

4 スリットダム鋼管部材のラバー・サンド充填効果

防衛大学校 土木工学教室 ○伊藤一雄
 防衛大学校 土木工学教室 香月 智
 防衛大学校 土木工学教室 石川信隆
 シバタ工業 (株) 生駒信康

1. 緒言

土石流中の巨礫の衝突を受けるスリットダム部材の耐衝撃性能を向上させるため、鋼管内部にコンクリートやラバーまたは砂などの充填材を詰めたハイブリッド鋼管部材の使用が検討されている。過去に著者ら^{1)~3)}は、鋼管にコンクリートまたはラバーを充填した部材の衝撃実験および解析的検討を行い、コンクリートを充填すると耐力の向上は著しいが、鋼管が脆性破壊を示すことを確認した。一方、ラバーを充填すると耐力はやや低下するが、脆性破壊をしないため、コンクリート充填と同程度の吸収エネルギーをもつことを認めた。しかし、ラバーのみを充填した部材はコストが高いため、ここでは、現場での入手が容易な砂とラバーを同時に充填したサンドラバー充填鋼管はりの開発を試みた。すなわち、本研究ではサンドラバー充填鋼管はりの静的実験および高速載荷実験を行い、はりの耐力、変形性能および吸収エネルギーについて実験的に考察を行ったものである。

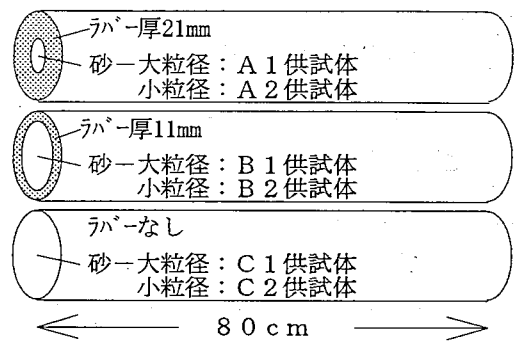


図-1 供試体

2. 実験の概要

2.1 供試体

供試体は、図-1に示すように一般構造用炭素鋼管(鋼管径 $\phi=89.1\text{mm}$, 肉厚 $t=3.2\text{mm}$, 鋼管長 80cm)の内部にラバーを厚さ 21mm 充填したA供試体, 11mm 充填したB供試体および中空鋼管のC供試体に, 平均粒径 6mm (大粒径)の礫を充填したA1, B1, C1供試体および 1mm (小粒径)の砂を充填したA2, B2, C2供試体の計6種類の供試体を用いた。砂は, 気乾状態のものを使用し, 振動を加えながらそれぞれの鋼管に一定の単位体積重量(1.4gf/cm^3)になるよう充填した。使用した砂と礫は図-2の粒径加積曲線に示すように, それぞれ 1mm , 6mm で均質な粒度を有するケイ砂である。

