

ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の 開発

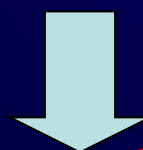
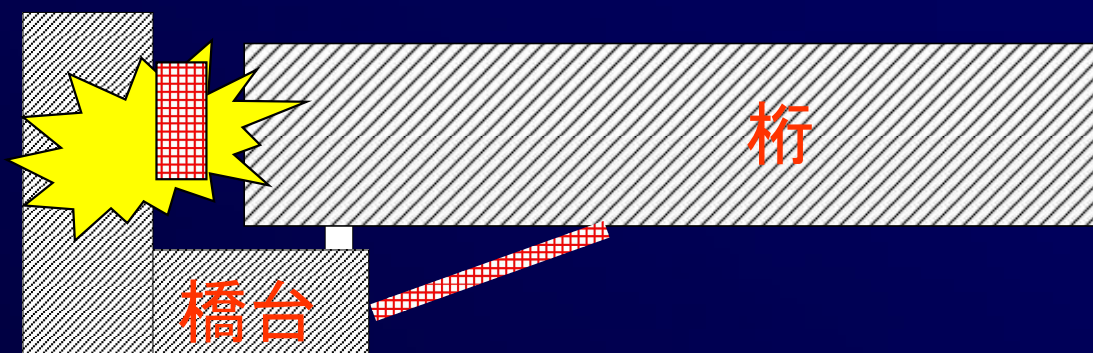
建設情報マネジメント研究室

学生氏名 石黒 聡

指導教員 皆川 勝

はじめに

兵庫県南部地震以降，橋梁に免震設計が積極的に採用されるようになった



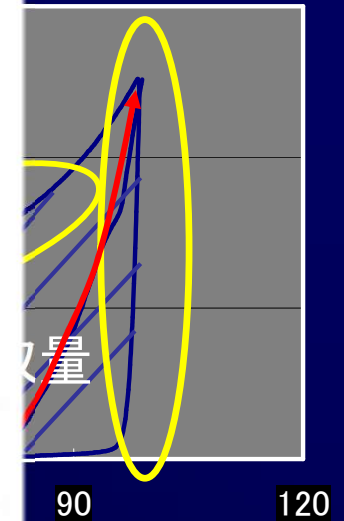
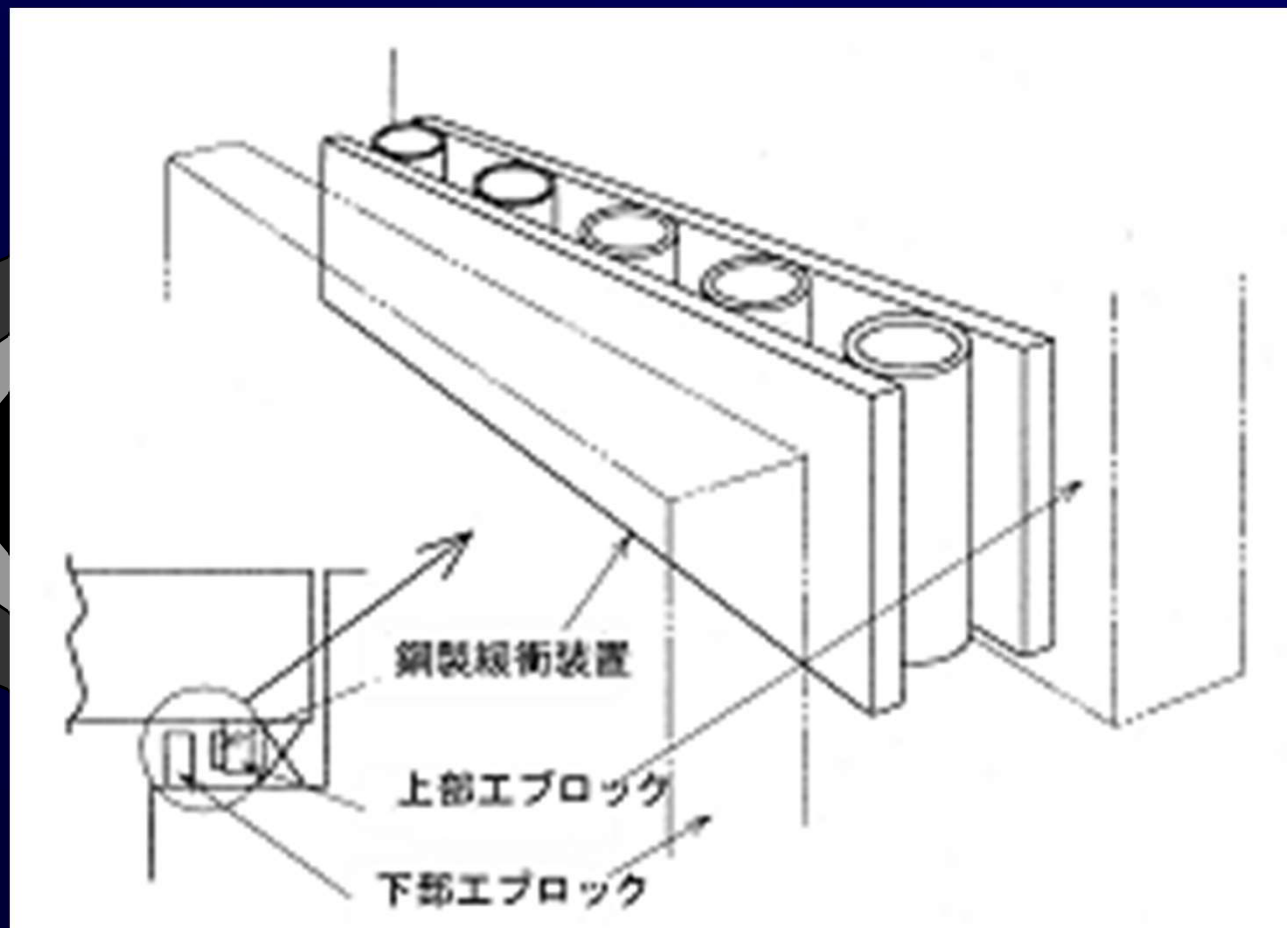
推奨

