

弱化部（周方向に掘った溝）を設けたときのパイプの衝撃応答について

A5 石川以美 井上恵 西澤晃
指導教官 諏訪正典

1. はじめに

変形をしやすい部材は衝撃を吸収しやすい傾向がある。そこで、構造要素へ意図的に弱化部を設けることにより、変形しやすくし衝撃吸収能力を向上させることができると考えられる。今回、アルミパイプの周方向に溝状の弱化部を設け、衝撃力を加え、衝撃吸収能力を評価する数値解析と実験を行ったので、報告をする。

1-1 周方向に溝を掘る理由

円筒状の物がつぶれるとき下端または上端から順にシワが入る(局所座屈)。また変形しにくい物ほどシワの数が少なくなる。これは、シワ1つ作るのに、大きな力を要しているからである。このことから、周方向に溝を掘ることによって1つのシワを作るのに要する力を下げれば、シワの数が増え、衝撃吸収能力が増加するのではないかと考えた。

2. 数値解析

2-1 数値解析の方法

表 1: 数値解析・実験を行ったモデル

肉厚	溝高さ	溝間隔	外径20mm		外径30mm		外径40mm	
			解析	実験	解析	実験	解析	実験
1	なし		○	○	○	○	○	×
	5		○	○	○	○	○	×
	10		○	○	○	○	○	×
	15		○	○	○	×	○	×
	5	5	○	○	○	○	○	×
2	なし		○	○	○	○	○	○
	5		○	○	○	○	○	○
	10		○	○	○	○	○	○
	15		○	×	○	×	○	×
	5	5	○	×	○	○	○	○
3	なし		○	×	○	×	○	○
	5		○	×	○	×	○	○
	10		○	×	○	×	○	○
	15		○	×	○	×	○	○
	5	5	○	×	○	×	○	×

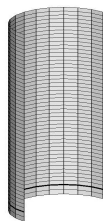


図 1: メッシュ

溝の幅・深さについては肉厚の半分とし、表 1 のとおり行った。

Altair 社の Hyper Works (ソルバーは陽解析法有限要素法: Radioss9.0) を用いた。全モデルと 1/2 対称モデルで変形形状が同じであったため要素数が少ない 1/2 対称モデルで計算し、同じようにソリッドモデルを用いたもののほうが実際の実験に近い形状であるが計算結果の傾向は近いものを示

したので、計算速度を考慮して図 1 のようなメッシュを切ったシェル要素で数値解析をした。

2-2 結果と考察

2-2-1 荷重倍数の最大値について

- 肉厚が 3mm で溝が 2 本のとき以外においては、溝を掘らなかつたものが一番荷重倍数は低かつた
- 溝の高さと荷重倍数は比例関係にない
- 基本的に荷重倍数は肉厚に依存する
- 溝が 1 本のときは 5mm の高さに溝を掘ったときに荷重倍数が増加する傾向がある (しかし変形形状は他と比べて理想に近い)
- 溝が 2 本の時は 1 本とは違う傾向を示しており、肉厚 3mm のものに 5mm 間隔で溝を掘ったときのみ、荷重倍数が減少している。しかし肉厚が 1mm・2mm のときは逆に増加する傾向が見られるので一概に 5mm の間隔が良いとは言えない

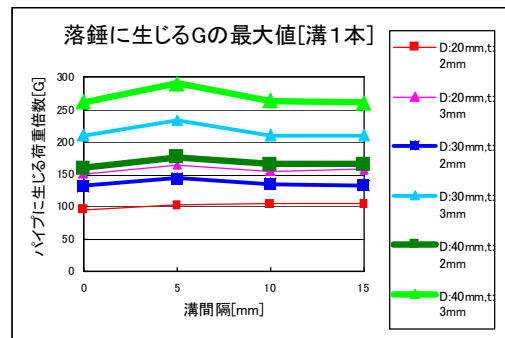


図 2: 落錘に生じる G の最大値 (溝 1 本)

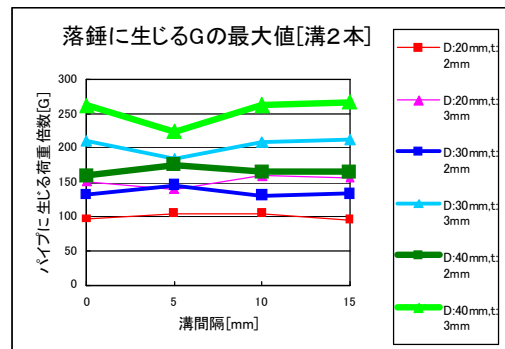


図 3: 落錘に生じる G の最大値 (溝 2 本)

2-2-2 変形過程について

(a) 溝を1本掘ったとき

- 肉厚 1mm・3mmでは、溝を 5mmの高さで掘ったときに他よりも効率よく衝撃を吸収し、変形形状も理想に近くなる(図4)
- 肉厚が 2mmの時まじと逆の傾向がある

(b) 溝を2本掘ったとき

- 肉厚 3mmのときにのみ溝を掘ることによって衝撃吸収能力が上がった
- 5mmの間隔で掘ったときに良くなるが、理由はさだかではない。肉厚 3mmのなかでは良い値をとってはいても、1mm・2mmのときと比べると衝撃吸収能力は低い