2.2 実験装置

2.2.1 静的曲げ実験

静的曲げ実験は, 図-3に示すように供試体をスパン 60cm で単純支持し, その中央部にアムスラー型載荷装置で荷重を

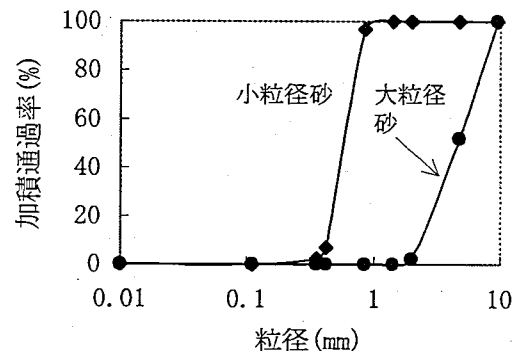


図-2 粒径加積曲線

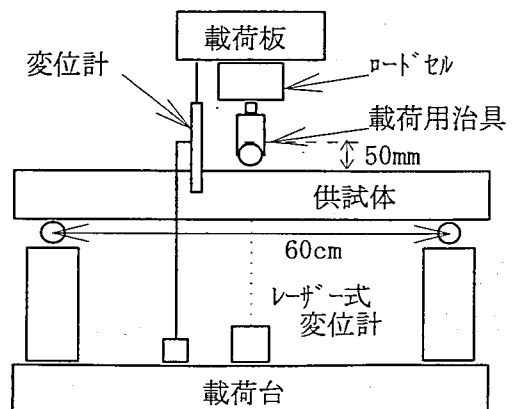


図-3 静的曲げ実験装置

加える方法で行った。载荷体は $\phi=50\text{mm}$ の円柱形の接触形状を持つ载荷用治具を用い、荷重は载荷板にとりつけたロードセルにより、変位はレーザー式変位計を用いて载荷板の変位（試験体の上変位）と試験体の下縁の変位（下変位）を測定した。

2. 2. 2 高速载荷実験

高速载荷実験は、図-4に示すような高速変形負荷装置を用いて、4 m/sの一定の速度で静的曲げ実験と同様に、スパン 60cm で単純支持した供試体に対して中央点载荷による高速曲げ実験を行った。測定項目および方法については静的曲げ実験と同様に行った。

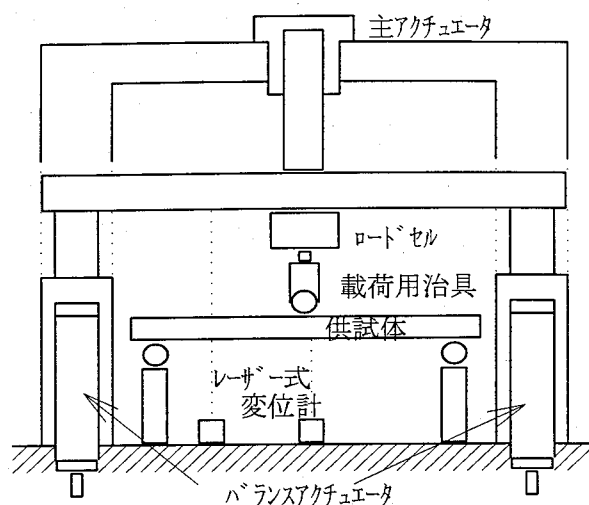


図-4 高速変形負荷装置

3. 実験結果および考察

3. 1 静的荷重～上変位関係

図-5(a)～(f)の実線は、各供試体ごとの静的曲げ実験の荷重～上変位関係を示したものである。比較のために図-5(f)に中空鋼管の実験結果も併せて示す。ここで、図中の静的-1, 2は、静的実験の1回目, 2回目を意味する。これより、中空鋼管は、顕著な軟化型の弾塑性挙動を示すのに対して、砂やラバーを充填した場合には全般的に硬化型弾塑性挙動となり、大きな変位領域でも安定した耐力を発揮することがわかる。しかし、小粒径砂のラバー厚 11mm, 21mm では同一種類の供試体においても塑性領域での耐荷力のばらつきが大きく、砂質材料の不均一性が表れている。

3. 2 高速载荷荷重～上変位関係

図-5(a)～(f)の点線は、高速载荷実験から得られた荷重～上変位関係を示したものである。これより、高速の場合の耐力は静的よりも1.

1～1.4倍大きくなり、変位 50mm でラバー11mm 小粒径砂のB 2供試体で1.1倍、ラバーを用いない小粒径砂のC 2供試体では1.4倍となっている。また計測のばらつきについては、静的よりもやや小さいように見られる。

