

骨組構造物の最適設計に関する2,3の問題点

熊本大学工学部 学生員 ○ 八木 章久

同 上 学生員 伊東 貢

同 上 正員 小林 一郎

同 上 正員 三池 亮次

1. まえがき 実橋の予備設計として最適設計を用いる場合、影響線解析を行い、部材の設計変数として板厚、部材高などを考慮した、厳密な解析が必要となる。しかし、構造系の一般的な力学特性を明らかにしようとする場合にも、必ずこのような厳密な解析を行わなければならないかについては、あまり検討されていないのが現状である。たとえば、トラス橋の最適スパン・構高比などの探索に目的を置いた場合、荷重条件、設計変数、制約条件などの厳密性のある程度欠くことになっても、最適解との誤差はそれほど生じないと思われる。

そこで本研究においては、前者を厳密解、後者を近似解とし、参考に若干の数値計算を行うとともに、過去の解析結果を考慮し、以下の三項目について、最適解の比較を行った。これより、厳密解と近似解とでは解が根本的に違ってくるのかどうかを確かめ、さらに骨組構造物の最適設計を行う場合の設計変数の低減と、設計荷重の取扱い、およびそれらに伴う計算時間の短縮について考察する。

(a) アーチ橋、トラス橋を例として、設計荷重についての比較

(b) トラス橋を例として、設計変数についての比較

(c) 斜張橋を例として、設計変数のリンクについての比較

2. 解析結果 (1) 設計荷重について¹⁾ アーチ橋においては、表-1、表-2のような設計条件のもとで、最適設計を行った。その結果を図-1、図-2に示す。図-1では、近似解の最適主構重量は、厳密解の52.8%になっている。また厳密解では、L/4点付近の断面積が大きく、近似解では逆になっている。これは近似解の方が曲げモーメントの影響線図の正領域と負領域の相殺により、軸方向力のみで応力が決定されるためである。従って、単に等分布荷重全載による構造解析だけでは危険である。図-2では、L/4点を離れるにつれ、近似解の断面積は小さくなり、最適主構重量は、厳密解の88.5%になっている。これは厳密解では、曲げモーメントが正確に見積られるため、安全側の最適解が得られるためである。従って、構造全体の安全性を考慮した場合、厳密解を求める必要がある。

静定トラスについては、パネル数を変えた時の最適解を図-3に示し、この設計条件の説明を表-3に示す。ここで厳密解と近似解Aを比較してみると、最適主構重量の差はほとんど見られない。これは静定トラスの上弦材、下弦材の影響線は、正か負のどちらかであるので、等分布活荷重の影響が現われず、斜材の差だけが出るためである。従って静定トラスでは、厳密解によらずとも近似解Aで

表-1 図-1の設計条件

	厳密解	近似解
骨組形状	円弧アーチ	
断面形状	箱型断面	
スパン	50.0m	
ライズ	6.7m	
等分布死荷重 Wd	2.806t/m	3.576t/m
線荷重 P	10.994t	
等分布活荷重 p	0.770t/m	

表-2 図-2の設計条件

	厳密解	近似解
骨組形状	円弧アーチ	
断面形状	箱型断面	
スパン	50.0m	
ライズ	6.7m	
等分布死荷重 Wd	4.598t/m	
線荷重 P	15.329t	
等分布活荷重 p	1.428t/m	

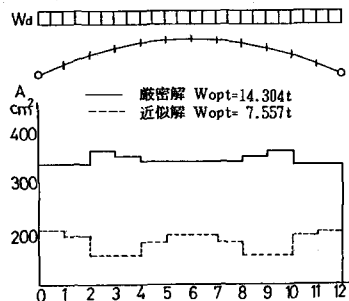


図-1 厳密解と近似解(分布荷重全載)

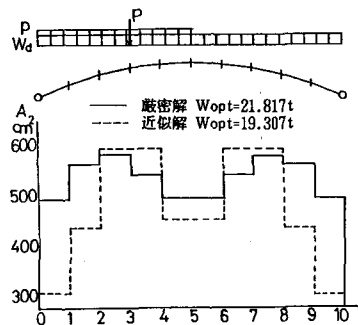


図-2 厳密解と近似解(荷重偏載)

