値が0となるのと同時に試験体の復元が終了し、平板と重錘のみの移動が進行する。試験体の変形開始時と変形終了時に目安となる線を示した。

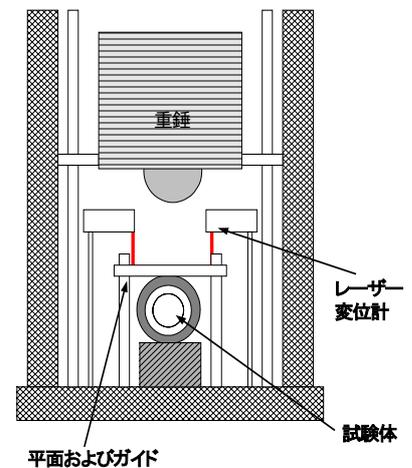


図-1 実験装置概略

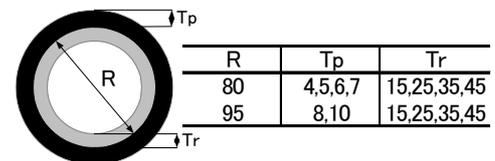


図-2 試験体の寸法及び形状

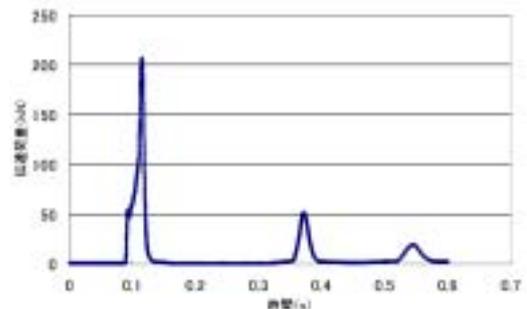


図-3 鋼管 80×5 ゴム 25 伝達荷重-時間

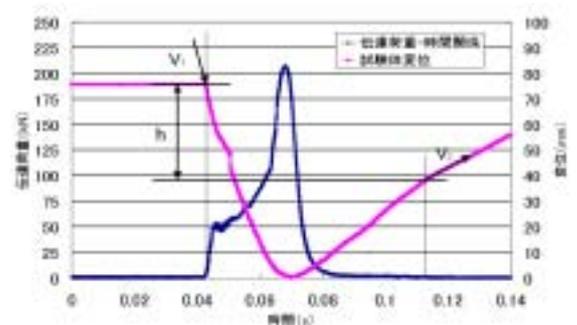


図-4 鋼管 80×5 ゴム 25 伝達荷重-時間及び試験体変位-時間関係

4. エネルギーの吸収効果

図-4に示した、各試験体の初期衝突部における伝達荷重(反力)-時間関係および、試験体変位-時間関係から衝撃エネルギーの吸収効果を評価する。

落橋防止システム用緩衝材には、地震によりエネルギーを持って移動する桁と橋台間に設置された緩衝材との間で衝撃現象が生じた際に、その衝撃エネルギーの吸収効果が要求される。このエネルギーの吸収効果を評価するために以下の式を用いて、試験体への衝突現象中の運動エネルギーの変化率を求め、これをエネルギー吸収率とした。

$$\Delta E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100$$

ΔE : エネルギー吸収率 (%)

衝突直前の運動エネルギー E_1 : $E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$

衝突直後の運動エネルギー E_2 : $E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - mgh$

m : 重錘重量, V_1 : 衝突直前の重錘速度, V_2 : 試験体復元直後の試験体速度(復元直後, 0.025 秒間の速度を用いている),

h : 図-4 に示す V_1 , V_2 評価時の高さの差

表-1 に、各試験体におけるエネルギー吸収率を示す。全ての試験体において、高いエネルギー吸収性能を示すことが出来た。また、図-4 に示した各試験体の初期衝突部における伝達荷重-時間および、試験体変位-時間関係から求めた力積と衝突前後の重錘速度から求めた運動量の変化を比較した。表-2 に各試験体における力積と重錘の運動量変化を示す。伝達荷重-時間関係から求めた力積の方が 15%から 25%程度大きいものもあるが、全体的には、ニュートンの第 2 法則と等価である力積-運動量定理がほぼ成立していることを確認した。