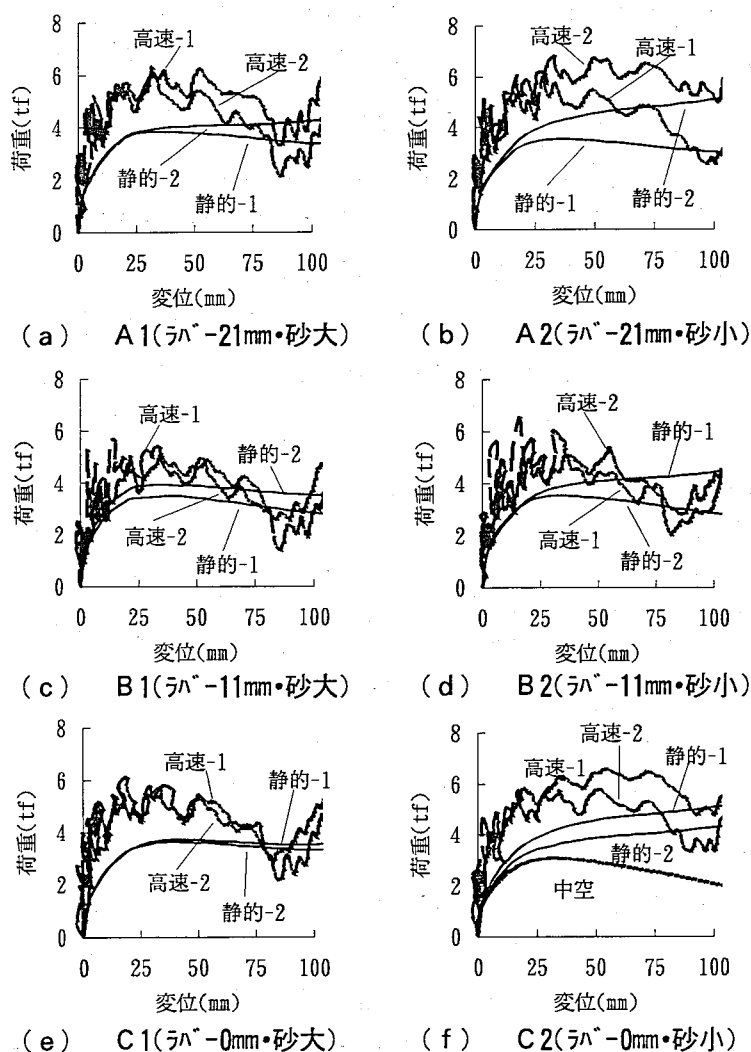
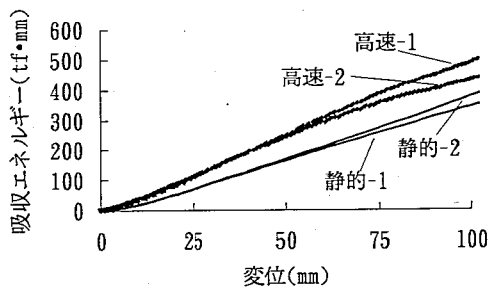
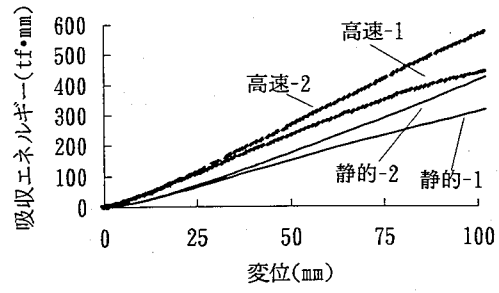


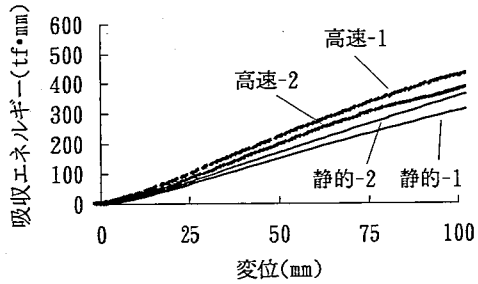
図-5 各供試体の荷重～上変位関係



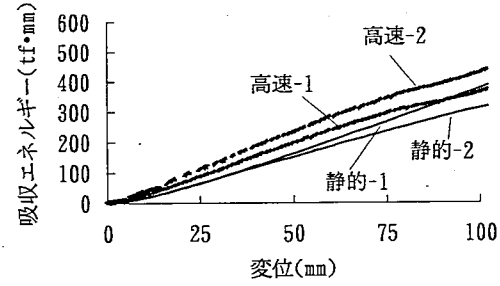
(a) A1(ラバー21mm・砂大)



