

## 7 ラバー付き鋼管はりの衝撃実験に関する基礎的考察

防衛大学校土木工学教室 ○伊藤一雄

同 上 石川信隆

シバタ工業(株) 生駒信康

砂防・地すべり技術センター 鈴木 宏

### 1. 緒言

近年、砂防構造物の一つとして、土石流の先端部にある巨礫を受けとめることを目的としたオープン式の砂防ダムが多く建設されるようになってきた。しかし、鋼製であるため酸性の強い地域では、鋼管が錆びてしまい、所望の耐力が必要時に得られないのではないかという懸念がある。そこで、防錆の観点から、ラバーを鋼管に巻き付けるという試みが検討されつつあるが、このラバーは鋼管の防錆と同時に土石流の衝撃力に対する緩衝効果も期待されている。しかし、鋼管にラバーを巻き付けることによる衝撃緩衝効果の定量的な評価については、未だ明瞭に解明されてはいない。

そこで、本研究では、ラバー付き鋼管の衝撃緩衝効果を定量的に評価するため、その基礎的段階として、まず単純支持された鋼管はりの中央部にラバーを巻き付け、その静的載荷実験および落錐式衝突載荷実験を行い、ラバーの厚さが鋼管の耐衝撃性能に与える影響について実験的に考察したものである。

### 2. 実験の概要

#### 2.1 試験体

実験に用いた試験体は、図-1のように鋼管径  $\phi = 89.1\text{mm}$ 、肉厚  $t = 3.2\text{mm}$ 、鋼管長  $80\text{cm}$ (スパン長  $60\text{cm}$ )の鋼管の中央部に幅  $10\text{cm}$ 、厚さ  $4\text{mm}, 8\text{mm}, 12\text{mm}$  の 3 種類の厚さのラバーを巻き付けたものを用いた。

#### 2.2 静的全体変形実験

図-2に示すように、試験体をスパン  $60\text{cm}$  で単純支持し、その中央点に  $200\text{t}$  型アムスラー載荷装置で荷重を加える静的載荷実験を行った。この際、すべての実験で試験体に接触する載荷体の形状が等しくなるように、載荷用治具を載荷点に設置した。測定項目は、載荷点荷重、中央点変位および鋼管のひずみで、荷重は載荷板にとりつけたロードセルにより、また変位は、差動型トランス変位計を用いて測定した。ひずみは図-2に示す位置にひずみゲージを貼付して測定した。

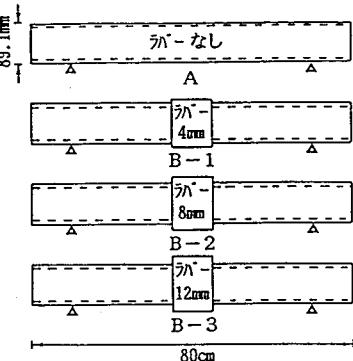


図-1 試験体の概要

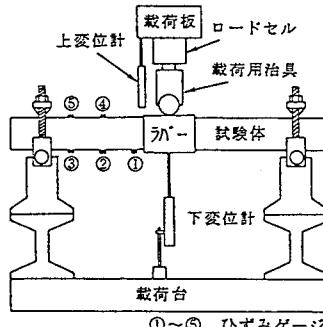


図-2 静的全体変形実験装置

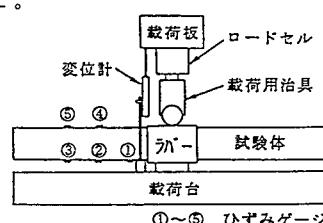


図-3 静的局部変形実験装置

### 2.3 静的局部変形実験

図-3に示すように、試験体を載荷台上に置き、中央点に200t型アムスラー載荷装置により、静的全体変形実験と同様に荷重を加えた。載荷用治具についても同じものを用いた。測定項目は、載荷点荷重、局部変位および鋼管のひずみで、計測方法については、静的全体変形実験と同様に行った。

