傘の骨組みの最適な補強法

機械電気工学科５年　　７番　岩本　直之

１．はじめに

風の強い雨の日に傘をさすときは、風に向かって傘をさし雨でぬれないようにしている。しかし風があまりに強いと傘が変形したり折れてしまったりする。それでは現状の傘の骨組みにどのような補強をすればいいのかということを調査、解析し最適形状を考える。

２．内容

まず、実際にある傘の骨組みに似た形のものに、傘の先端から取っ手の方に向けて風が吹くものと仮定して、その時の形状の変化と応力を調べる。骨組みはすべて同じと考え、１組の形状で行った。荷重は傘の先端から下向きに等分布荷重がかかるものとして全体で 0.12kg となるように等分布し、調査した。また棒の形状は、実際にある傘の形状と断面係数を一致させ、斜めの棒の幅を 2.0mm 横向きの棒を 5.0mm とし、奥行きを 1.2mm としている。

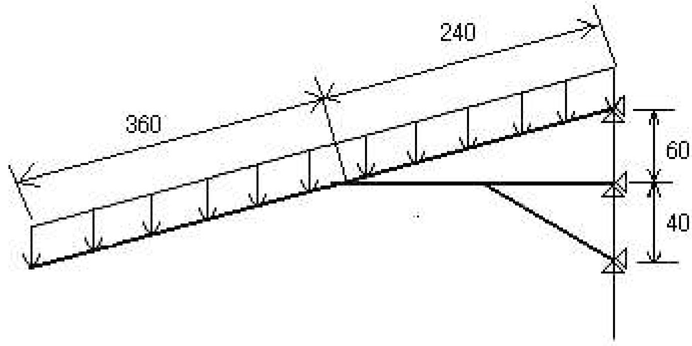


図１

また、今回は骨組みそのものを解析するものとし、傘の布による変位や応力は考えないものとする。

３．調査結果

プログラムを用いて解析を行った結果を図 2.1 から図 6.2 に示す。また５つの形状の形状別の各数値を表１に示す。

＜形状１＞

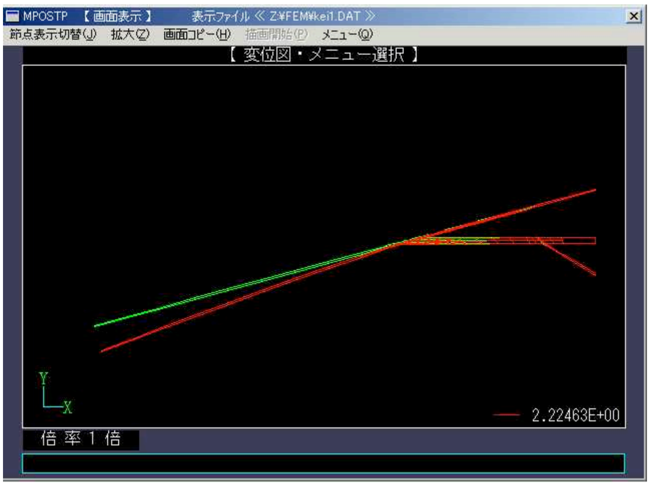


図 2.1　形状 1 の変位図

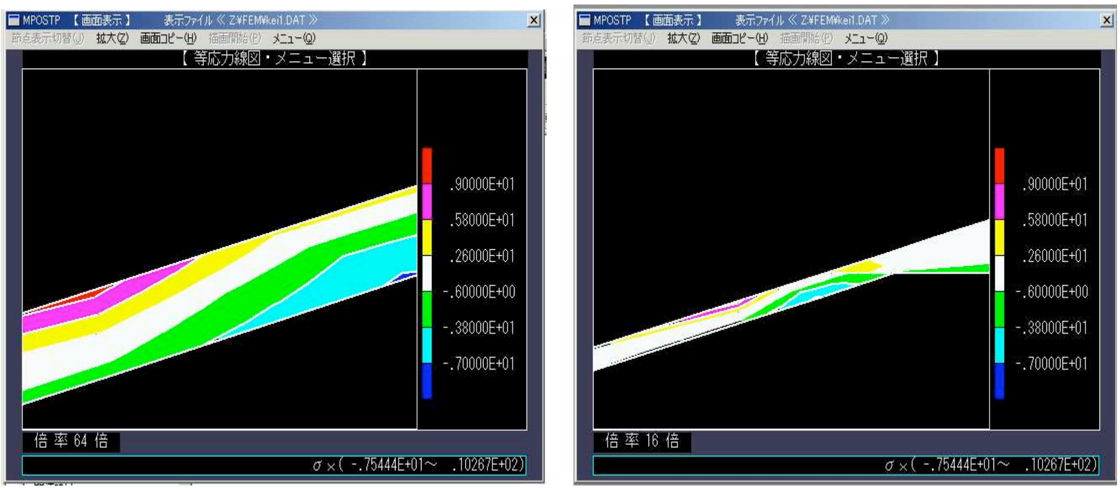
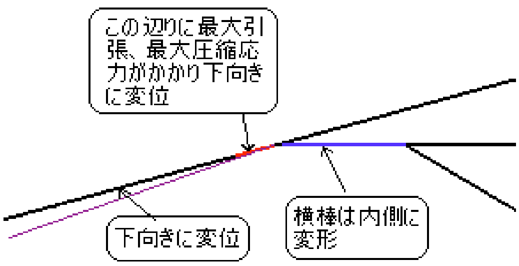