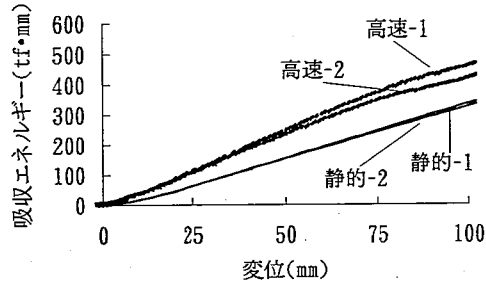
(b) A2(ラバー21mm・砂小)



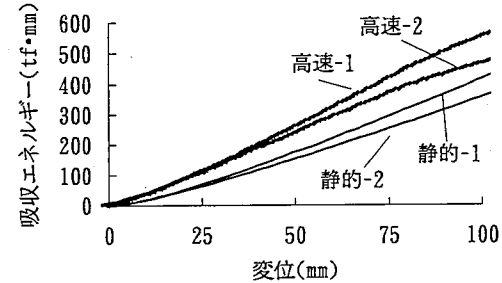
(c) B1(ラバー11mm・砂大)



(d) B2(ラバー11mm・砂小)



(e) C1(ラバー0mm・砂大)



(f) C2(ラバー0mm・砂小)

図-6 各供試体の吸収エネルギー～上変位関係

3. 3 吸収エネルギー

図-6に前述の荷重～上変位関係を積分して得られた吸収エネルギー～上変位関係を示す。

図-6より、全供試体とも静的の吸収エネルギーに比べて高速実験の場合の吸収エネルギーの方が、約1.1～1.4倍と大きくなっており、ひずみ速度効果による吸収エネルギーの増大が確認できる。上変位10cmにおける各供試体毎の吸収エネルギーを表-1に示す。これより、静的ではC2, A2, A1, B2, C1, B1

の順に大きく、高速ではC2, A2, A1, C1, B2, B1の順に大きくなっている。すなわち、全体的な傾向としては、砂のみのC供試体とラバー厚21mmのA供試体が同程度で、ラバー厚11mmのB供試体の吸収エネルギーが小さくなっている。また充填する砂は、小粒径の砂の方が大粒径の礫に比べて吸収エネルギーが大きくなる傾向がみられる。

図-7は、ラバーの厚さと静的吸収エネルギーの関係を示したもので、これより、小粒径、大粒径いず

表-1 上変位10cmでの吸収エネルギー

供試体種類	静的曲げ実験(tf·cm)			高速荷重実験(tf·cm)		
	No. 1	No. 2	平均	No. 1	No. 2	平均
A1(ラバー21mm・砂大)	34.5	38.2	36.4	48.4	42.7	45.6
A2(ラバー21mm・砂小)	31.5	41.7	36.6	56.1	43.0	49.6
B1(ラバー11mm・砂大)	30.6	35.1	32.9	37.3	36.4	36.9
B2(ラバー11mm・砂小)	37.4	31.1	34.3	35.9	39.0	37.4
C1(ラバー0mm・砂大)	33.6	32.6	33.1	44.0	41.7	42.9
C2(ラバー0mm・砂小)	41.9	35.9	38.9	55.3	48.8	52.1

れの場合もラバー厚が約 20mm で吸収エネルギーが大きくなることがわかる。これより、薄いラバー厚では小粒径と大粒径との吸収エネルギーの差が大きくなる。すなわち、ラバーの厚さが厚い方が砂の粒径の影響が少ないことがわかる。