桁・橋脚・橋梁・損傷装置落橋につながる
を設置することが必要
人的被害
交通多大な復旧作業の遅延

- 大型の伸縮装置

ゴム鋼併用型耐震緩衝装置について

本研究では、落橋防止装置用緩衝材として**ゴム**を併用した**鋼管**を用いることに着目した



※ゴム管と鋼管は接着していない

荷重-変位モデルの作成

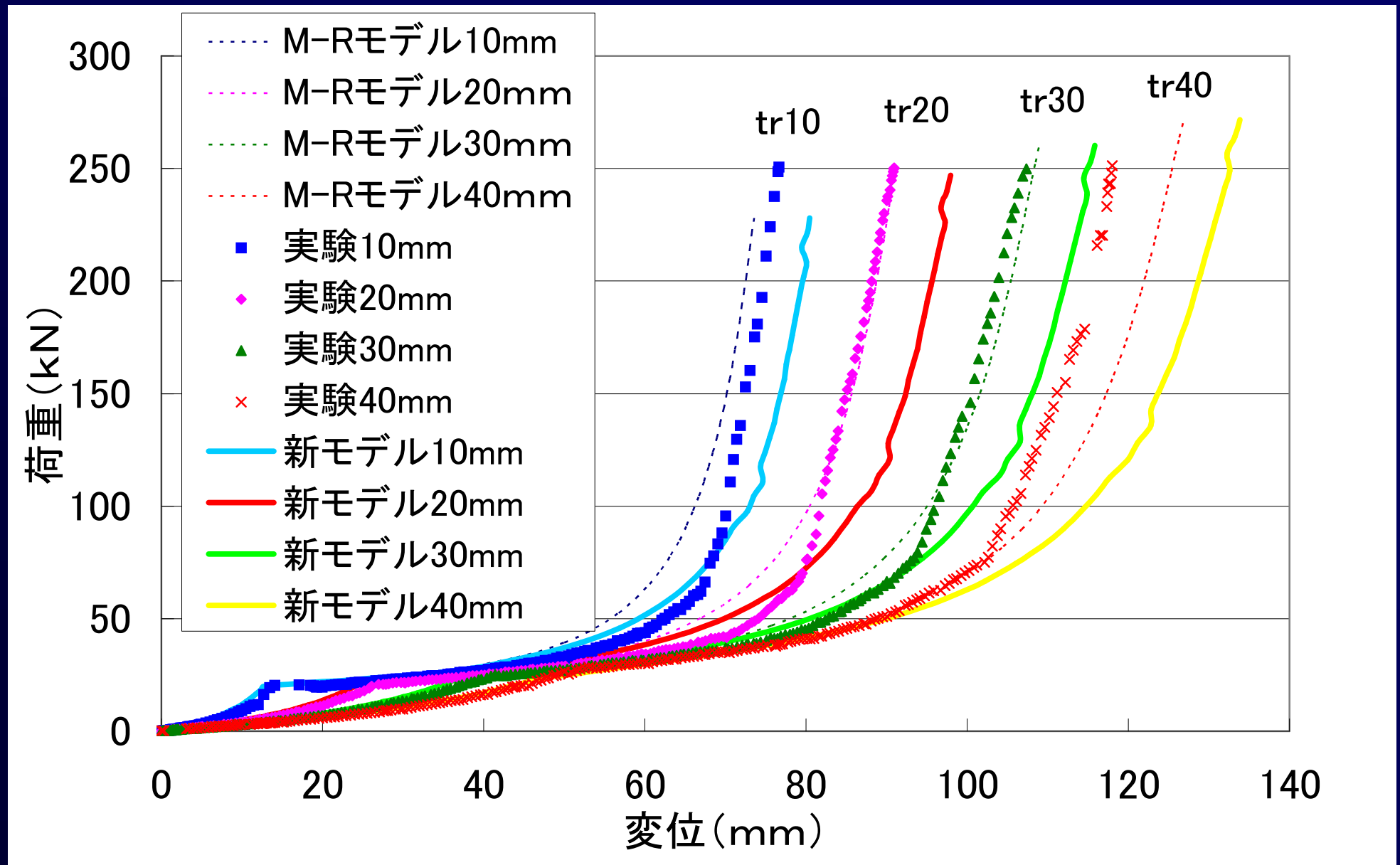
皆川らは、静的圧縮載荷実験を行ない、個々の部材より基礎特性を把握した

基礎特性(個々の部材)

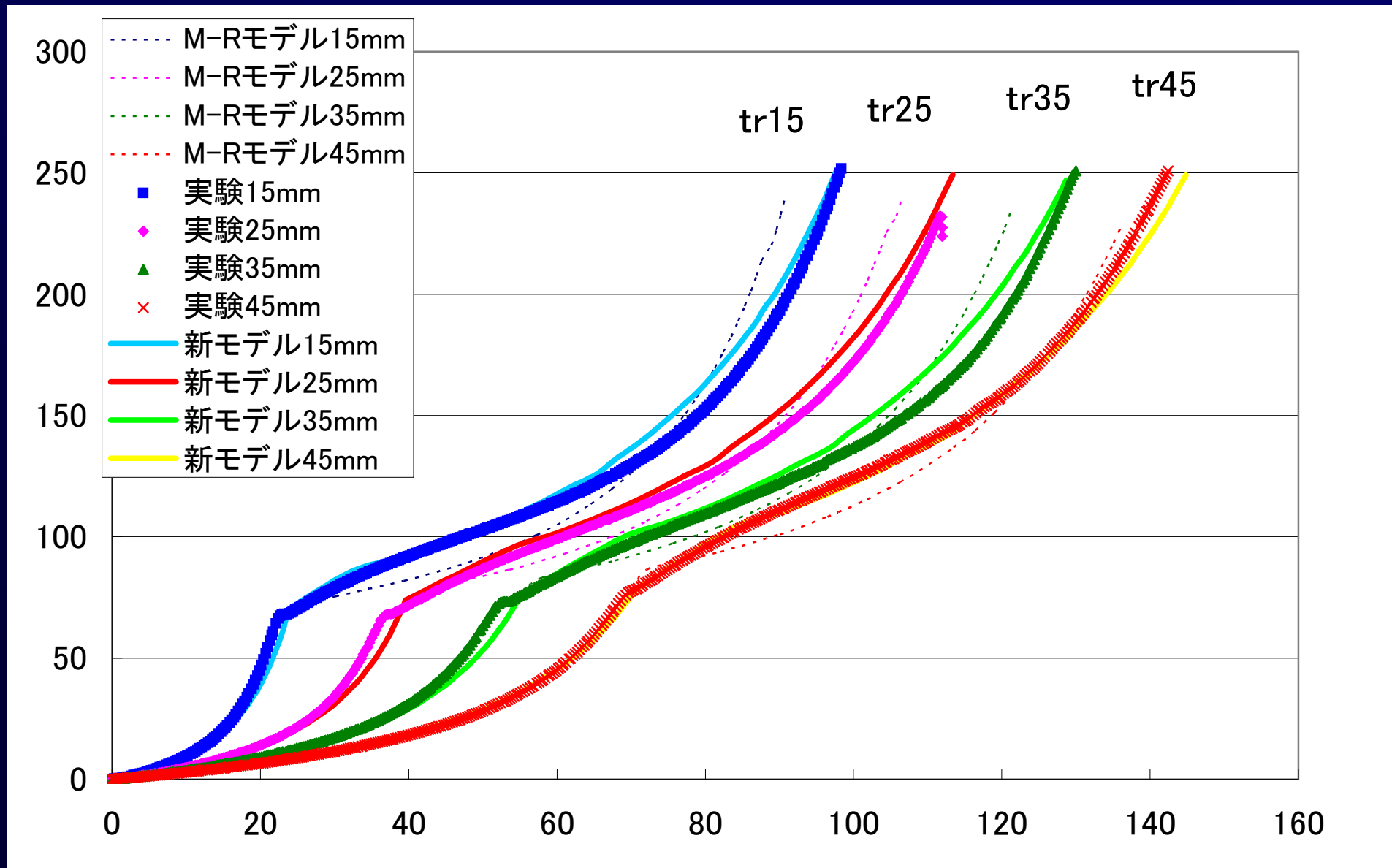
- ゴムの圧縮変形特性
- ゴムの曲げ変形特性
- 鋼管の曲げ変形特性
- ゴムから鋼管への力の伝達特性

鋼管の側部曲げモーメントに着目して改善

静的載荷時の荷重-変位モデルを作成し、荷重-変位関係を推定



70×4 ゴム鋼併用型耐震緩衝材の荷重 - 変位関係 (径厚比: 大)

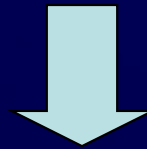


110×10 ゴム鋼併用型耐震緩衝材の荷重 - 変位関係 (径厚比: 小)