### 2.4 落錘式衝突載荷実験

図-4に示すように、重量100Kgfの重錘を載荷治具上にガイドを通して自由落下させて、試験体に衝突速度4m/s, 6m/s, 8m/sの3種類の速度で衝突させた。重錘は電磁石により吊り上げ、電磁石のスイッチを開閉することにより落下させた。試験体は、静的の載荷実験と同様にスパン60cmで単純支持し、静的実験と同じ載荷用治具を試験体上に設置した。測定項目は、載荷点荷重、変位および鋼管のひずみで、荷重は重錘にとりつけたロードセルによって、変位は載荷用治具（はりの上縁）とはりの下縁にそれぞれ光学式変位計用ターゲットをとりつけ、載荷治具の変位（钢管上縁の変位）および钢管下縁の変位（試験体全体の変位）を計測した。載荷用治具の変位（上変位）と钢管下縁の変位（下変位）の差より局部変位（めり込み量）が求まる。ひずみについては静的実験と同じ位置にひずみゲージを貼布し計測した。

### 2.5 実験ケース

本実験は、重錘重量を一定として表-1に示すようにラバーの厚さと重錘の衝突速度を組み合わせて実験を行った。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 静的局部変形実験

図-5は、静的局部変形実験から得られた荷重～変位関係を示したもので、これより、荷重の立ち上がり時の接線勾配は、ゴムの厚さが厚いほど緩くなっている。これは、当初ゴム自身が変形することにより変位が増していくので、ゴムが厚いほど緩くなるものと思われる。荷重については、ゴムの有無で比較すると、ゴムがある方がやや大きな値を示している。変位5cmまで比較するとラバーなしに比べて約300Kgf～1tfの耐力の向上が見られる。これは、钢管の局部変位により横方向（断面方向）に広がろうとする力をラバーが拘束するためであると考えられる。また実験結果より、ラバー厚4mmが他の2つの厚さに比べて大きな値を示しているが、さらに詳細な検討が必要である。

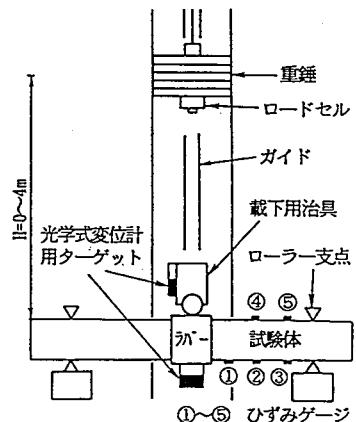


図-4 落錘式衝突載荷実験装置

表-1 実験ケース

(a) 静的実験			
No	試験体	試験体名	実験区分
1	A	A-1	局部
2		A-2	全体
3	B-1	B1-1	局部
4		B1-2	全体
5	B-2	B2-1	局部
6		B2-2	全体
7	B-3	B3-1	局部
8		B3-2	全体

(b) 衝突実験 (重錘重量W=100Kgf一定)

No	試験体	試験体名	衝突速度
1~2	A	AIE1	4m/s
3~4	ラバー	AIE2	6m/s
5~6	なし	AIE3	8m/s
7~8	B-1	B1IE1	4m/s
9~10	ラバー	B1IE2	6m/s
11~12	4 mm	B1IE3	8m/s
13~14	B-2	B2IE1	4m/s
15~16	ラバー	B2IE2	6m/s
17~18	8 mm	B2IE3	8m/s
19~20	B-3	B3IE1	4m/s
21~22	ラバー	B3IE2	6m/s
23~24	12 mm	B3IE3	8m/s

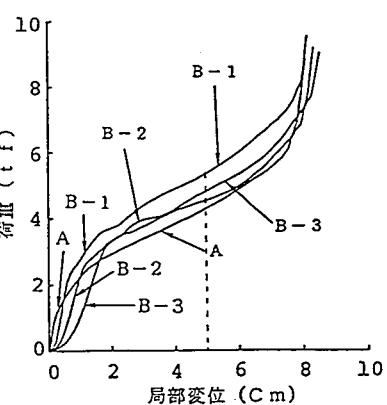


図-5 静的局部荷重～変位関係

### 3.2 静的全体変形実験

はりの静的荷重～上変位曲線を図-6に示す。曲線の形は弾塑性軟化型を示しており、荷重のピーク値に対応する変位の値も約3cmとほぼ等しい値を示している。また、ラバー無しに比してラバー付きの方が大きな荷重を示しており、全体変形についてもラバーの影響により耐力上昇が認められる。図-7に、この実験より得られたエネルギー～変位曲線を示す。これは、荷重～変位曲線の面積を変位に対して累積したもので、試験体のある変位に対する静的エネルギー吸収量を表すものである。局部エネルギーは、静的局部変形実験から得られる局部変位に対する吸収エネルギー