3. 4 局所変形の影響

図-8に、静的実験における上変位10cmでの局所変形(上変位から下変位を差し引いて求めためり込み量)と荷重(耐力)の関係を示す。これより、局所変形が大きいほど荷重(耐力)は小さくなる傾向を示しており、耐力は断面扁平を抑制するほど向上することがわかる。またこの扁平抑止効果は砂の粒径の小さい方が大きく、充填砂は、小粒径のものの方が良いことを示している。図中の実線は、局所変形量に応じた鋼管断面(楕円形状を仮定)の曲げ耐力を示したものである⁴⁾。すなわち、この計算値を超える部分は、中詰材の曲げ耐力への直接的寄与と考えられ、局所変形しやすい供試体の荷重は扁平した鋼管断面のみの計算値にほぼ等しく、耐力は鋼管の強度のみで推定できるが、局所変形しにくい供試体は、鋼管のみの耐力に加えて充填されたラバーや砂の曲げ耐力への寄与が大きいことがわかる。

4. 結言

本研究の結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 砂とラバーを充填した鋼管は、中空に比して顕著に耐力および吸収エネルギーが上昇する。
- (2) 中詰の砂は、小粒径のものの方が耐力が大きく望ましい。
- (3) ラバーと砂を併用して用いる場合には、中詰材の粒径に対して最適な厚さ(本実験では約 20mm)が存在し、ラバーの厚さが厚いほど砂の粒径の影響が小さくなる。
- (4) 局所変形の抵抗力がはりの曲げ耐力に大きな影響を及ぼし、局所変形を抑制すれば、鋼管部分の曲げ耐力に加えて中詰材の拘束効果により耐力の上昇が期待できる。

参考文献:

- 1) 伊藤・石川・生駒・鈴木:ラバー巻き・充填鋼管はりの衝撃実験, 新砂防 Vol. 45-No. 4, pp. 9~14, 平成4年
- 2) 伊藤・石川・川嶋・鈴木: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 Vol. 37A, pp. 1581~1589, 1991年3月
- 3) 伊藤・石川・香月・鈴木:コンクリート充填鋼管はりの衝撃限界吸収エネルギーに関する解析的考察, 構造工学論文集 Vol. 38A, pp. 1553~1563, 1992年3月
- 4) 川井・石渡・山野:鋼管部材の耐力実験, 落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, pp. 9~14, 1991年3月

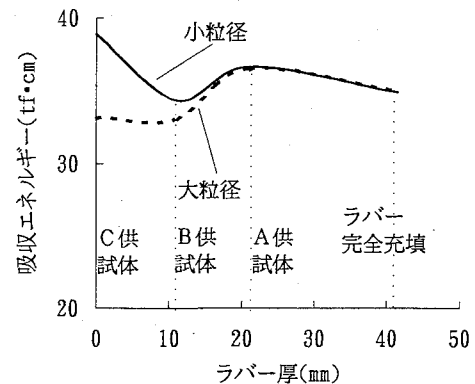


図-7 吸収エネルギー～ラバー厚関係

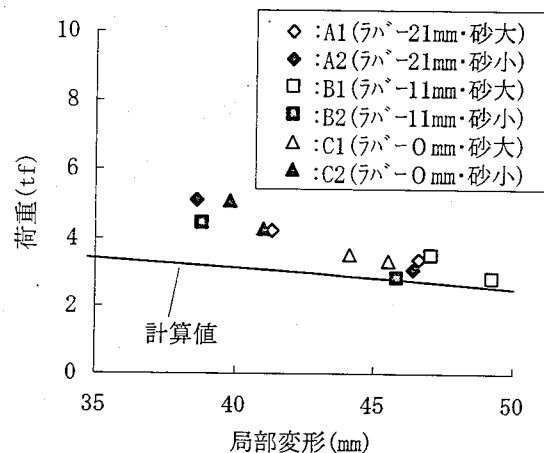


図-8 上変位10cmでの局所変形～荷重関係