動的載荷実験の目的

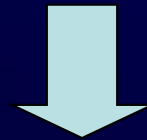
静的載荷実験

- ・ゴムのみの緩衝装置に比べ高いエネルギー吸収性能を示した
- ・荷重-変位関係を把握することが可能となった



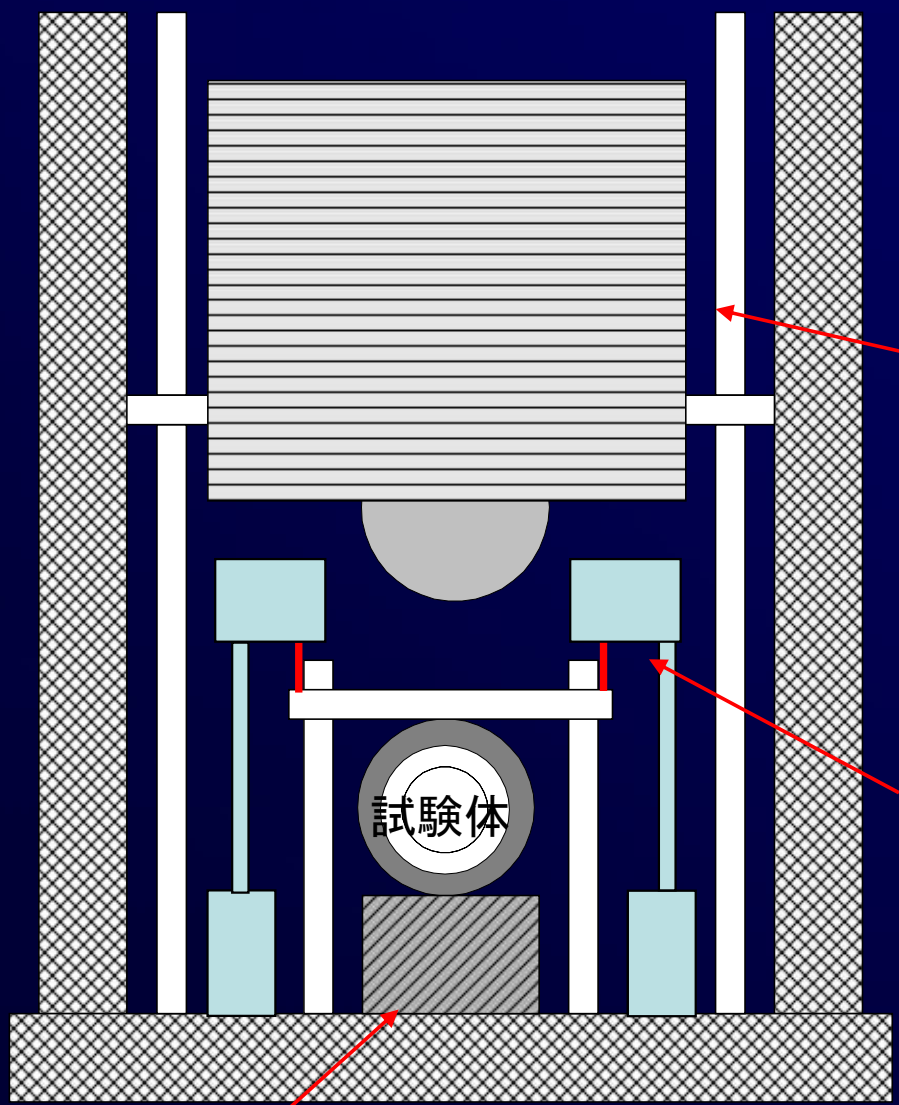
動的載荷実験

- ・ 落橋防止構造に作用する衝撃力の低減効果・エネルギーの吸収量を測定・評価



静的な特性より構築した荷重-変位関係モデルを用いて動的な荷重-変位関係を推定する

落錘式衝撃実験試験機概要



所定の高さから重錘
上部構造を自由落下の衝突に
際し、重錘方を完全に固定
してその前面に緩衝材を
設置した場合を想定

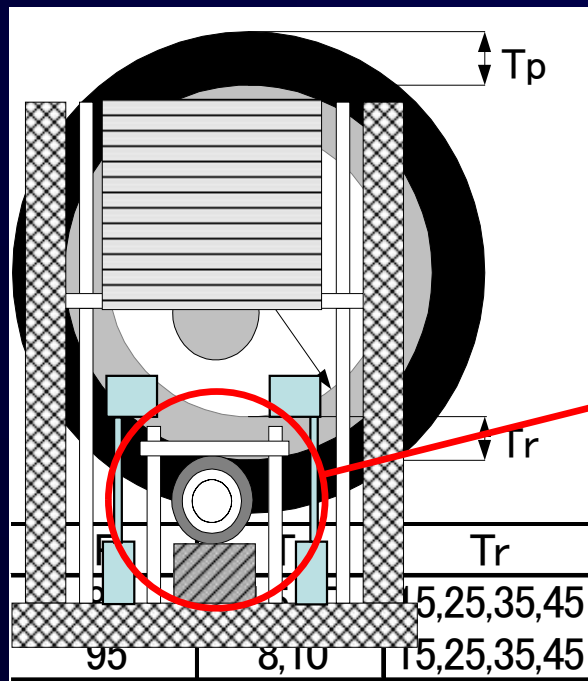
衝撃的な力を作用
レーザー変位計…平板の変位
を計る

ロードセル…伝達衝撃荷重

試験体および設置状況