を表したものである。ここで、局部変位はある上変位時の下変位を求め、これより上変位-下変位=局部変位として算定した。

これより、局部エネルギーについてはラバーの有無に関わらずほとんど等しいとみなせるが、全体エネルギーはラバーがあることによって大きくなっている。ラバーは全体変形（鋼管の軸方向の変形）にも影響を及ぼすと考えられる。

### 3.3 落錐式衝突載荷実験

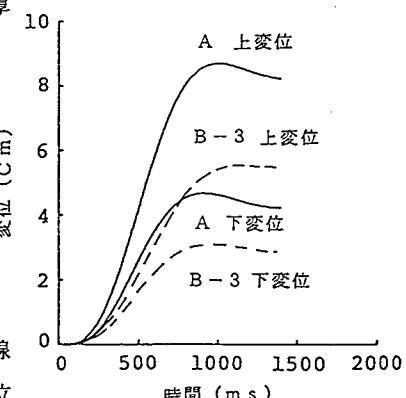
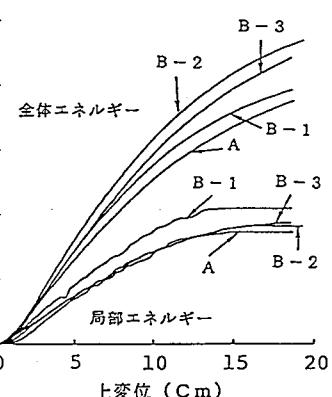
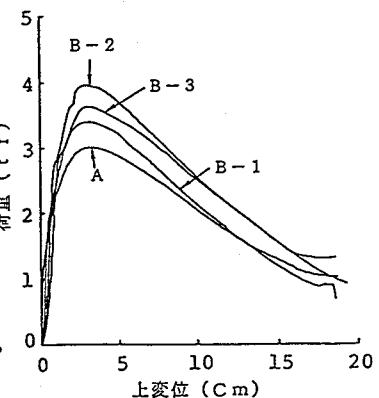
#### 3.3.1 ラバーの衝撃力緩衝効果の評価方法

本実験におけるラバーの衝撃力緩衝効果の評価方法として、衝突荷重、変位およびひずみの3つの力学的パラメーターの比較検討が考えられる。衝突荷重については、載荷形状を等しくす

るためと実験上の制約から載荷用治具に重錐を衝突させたため同じ衝突速度ではほぼ等しい荷重を示しており、ラバーの厚さの影響が衝撃荷重に与える影響はほとんど見られなかった。一方、変位およびひずみについては、同じ衝突速度に対して、ラバーの厚さによる影響が見られた。すなわち、一定の衝撃外力が作用すると、ラバーの緩衝効果により鋼管の変位とひずみが小さくなる傾向が見られた。よって、ここでは変位とひずみからラバーの衝撃緩衝効果を考察することとする。

#### 3.3.2 変位～時間関係

落錐式衝突載荷実験によって得られた上(下)変位～時間曲線の一例を図-8に示す。これは、ラバーの有無が試験体の変位に与える影響を示したものである。これより、ラバーなしの場合(A), 荷重が作用してからの変位の立ち上がり(勾配)は大きいが、ラバーがある場合(B-3)は、比較的緩やかな勾配となっている。これは、ラバーの効果によって、衝撃力を当初ラバーが吸収してから鋼管が変位し始めるためと考えられる。また最大変位の値を比較してみると、上変位および下変



位ともにラバーがある方が、約15~30%小さな値を示している。図-9(a),(b)には、各実験での最大上変位 $\delta_U$ および下変位 $\delta_L$ の値と衝突速度の関係を示したものである。これより、全体的な傾向として、ラバーの厚さが大きくなるほど( $t=4, 8, 12\text{mm}$ )最大変位は小さくな

