

ゴム・鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究

- 緩衝装置に用いる鋼管の加工による特性改善の試み -

建設情報研究室

学生氏名 村田 昌祥

指導教員 皆川 勝

1. 研究背景

兵庫県南部地震以降橋梁に積極的に採用されている免震橋では、一般的に橋桁の変位が大きくなる。そこで、桁の橋台間あるいは桁同士の相対変位を吸収するため大型の伸縮装置、もしくは落橋防止装置が必要となる。しかし、大型の伸縮装置を設置することはコスト増を招き、メンテナンス費用も増してしまうことから後者を設置することが望ましい。中小の地震では落橋防止用緩衝材の弾性範囲の変形で吸収させ、大規模な地震の際には緩衝材が塑性変形、あるいは破壊することで衝撃エネルギーを吸収する。このことにより桁の応答変位は小さくなり構造物自体に損傷を与えない。したがって落橋防止用緩衝材には、高いエネルギー吸収能力と耐衝撃性が求められる。その主要部材として、本研究ではゴムを併用した鋼管の着目している。鋼管は圧縮を受ける際に、荷重値を一定に保ちながら塑性変形することから十分なエネルギー吸収性が期待できる。また、鋼管の外側にゴム管を巻くことで荷重の急激な立ち上がりを抑えることができ、鋼管が圧壊した後の緩衝効果も期待できる。

2. 研究目的

図-1 に鋼管の荷重-変位関係（外径 70mm、厚さ 6mm）を示す。載荷初期段階では、降伏するまで荷重が急激に上昇し、降伏すると、荷重は徐々に上昇し、ほぼ変位だけが進む。変位が進むにつれて荷重値が上昇していく。エネルギー吸収能力と衝突力の低減効果を上昇させるには、降伏荷重を上げ、また降伏後の荷重の上昇を抑えることが考えられる。そこで、緩衝材の鋼管の部分に着目し、さまざまな加工を施すことにより、その実現を目指す。

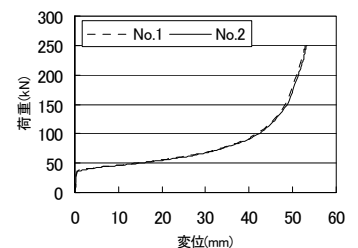


図-1 既存の鋼管の荷重-変位関係

3. 実験方法

サーボジャッキの両端をピンで固定している載荷試験機を用い、剛体とみなせる型鋼の上に置いた試験体に静的に荷重を載荷した。同時に荷重計及びレーザー変位計により荷重と変位を測定した。

4. 溶接鋼管

過去の論文に、理想としている荷重-変位関係を示すものを発見した。鋼管の上下部を定盤上に溶接したものである。図-2 に溶接鋼管、図-3 に溶接鋼管の荷重-変位関係を示す。鋼管の寸法は外径 70mm、厚さ 6mm である。溶接鋼管では既存の鋼管に比べ、降伏荷重が上がり、降伏後の荷重の上昇も防ぐことができる。しかし、ゴムと併用することが困難であり、また溶接分のスペースが無駄になってしまうことから、機能的ではないと考えられる。

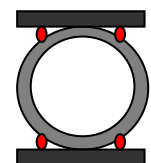


図-2 溶接鋼管

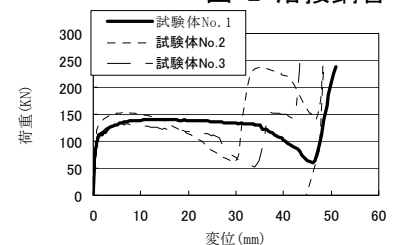


図-3 溶接鋼管の荷重-変位関係

5. 切削加工

鋼管の上下面の曲げモーメントは $M=0.3183PR$ 、側面の曲げモーメントは $M=0.1817PR$ （リングの公式より²⁾）である。このことから、先に上下面が降伏すると考えられる。その後側面は徐々に降伏応力に達する為、荷重値が上昇していくと考えられる。そこで、鋼管の側面の厚さを薄く削ることによって側面の降伏を進行しやすくし荷重の上昇を防ぐことができると考えた。寸法が外径 110mm、厚さ 8mm の鋼管を使用した。切削幅については、側面の曲げ



図-4 側面切削鋼管の断面

モーメントが上下面の曲げモーメントを超えない程度の断面係数を算出して求めた。計算結果から切削幅は1.9mmとなり、実験では1.9mmを中心とした1.6mm～2.1mmを用いた。図-4に側面切削鋼管の断面を、図-5にその荷重-変位関係を示す。降伏荷重は加工しないのときより下がってしまったものの、降伏後の荷重の上昇は多少抑えることができた。