鋼管強度が最も低い鋼管80-4(鋼管外径80mm, 鋼管厚4mm)を含む80シリーズ

鋼管強度が最も高い鋼管95-10(鋼管外径95mm, 鋼管厚10mm)を含む95シリーズ



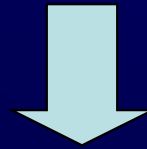
・合計
・
ルギ



落錘式衝撃実験の入力条件

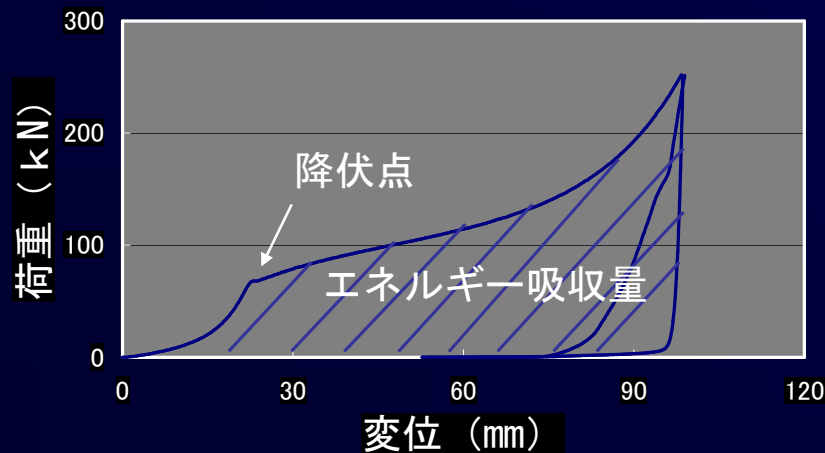
本実験における入力条件は、

緩衝材の終局限界までの静的エネルギー吸収量とした



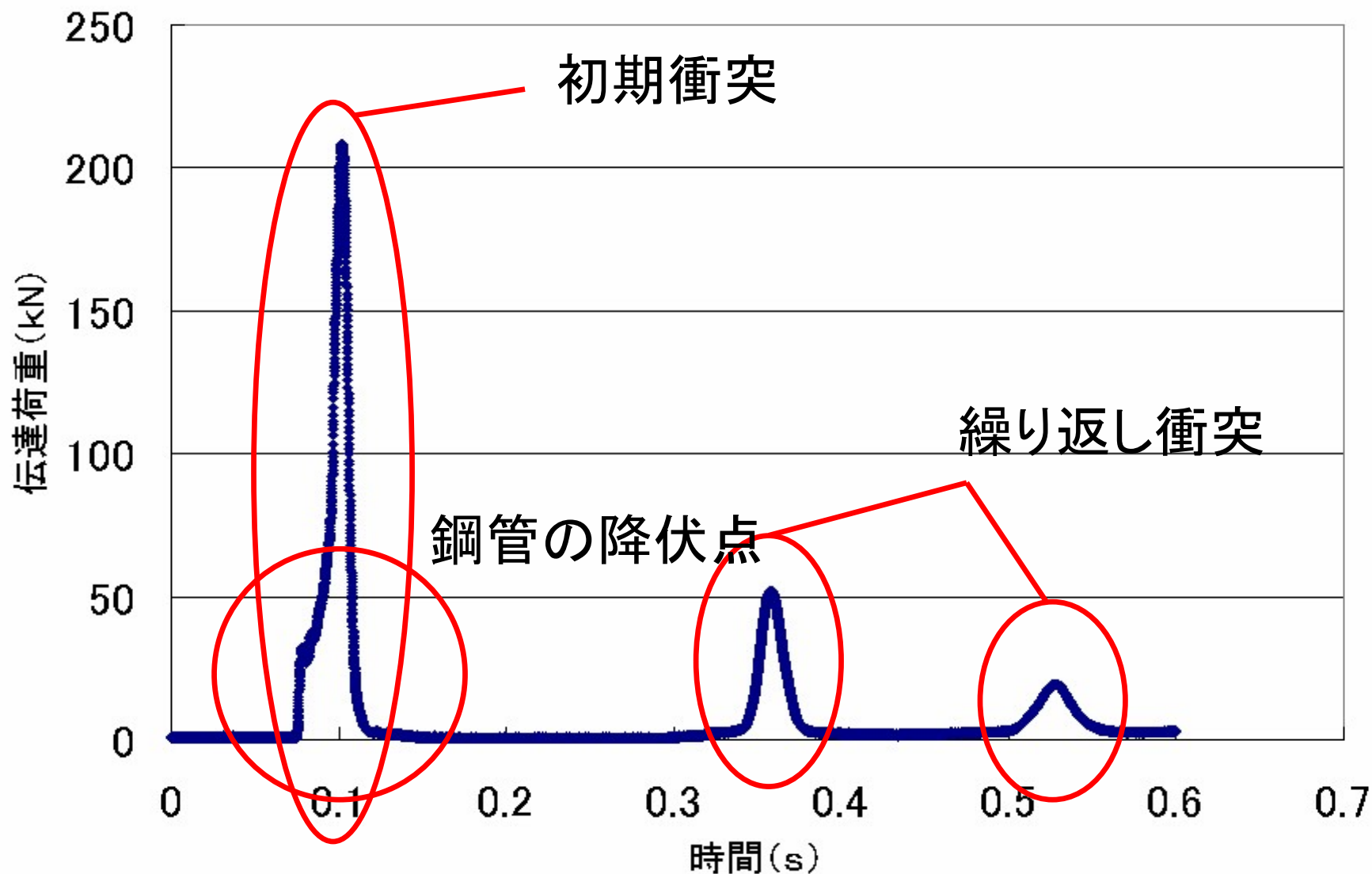
静的圧縮載荷実験結果から、

鋼管内の上下部を完全に接することができる250kN付近までのエネルギー吸収量と定めた



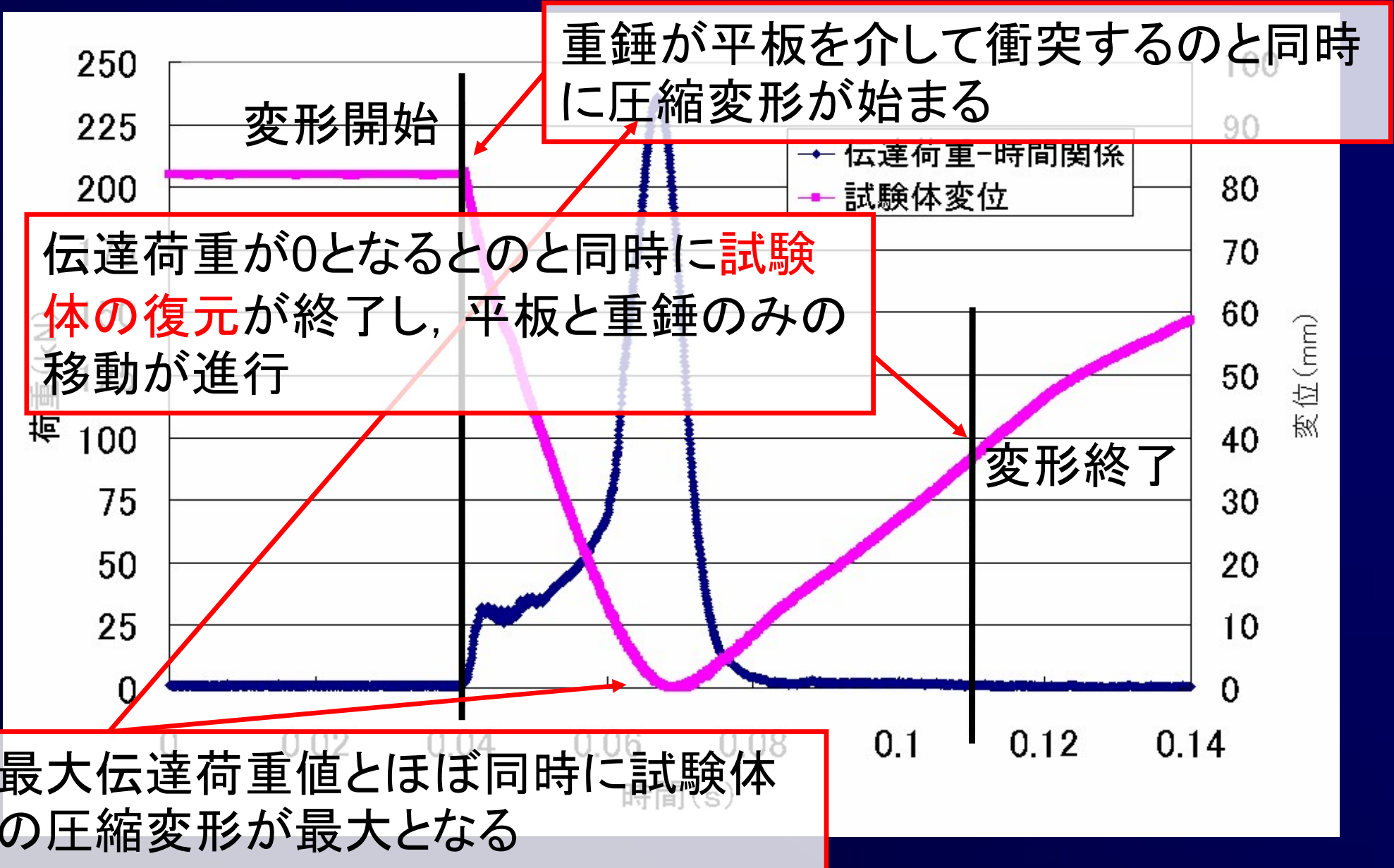
入力エネルギーと重錘重量450kgf(4.415kN)から
落下高さと衝突速度を算出

実験結果(伝達荷重-時間関係)