かなり正確な最適主構重量や最適パネル数が得られる。

表-3 図-3の設計条件

	厳密解	近似解A	近似解B
設計荷重	移動荷重	固定荷重	
設計変数	フランジ板厚 ウェブ板厚	部材幅 部材高	断面模

(2) 設計変数について²³ 図-3において、設計変数が部材幅、部材高、フランジ板厚、ウェブ板厚である厳密解と、断面模の近似解Bとを比較する。厳密解の断面形状は、引張の斜材だけがH型断面で他は箱型断面である。近似解Bの最適主構重量は、厳密解の83~93%程度になっている。これは厳密解の制約条件が、応力制限、板厚制限、細長比制限、面外座屈制限、部材高制限と多いのに対して近似解Bのそれは、応力制限、断面模制限、座屈制限と少ないので、断面がかなり縮小できるためと考えられる。

また最適パネル数については、両方とも6パネルの値が最適主構重量となっている。従って、設計変数の選択により最適主構重量は変化するが、最適パネル数などの構造特性を調べるには、近似解Bによって求めることができる。

(3) 設計変数のリンクについて ここで斜張橋(非対称・ハーブ形式)をモデルに、目的関数(主構体積にコスト係数を乗じたコスト値)は塔について考慮せず、桁ヒケケーブル(プレストレスなし)だけについて考慮している。なお、桁ヒケケーブルのコスト係数の比は、1:2である。

図-4は、塔高とコスト値の関係についてグラフ化したものであり、設計変数のリンクを行わないものと、それぞれ設計変数のリンクの程度を違えたものとで比較できるようにまとめたものである。スパンは250mで計算しているから、スパンと塔高の比について検討してみると、グラフの変化にそれぞれ多少の違いはあるものの、すべて塔高100mにおいて、つまり塔高とスパンの比が1:2.5の時に最もコスト値は小さくなっている。従って計算時間が短縮される分、設計変数のリンクを行った方が能率的であると言えよう。ただし、極端な設計変数のリンクでは実橋に近いものと比べると、計算時間はそれほど短縮されないが、コスト値の差が顕著となるので、あまり意味がないと言える。

3.あとがき (1) アーチ橋については、厳密解と近似解にかなりの

差を生じるので、構造物の安全性を考慮した場合、影響線解析が必要である。一方、静定トラスについては、近似解でもかなり信頼性のある最適解が得られる。(2) 設計変数の低減による近似解でも、最適主構重量は厳密解よりも幾分小さい値となるが、最適パネル数などの構造特性については、厳密解と同じ解が得られる。

(3) 設計変数のリンクは、厳密解よりもコスト値は増加するが、計算時間の短縮や、実橋に近い最適解が得られるという点で効果的である。

つまり、骨組構造物の種類と求めたい最適解によっては、より簡単な設計荷重や設計変数を選択することにより、計算時間の短い近似解でも、厳密解に近い最適解が得られることがわかる。

参考文献 1) 八木章久; 影響線を考慮した剛結構造物の最適設計, 昭和57年度熊本大学工学部土木工学科卒業論文 2) 山崎利文他; 下路式トラス橋の最小重量設計, 第38回年次学術講演会講演概要集 1-216

3) 金丸明生; トラス橋の最小重量設計, 昭和58年度熊本大学工学部土木工学科卒業論文

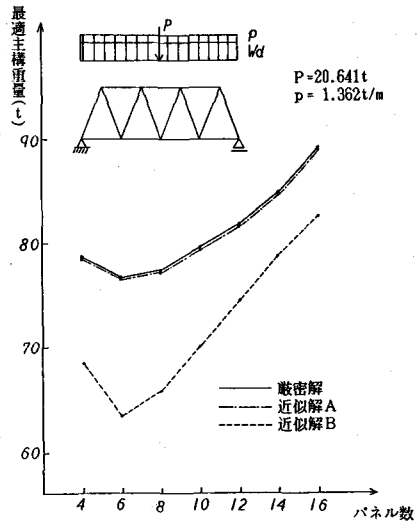


図-3 パネル数と最適主構重量 (支間長100m)

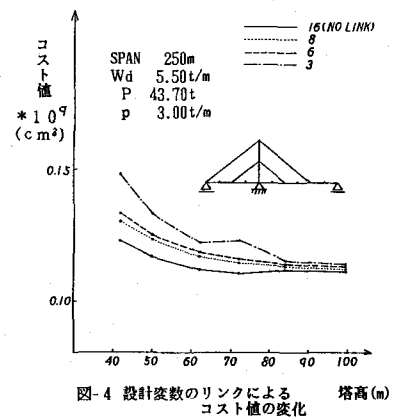


図-4 設計変数のリンクによるコスト値の変化