っており、衝突速度が大きくな

るほど顕著になっている( $V=8\text{m/s}$

で $\delta_U=81, 71, 60, 56\text{mm}$ ,  $\delta_L=41, 35, 29, 28\text{mm}$ )。これより、同じ5000重錐の衝突速度の場合、試験体に加わるエネルギーは同じであるので、試験体の変位が小さいということは、鋼管に加わるエネルギーが小さくなっていることを示し、この分ラバーが吸収しているものと考えられる。すなわち、本衝撃実験範囲内においては、ラバーの厚さが厚くなればなるほど( $t=4, 8, 12\text{mm}$ )衝撃緩衝効果がある(約15%, 25%, 30%減)と考えられる。

### 3.3.3 ひずみ～時間関係

図-10にひずみ①～時間関係の一例を示す、これよりラバ

ー付きの方(B-1, 2, 3)が小さな値を示している。これは、

鋼管に伝わるエネルギーがラバーによって吸収されているため、鋼管の荷重載荷点直下のひずみ①は当然小さくなるものと考えられる。

## 4. 結論

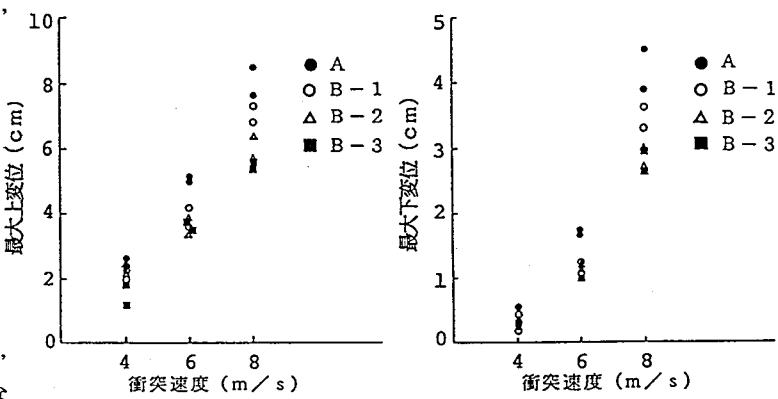
本研究は、鋼管にラバーを付けたときの衝撃緩衝効果を評価するために、その基礎的研究として鋼管にラバーを巻き付けて衝撃応答実験を行ったものである。本実験より以下のことがわかった。

(1) 鋼管にラバーを巻き付けることにより静的には断面耐力の向上およびはり全体の耐力の向上が観察され、ラバーにより静的には鋼管の耐力が向上することが認められた。

(2) 鋼管にラバーを巻き付けることにより、衝撃載荷に対する変位およびひずみはラバーが厚いほど小さくなり、これよりラバーの衝撃緩衝効果が大きい(約15~30%)ことが確認された。

今回は、ラバーの衝撃緩衝効果を確認するために、衝突エネルギーの比較的小さい応答実験を行ったが、今後は、さらに衝突エネルギーをより大きくして衝撃破壊実験を行って衝撃限界吸収エネルギー<sup>1)</sup>を求め、ラバーの緩衝効果をエネルギー的に考察する予定である。

参考文献： 1)伊藤一雄,石川信隆,川嶋幾夫,鈴木宏:モルタル充填鋼管はりの衝撃限界吸収エネルギーに関する実験的考察,構造工学論文集,Vol37A,1991年4月,



(a) 最大上変位 (b) 最大下変位

図-9 最大(上・下)変位～衝突速度関係

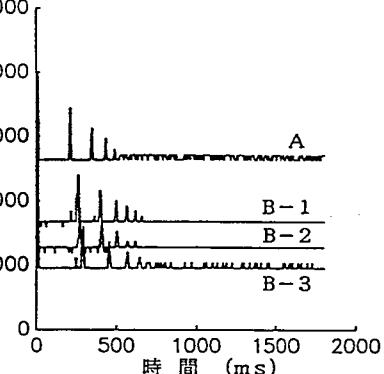


図-10 ひずみ①～時間関係