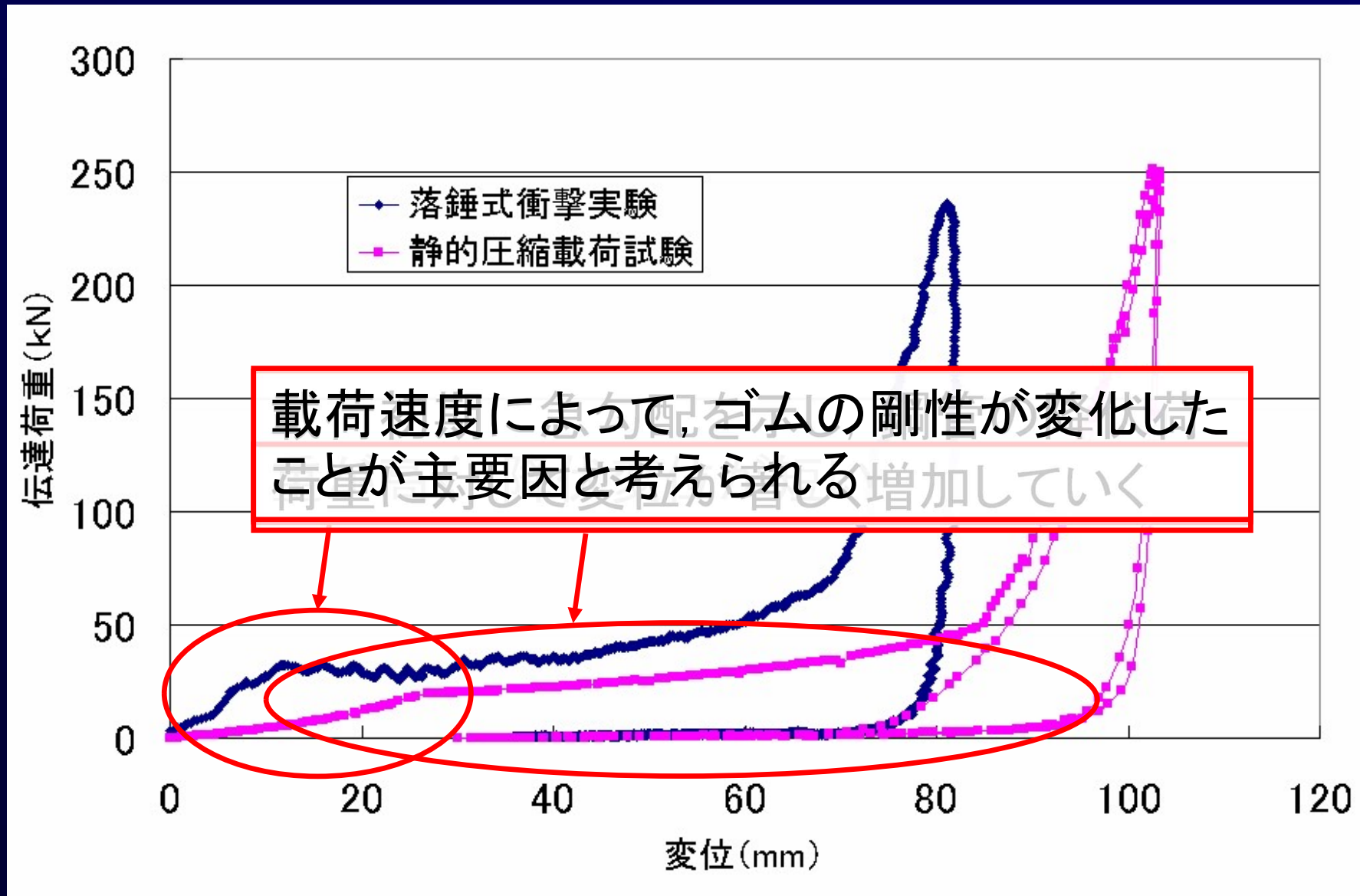
鋼管80×4 ゴム厚25mm 伝達荷重 - 時間関係

実験結果(試験体変位-時間関係)



鋼管80×4 ゴム厚25mm 伝達荷重 - 時間関係および試験体変位 - 時間関係

実験結果(伝達荷重-変位関係)



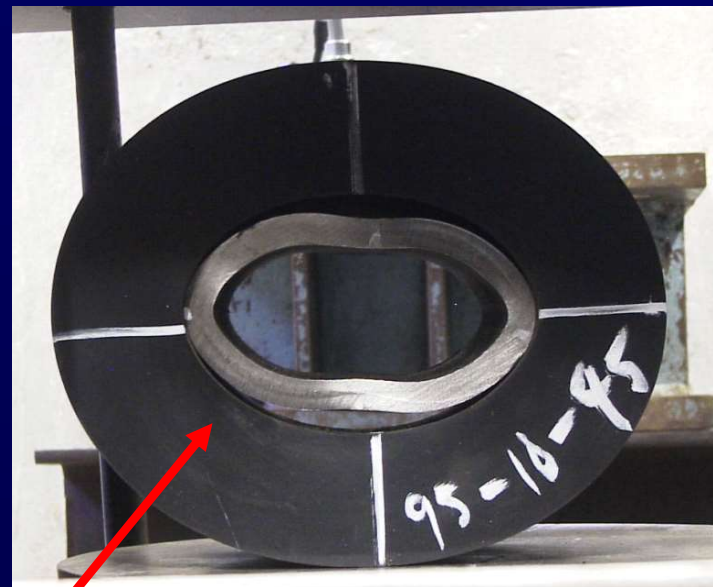
鋼管80×4 ゴム厚25mm 伝達荷重 - 変位関係

実験結果(実験終了後の試験体)



鋼管80×4 ゴム厚25mm

鋼管が圧壊



鋼管95×10 ゴム厚45mm

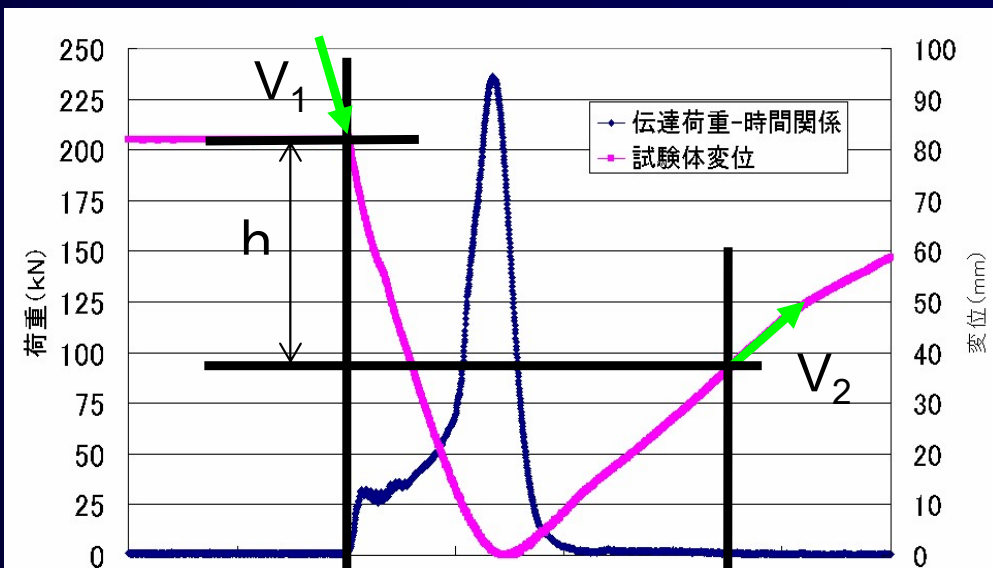
設定した入力エネルギーでは、圧壊させることが出来ない



載荷速度によって、ゴムの剛性が変化したことが主要因

衝突エネルギーの吸収効果

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、エネルギー吸収率： $\Delta E(\%)$ とした