図 2.2　形状 1 の等応力線図

普通の傘の形状である形状 1 を見ると横棒の付け根から傘の先端に大きな曲げ応力がかかっており先端が大きく変形している。また、応力の最大値は横棒の付け根部分の外側にかかっている。



＜形状２＞

図 3.1　形状 2 の変位図

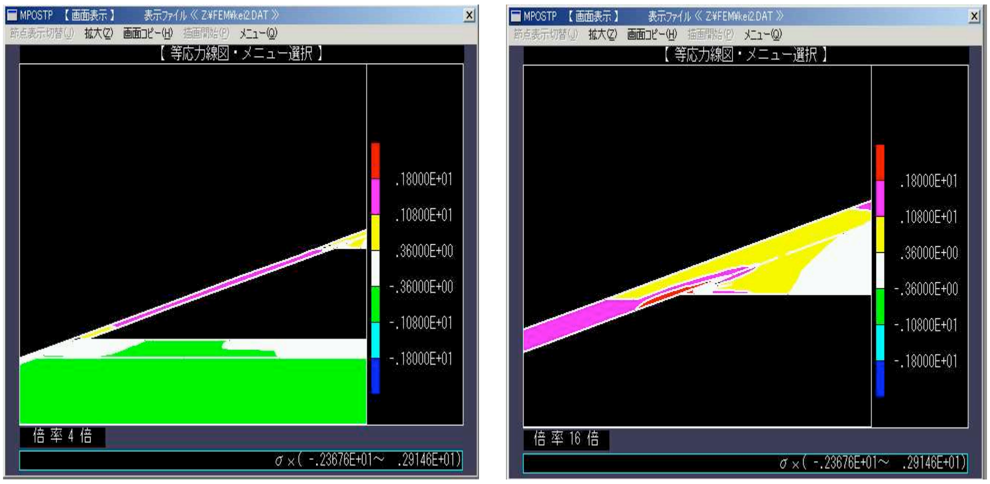
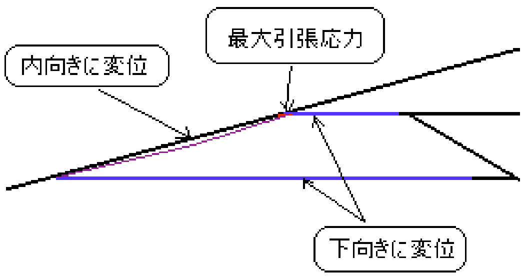


図 3.2　形状 2 の等応力線図

形状 2 は先端の変位を小さくするために、形状１の横方向に１本の補強をしたもので、この結果を見ると２本の横棒は共に下向きに変形するものの応力、変位ともに形状１よりかなり小さくなる。応力の最大値は上の横棒の付け根部分の内側にかかり、２本の横棒の間は内側に変位する。