5. おわりに

本研究において、ゴム鋼併用型耐震緩衝材のエネルギー吸収性能を定量的に判断することができた。そして、本緩衝材が、高いエネルギー吸収性能を有することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 土木学会関西支部：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，土木学会関西支部講習会テキスト，2001.7. 2) 皆川勝，土井雄司，石黒聡：ゴム鋼併用型耐震緩衝措置の荷重-変位関係のモデル更新，鋼構造年次論文報告集，第 12 巻，pp.47-54，2004.11.
- 3) 西本安志，梶田幸秀：落橋防止システム用緩衝材としての積層繊維補強ゴムの落錘式衝撃実験と伝達荷重の予測に関する一考察，構造工学論文集，Vol.47A,pp1655-1664,2001.3.

謝辞：実験を行なうにあたり、仲宗根茂技士，佐藤安雄技士，石黒聡氏，後藤学氏，並びに防衛大学の香月智教授，梶田幸秀先生にご助言，ご協力頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

表-1 各試験体におけるエネルギー吸収率

試験体	No	$\Delta E(\%)$	試験体	No	$\Delta E(\%)$
80-4-15	1	99.3	80-7-15	1	99.2
	2	99.6		2	99.9
80-4-25	1	98.7	80-7-25	1	99.9
	2	99.6		2	99.1
80-4-35	1	99.8	80-7-35	1	99.2
	2	99.6		2	99.6
80-4-45	1	97.8	80-7-45	1	98.6
	2	97.3		2	97.8
80-5-15	1	99.6	95-8-15	1	99.9
	2	99.7		2	99.9
80-5-25	1	99.4	95-8-25	1	99.5
	2	99.0		2	99.9
80-5-35	1	98.4	95-8-35	1	99.9
	2	99.2		2	99.3
80-5-45	1	96.8	95-8-45	1	95.7
	2	97.9		2	98.7
80-6-15	1	99.9	95-10-15	1	99.8
	2	99.5		2	99.8
80-6-25	1	99.8	95-10-25	1	99.9
	2	99.7		2	98.4
80-6-35	1	99.3	95-10-35	1	98.0
	2	99.9		2	96.7
80-6-45	1	99.0	95-10-45	1	94.8
	2	99.5		2	97.1

表-2 各試験体における力積と重錘の運動量変化

試験体	No	運動量変化 (kN·t)	力積 (kN·t)	試験体	No	運動量変化 (kN·t)	力積 (kN·t)
80-4-15	1	2.07	2.58	80-7-15	1	2.30	3.12
	2	2.00	2.55		2	2.85	3.13
80-4-25	1	2.15	2.92	80-7-25	1	2.71	3.36
	2	2.47	2.88		2	2.62	3.38
80-4-35	1	2.53	3.23	80-7-35	1	2.81	3.69
	2	2.59	3.20		2	2.90	3.71
80-4-45	1	2.39	3.48	80-7-45	1	3.23	3.96
	2	2.77	3.49		2	3.07	3.97
80-5-15	1	2.26	2.71	95-8-15	1	2.82	3.37
	2	2.09	2.71		2	2.85	3.38
80-5-25	1	1.84	3.07	95-8-25	1	3.14	3.66
	2	2.47	3.06		2	3.32	3.72
80-5-35	1	2.67	3.33	95-8-35	1	3.19	3.85
	2	2.75	3.34		2	3.23	3.87
80-5-45	1	2.86	3.63	95-8-45	1	3.65	4.16
	2	2.97	3.58		2	3.39	4.16
80-6-15	1	2.39	2.84	95-10-15	1	2.79	3.53
	2	2.06	2.83		2	3.00	3.54
80-6-25	1	2.41	3.17	95-10-25	1	3.00	3.79
	2	2.30	3.15		2	2.84	3.79
80-6-35	1	2.56	3.52	95-10-35	1	3.13	3.95
	2	2.62	3.44		2	3.20	3.97
80-6-45	1	2.93	3.72	95-10-45	1	3.45	4.18
	2	2.85	3.72		2	3.28	4.19