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

高いエネルギー吸収性能を示すことができた

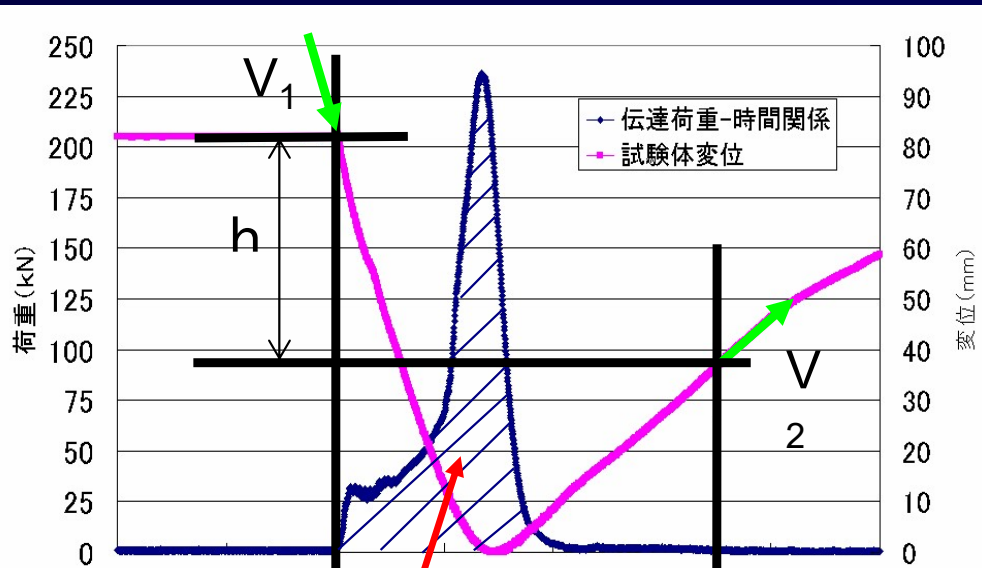
80×4×25 伝達荷重-時間関係および試験体変位-時間関係

	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

力積と運動量変化

伝達荷重-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

$$F \cdot t = mV_1 - mV_2$$



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

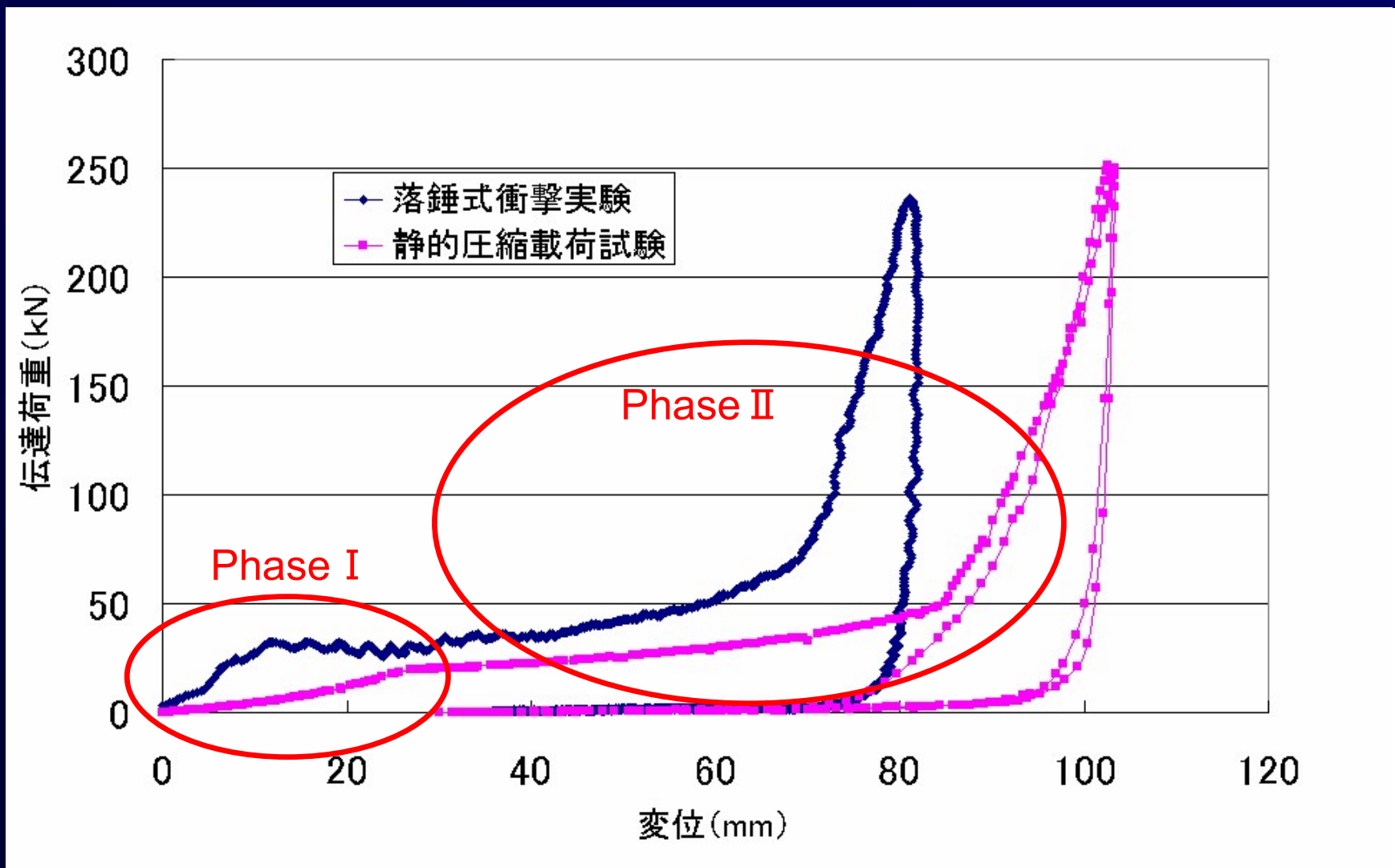
15%~25%程度違うものもあるが、ニュートンの第二法則がほぼ成立していることを確認

係
力積: 伝達荷重 - 時間関係の面積

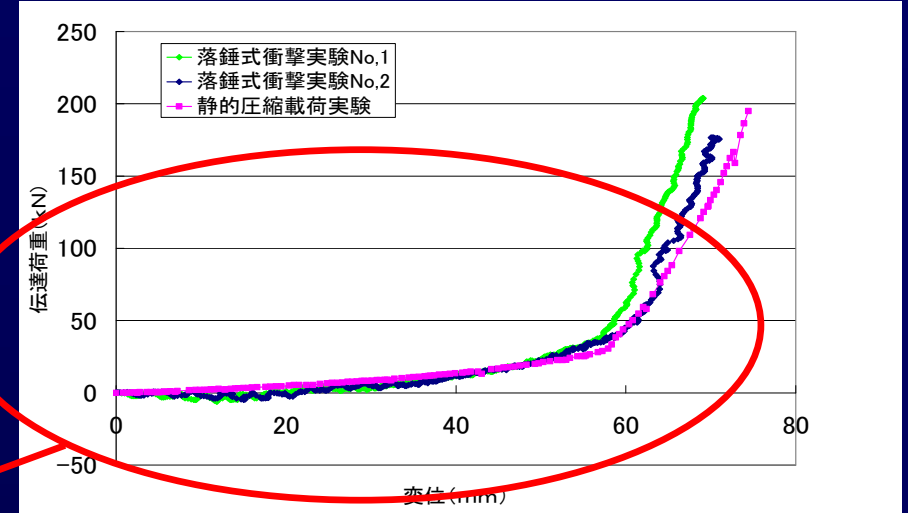
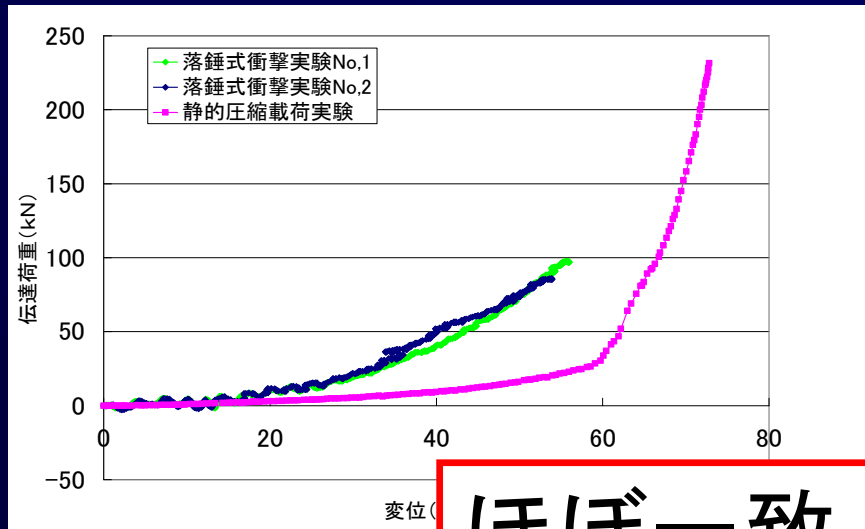
						3.85	3.85
						3.87	3.87
						4.16	4.16
						4.16	4.16
						3.53	3.53
						3.54	3.54
						3.79	3.79
						3.79	3.79
80-6-35	1	2.56	3.52	95-10-35	1	3.13	3.95
	2	2.62	3.44		2	3.20	3.97
80-6-45	1	2.93	3.72	95-10-45	1	3.45	4.18
	2	2.85	3.72		2	3.28	4.19