6. 二重巻き鋼管

鋼管を二重巻きにして、その一部を切断する加工を考案した。切断されていない鋼管が補強されることにより降伏荷重が上昇し、降伏後の荷重の立ち上がり部分まで荷重値を一定に保てると考えた。試験体は、外側120*5（外径120mm、厚さ5mm）、内側110*5（外径110mm、厚さ5mm）を合わせたもので、外側の上下部、左右部、内側の上下部、左右部（以下、外上下、外横、中上下、中横）をそれぞれ切断したもの、切断していないものの5種類を使用した。また、単体として120*5、110*5についても実験を行なった。図-6に二重巻き鋼管の断面を、図-7にその荷重-変位関係を示す。中上下、外上下は、共に中心に向かって巻き込んでしまうために降伏後の変位がある程度進行した後に、もう一度荷重が上昇してしまう。このことから、上下部を切断した鋼管は好ましくない結果であった。同じ降伏荷重のときに加工した鋼管と加工を施していない鋼管のどちらが優れているか評価するために、鋼管の内径を2重巻き鋼管と同じ100mmに設定して降伏荷重が加工した鋼管と同じになるような鋼管を曲げ変形特性³⁾から算出した。得られた鋼管のサイズは112.4*6.2（外径112.4mm、厚さ6.2mm）であった。中横、外横と112.4*6.2の鋼管を比較すると、加工した鋼管のほうが降伏後の荷重の上昇を抑えることができた。エネルギー吸収量が2000kN・mmのときの衝突力から見ても、112.4*6.2の鋼管は48kNであるのに対して、中横は39kN、外横は45kNと明らかに小さくなった。その中でも、中横が最も良い結果となった。

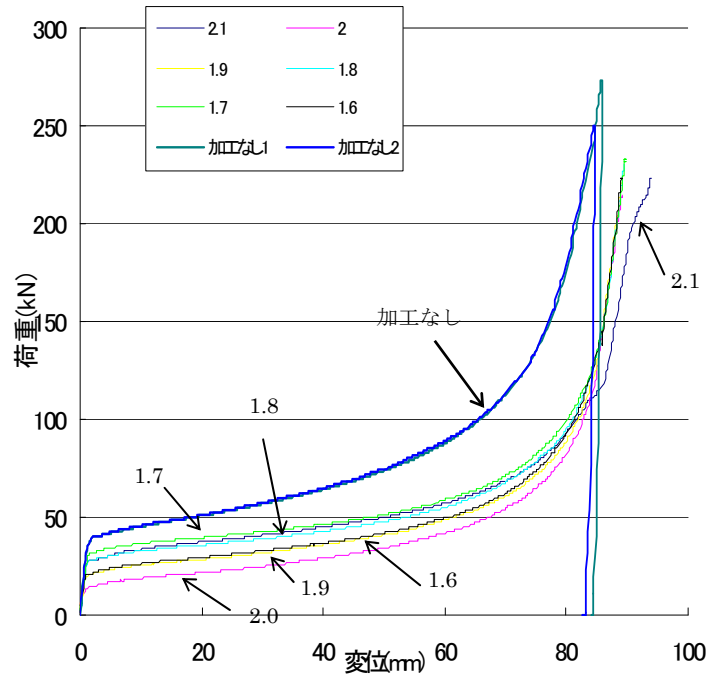


図-5 側面切削鋼管の荷重-変位関係

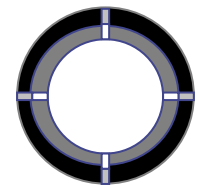


図-6 二重巻き鋼管の断面

7. 結論

降伏後の荷重の上昇を抑えることができたことより多少の改善はできた。しかし、溶接鋼管のように降伏荷重を上げることはできなかった。

<参考文献>

- 1) 皆川勝, 藤谷健: ゴム鋼併用型耐震緩衝措置の開発に関する研究, 土木学会論文集, No. 689/I-57, pp. 343-353, 2001.10.
- 2) 土木学会: 構造力学公式集, pp. 407, 1986
- 3) 高寄太一: ゴム鋼併用型耐震緩衝材の開発, 平成13年度修士論文, pp. 5-6, 5-7

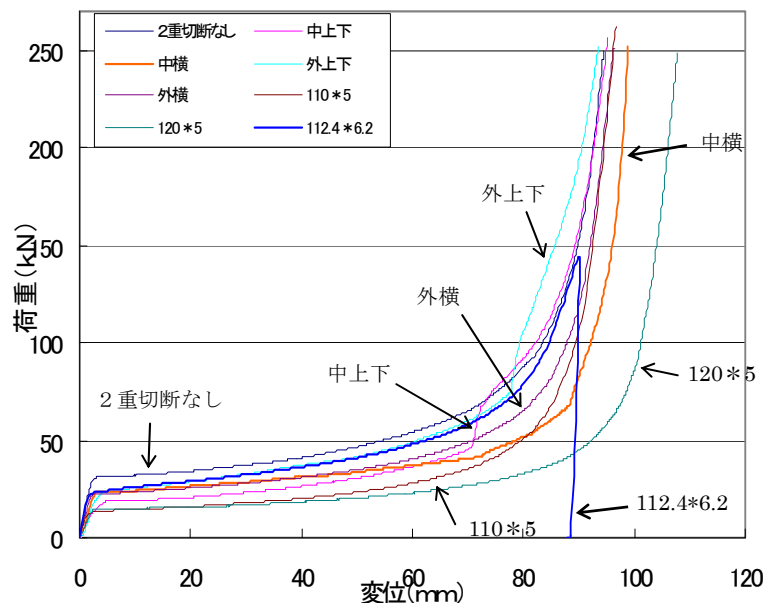


図-7 二重巻き鋼管の荷重-変位関係