＜形状３＞

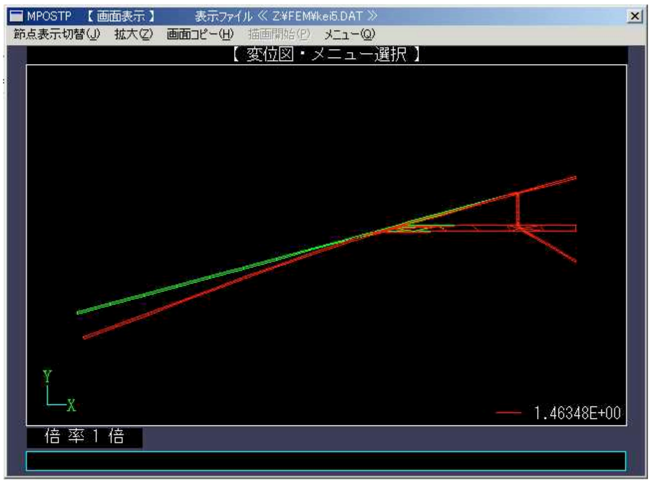


図 4.1 形状 3 の変位図

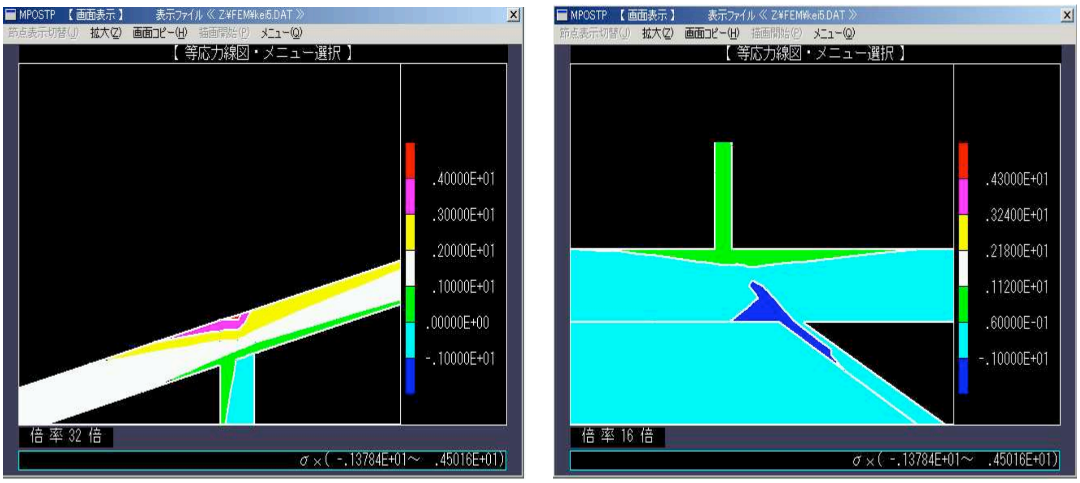
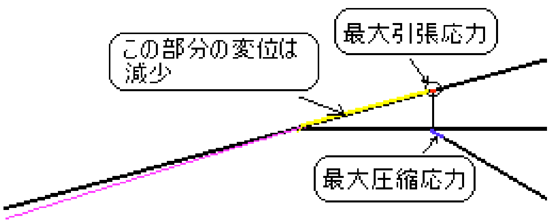