動的荷重 - 変位関係モデルの推定

ゴム鋼併用型緩衝材の変形は, Phase I・Phase II・Phase III
のように進行する



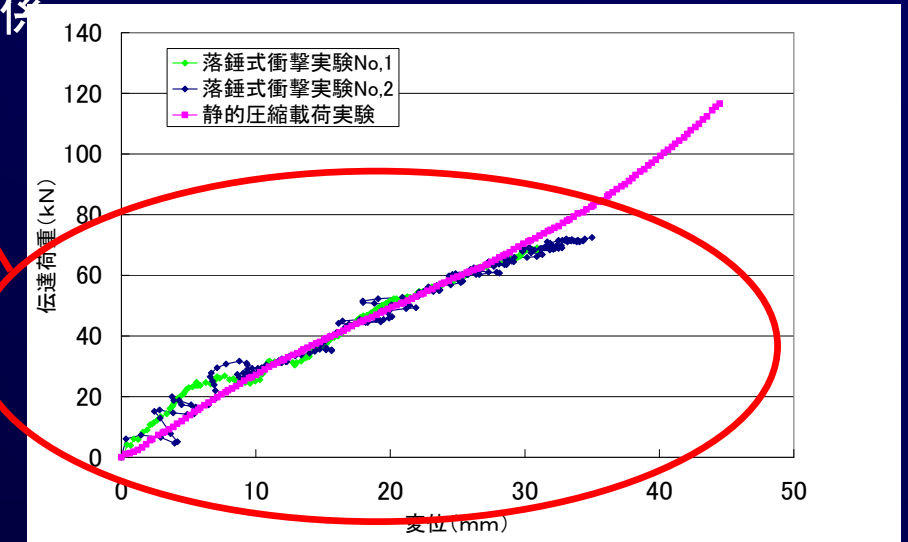
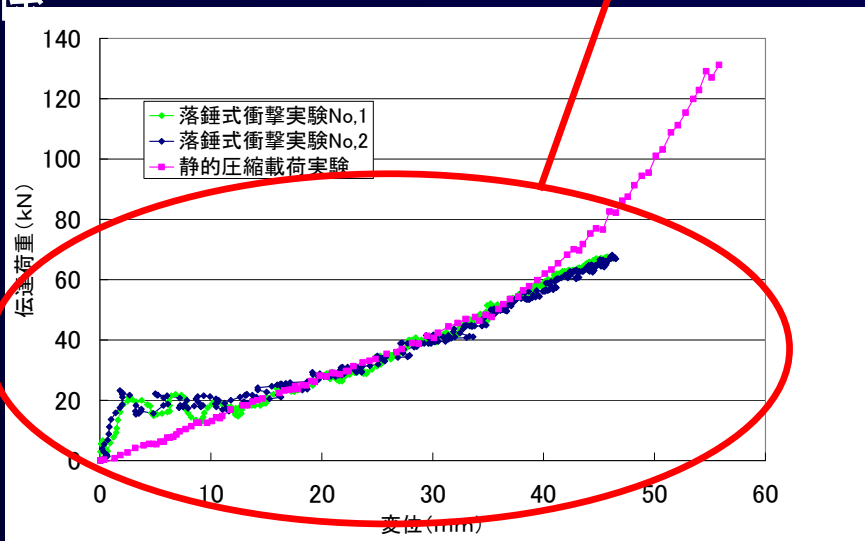
Phase II - 降伏後の挙動の比較



ほぼ一致

80 × 4 × 15 降伏後
係

80 × 4 × 25 降伏後伝達荷重 - 変位関
係

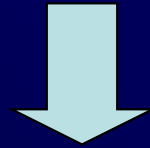


80 × 7 × 35 降伏後伝達荷重 - 変位関
係

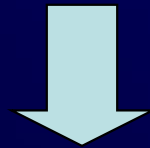
95 × 10 × 45 降伏後伝達荷重 - 変位関係

Phase II・降伏後の挙動の比較

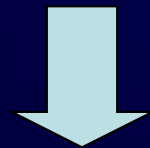
80×4×15を除く、ほぼ全ての試験体で荷重-変位関係が一致



降伏後の鋼管の大変形が緩衝材の変形の主となる部分では、**荷速度の影響が小さい**



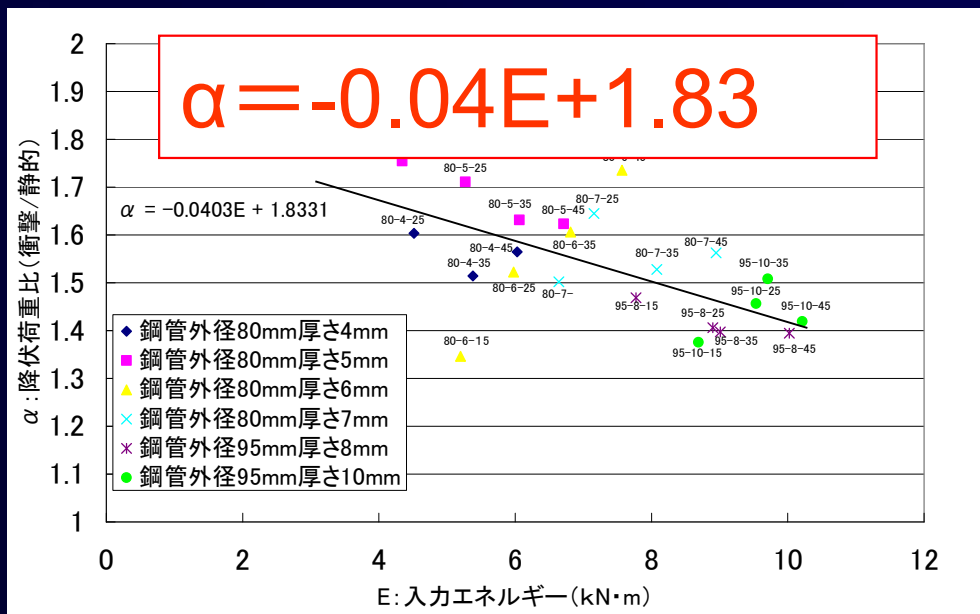
Phase I においても鋼管の荷速度による剛性の変化が少ないと考えることができる



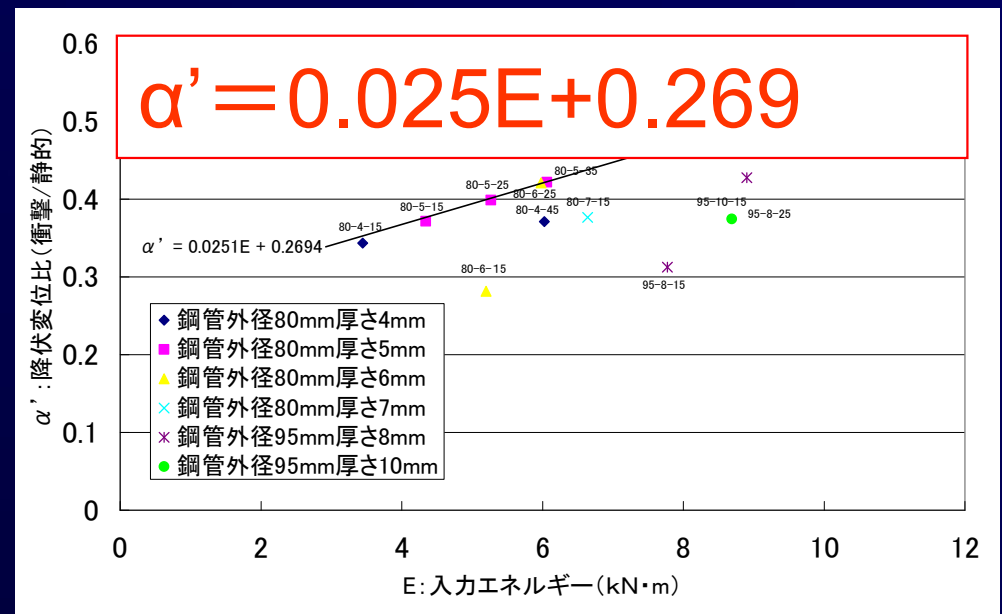
Phase I における荷重-変位関係の相違には、**ゴムの荷速度による剛性の変化のみが影響している**と考えることができる

動的と静的実験の降伏荷重, 降伏変位の比

動的と静的実験の降伏荷重の比(降伏荷重補正係数: α)と降伏変位の比(降伏変位補正係数: α')および, 入力エネルギー: E を鋼管の外径と厚さを揃えて, ゴム厚の違いに着目してプロット