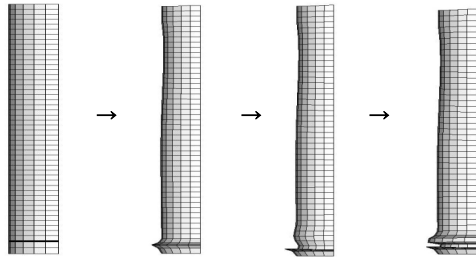


図4:変形過程(左から、衝突後 0ms, 1ms, 2ms, 3ms)

3. 実験

3-1 実験方法

落錘型試験装置を用いて、パイプに衝撃力を与える実験を行った。測定項目は(1)落錘によって生じた荷重、(2)試験片変形過程(高速度カメラによる記録)である。落錘の質量を 20kg とし、装置の限界高さである、約 1.5m から垂直落下させた。

この実験では、溝を掘り局所座屈することによる衝撃吸収能力向上の効果を知りたいので、パイプ全体の座屈を防ぎたい。そこで装置の土台にキャップを設置することによりパイプ全体を座屈しにくくするようにしている。

3-2 結果と考察

3-2-1 荷重倍数の最大値について

溝を設けずパイプの肉厚を変化させた場合 外径：20mm のパイプで肉厚を 1mm, 2mm と変化させた時 それぞれの衝撃吸収能力には差がなく、ほとんど同じ数値となった。

外径：30mm のパイプで肉厚を 1mm, 2mm と変化させた時

外径 20mm のときよりも差がはっきりと数値にあらわれた。

外径：40mm のパイプで肉厚を 1mm, 2mm と変化させた時 30mm と同様に若干の差があらわれた。

溝を1本入れ、肉厚を変化させた場合 外径：20mm の肉厚 1mm で 5mm と 15mm の位置に溝を設けた場合、極端に数値下がった。肉厚 2mm のときは、溝を入れたことによる大きな変化は見られなかった。

外径：30mm の肉厚 1mm で 10mm の位置に溝を設けた場合ほかの条件に時比べ、わずかに数値が低下した。

肉厚 2mm のときは 1mm に比べ、変化が少なかった。

外径：40mm で肉厚を変化させ溝を入れた場合も、大きな変化は見られなかった。

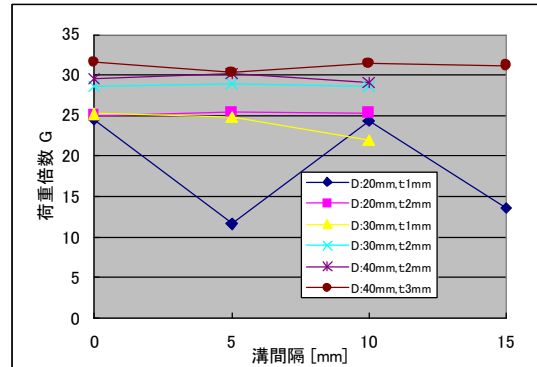


図5:パイプに生じる力の荷重倍数(溝1本)

溝を2本入れ、肉厚を変化させた場合 外径：20mm の肉厚 1mm で 10mm と 15mm の間隔で溝を入れた場合も、溝1本のときと同様に、極端に数値が下がっている。

外径：30mm, 40mm の場合はお溝を入れたことによる、衝撃吸収能力の向上は見られなかった。

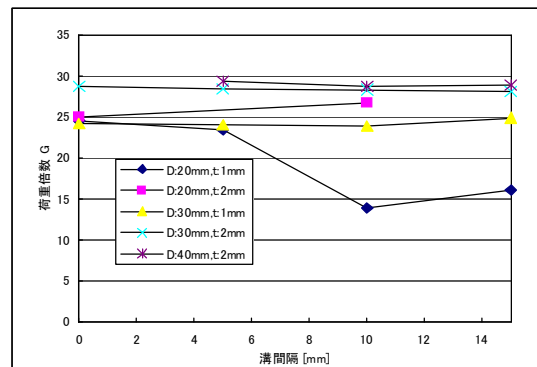


図6:パイプに生じる荷重倍数(溝2本)

全体として、溝の本数よりも外形と肉厚が衝撃吸収能力に大きく関係していると思われる。また同じ径であれば、肉厚が薄いほうが衝撃吸収能力は高いことが実験より分かった。

3-2-2 変形過程について

外径：20mm の肉厚 1mm で 5mm と 15mm の位置に溝を入れたときの荷重倍率は、極端に低下しているが、これはパイプ全体が座屈し折れたためである。

外径：30mm の肉厚 1mm で 10mm の位置に溝を入れたときの変形は、全体ではなく局所的な座屈が起きていた。

外径：20mm の肉厚 1mm で 10mm と 15mm の間隔で溝を入れたときも、溝1本のときと同じ様に数値が極端に低下したが、これも全体座屈によりパイプが折れてしまったためである。

4. まとめ

今回行った解析や実験からは、溝を掘ることによる衝撃吸収能力の向上は認められなかった。