図 4.2 形状 3 の等応力線図

形状 3 は形状１に１本縦の補強をいれたもので、圧縮応力は５つの形状の中で最も小さい。応力の最大値は縦棒の付け根部分の外側にかかっている。



＜形状４＞

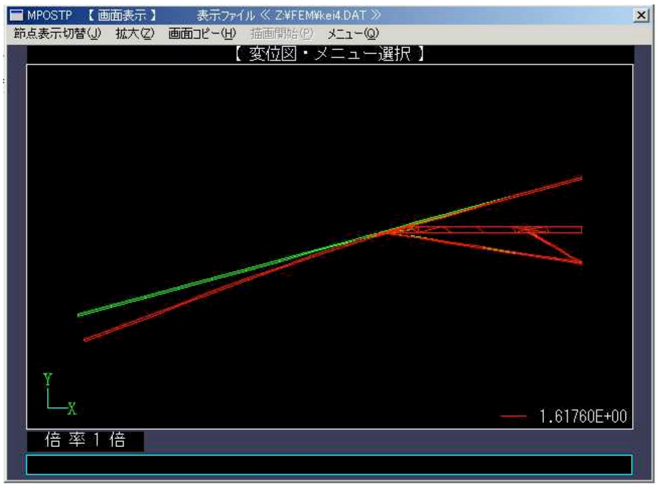


図 5.1　形状 4 の変位図

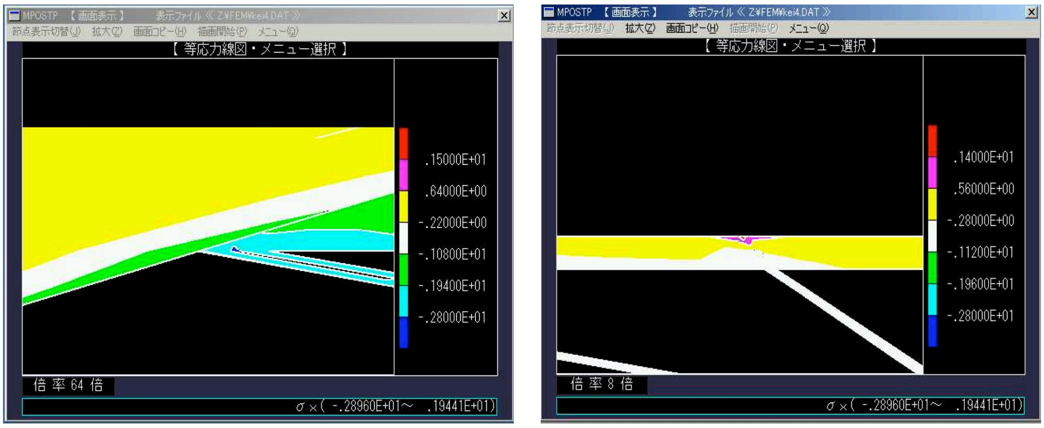
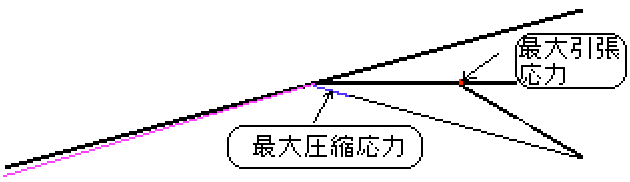


図 5.2　形状 4 の等応力線図

形状４は横棒の変位を小さくするために、形状１に１本斜めの補強を入れたもので応力、変位ともに形状１よりかなり小さくなるが、形状 2 ほどではない。しかし、最大引張応力は形状２より値が小さい。応力の最大値は横棒にかかっている。



＜形状５＞

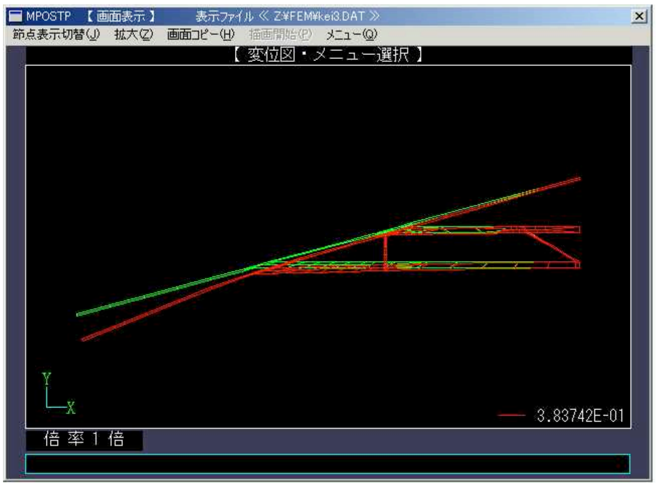


図 6.1 形状５の変位図

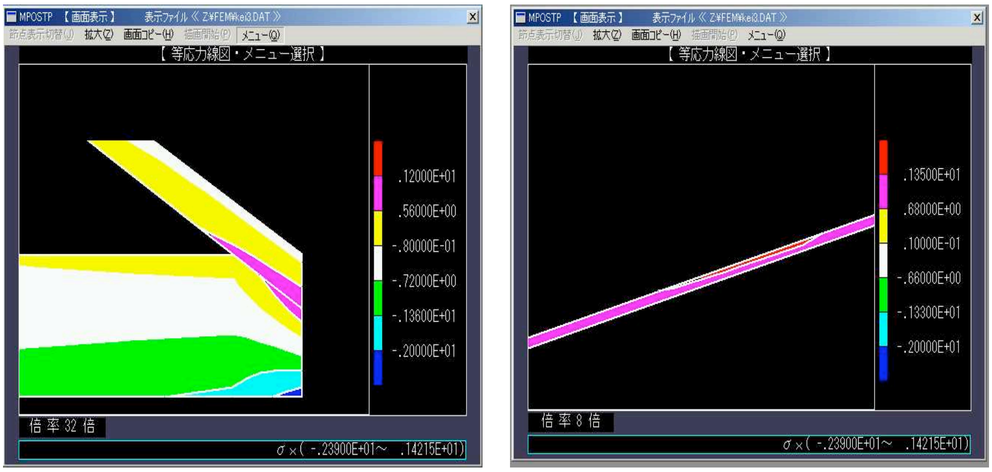
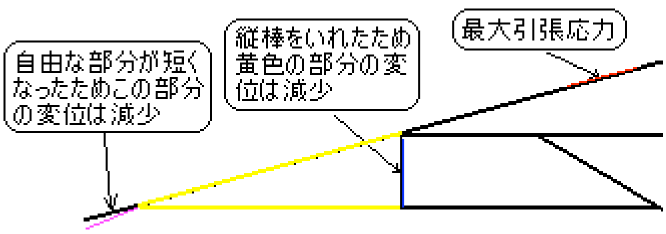