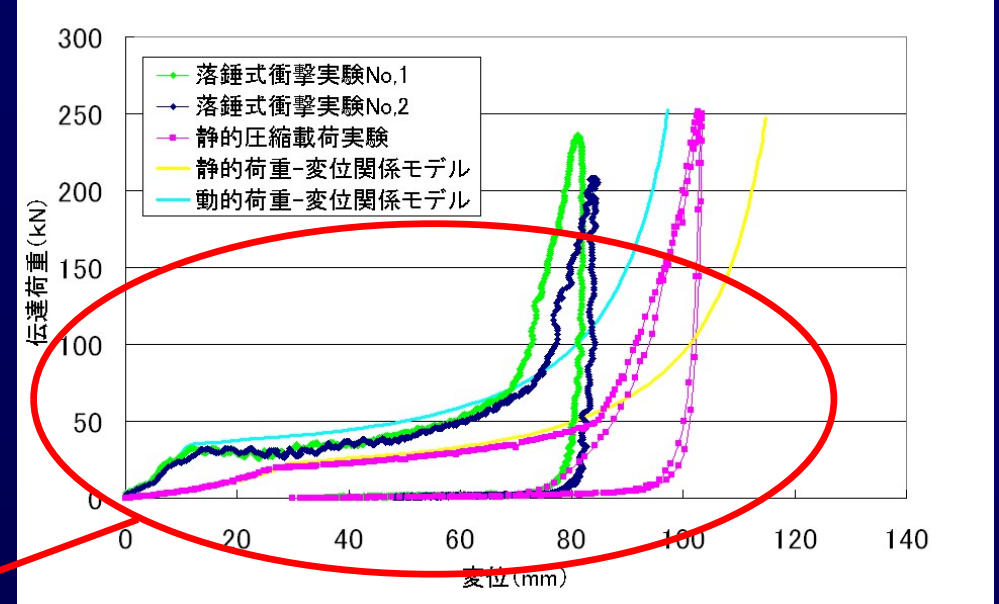
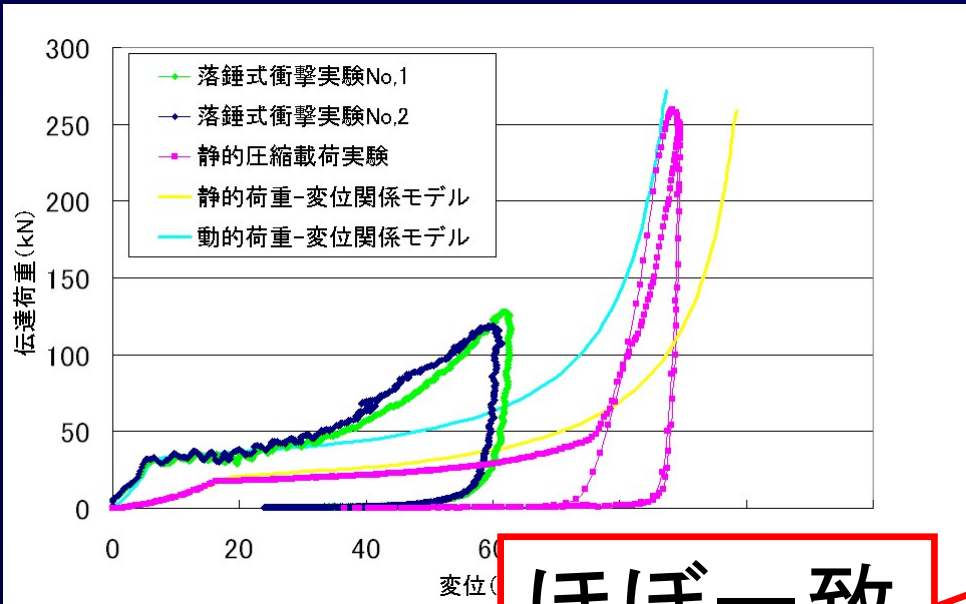


各試験体の降伏荷重比・入力エネルギー



各試験体の降伏変位比・入力エネルギー

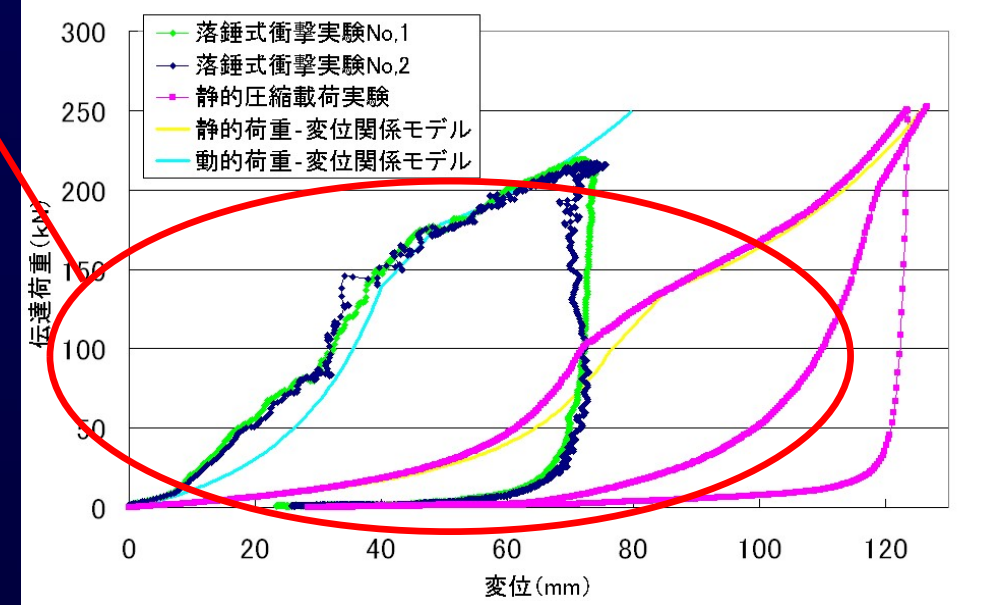
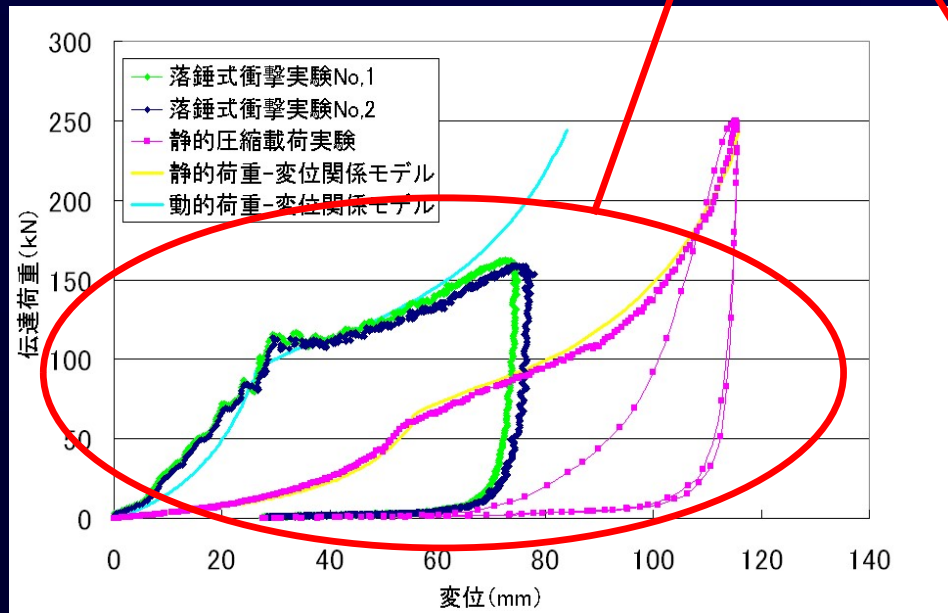
静的及び動的荷重 - 変位関係モデルの比較



ほぼ一致

80×4×15 ゴム鋼

80×4×25 ゴム鋼荷重-変位関係



80×7×35 ゴム鋼荷重-変位関係

95×10×25 ゴム鋼荷重-変位関係

結論

- 本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、高いエネルギー吸収性を有することが明らかとなった。
- 静的載荷実験より構築した荷重-変位関係モデルを動的な現象に適応することが可能となった。