図 4.2 形状５の等応力線図

形状 5 は形状２～形状４の解析結果を踏まえて、形状２の２本の横棒の間に１本縦の補強を入れたもので２本の横棒の変位と応力は小さくなるものの、最大変位(先端の変位)は多少大きくなってしまう。応力の最大値は傘の先端と１本目の横棒の間で、ここは外側が引っ張られている。



以上の解析結果をまとめたものが下の表である。

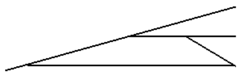
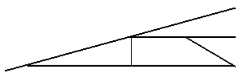
形状	最大引張応力 (kgf/mm^2)	最大圧縮応力 (kgf/mm^2)	最大変位 (mm)
 1	1.027×10^{1}	7.544	2.225
 2	2.915	2.368	3.970×10^{-1}
 3	4.516	1.378	1.463
 4	1.944	2.896	1.618
 5	1.422	2.390	3.837×10^{-1}

表１　形状別の解析結果

＜理論値の計算＞

理論値は図 7 のように赤い部分で考える。この部分を一端を壁に固定したはりと考えてこれに働く曲げモーメントから曲げ応力を計算する。

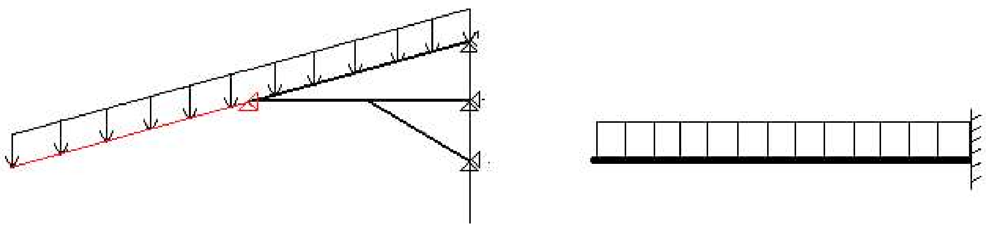


図７

このはりの最大曲げモーメントは、等分布荷重をｑ、はりの長さをｌとすると

$$M = \frac{q}{2}l^2 = \frac{1.931\times10^{-4}}{2}\times360^2 = 12.52[kg\cdot mm]$$

これより曲げ応力を求めると、

$$\sigma_x = M\frac{12}{bh^3}Z = 12.52\times\frac{12}{1.2\times2^3}\times1 = 15.65[kg/mm^2]$$

右図と左図の傾きの差はおよそ 15 度なので

$$\sigma_x' = \frac{\sigma_x}{\cos\theta} = \frac{15.65}{\cos 15°} = 16.2[kg/mm^2]$$

図 2.2 と表１より、この理論値は赤い部分より上に部分による応力は考慮されていないが、それを足し合わせても大きく変わることはないと思われる。よってこの解析の値は信頼できるものと思われる。

＜結果の考察及び結論＞

形状２と形状３を比較した結果、補強は縦棒をいれるよりも横棒をいれるほうが応力、変位とも小さく適しているといえる。これは斜めに棒をいれた形状４と比較しても同じ事がいえる。

以上の結果からわかることは、傘を補強しようと思えば形状２～形状５のように補強をしてしまえばどれでも元の形状よりは良くなるということである。横側を補強したければ縦棒を、縦方向（変位）を小さくしたければ横棒を補強してやればよい。つまり、力のかかる方向と逆向きに棒を入れればよい。形状３や形状５の形状を製作するのは難しいだろう。仮にできたとしてもコストが大幅にかかってしまうだろう。この中で出来そうなものを選ぶとすると、形状２か形状４ではないだろうか。結局総合的に見て、形状２のように横に補強を１本加えるのが傘の最適な補強だろう。この様に補強することによって従来の形状よりも 2 倍程度の荷重がかかっても耐えうることができると思われる。

しかし、今回のモデルは布をかけたときの変位･応力を考えなかったし、2 次元でしか解析できなかった。また今回の解析は１組のみの解析で、本来の様に骨組みが円形になっているときよりも応力、変位ともに大きくなっている。そのため実際にかかる応力や変位は解析できず、最適形状を考えるだけになってしまった。実際にこの解析をしてみてこの形状の解析は２次元では困難であることがわかった。似たような形状で解析するとしたら、”ひさしの形状”が良いのではないかと思う。