

I-521

鋼構造の限界状態設計法に関する一考察

中央大学理工学部 学生員 名取 賢一  
中央大学理工学部 正会員 岡内 功

1. まえがき

鋼構造物に限界状態設計法を適用した場合、どのような特徴が見出されるかという点について検討した。すなわち、限界状態設計法による最適設計の結果を、許容応力度設計法による結果と比較して、鋼構造の限界状態設計法における特質について若干の考察を試みた。

2. 限界状態設計法の最適設計問題への定式化

本研究では、限界状態設計法(以下 L.S.D. と称する)を最適設計問題へ定式化の際、構造レベルの最適化と部材断面レベルの最適化の二段階に分けて、図-1のような最適設計手順を考えた。ここで、構造レベルの最適化においては、構造各断面に必要とされる耐力を最適塑性設計によって求めたが、これらは、LP 問題として扱った石川ら<sup>[1]</sup>が与えた式に従って算定した。次いで、部材断面レベルの最適化段階では、垂直及び水平補剛材を有する上下非対称 I 型断面を対象として、その断面寸法を連続的設計変数とし、さらにそれらの総重量を最小にすることを目的関数とした。また、制約条件については、桁の終局曲げ強度  $M_{ult}$  と終局せん断強度  $V_{ult}$  の設計耐力が、構造レベルの最適化段階で得られた必要耐力を上回ることを条件としたが、これらの終局強度の算定については圧縮フランジや腹板の座屈を考慮して、三上ら<sup>[2]</sup>が与えた各式を用いて計算を進めた。なお、以上の設計変数、目的関数及び制約条件に基づく部材断面寸法の最適値は、Montecarlo 法と SUMT 法とを組み合わせたものを用いて計算した。

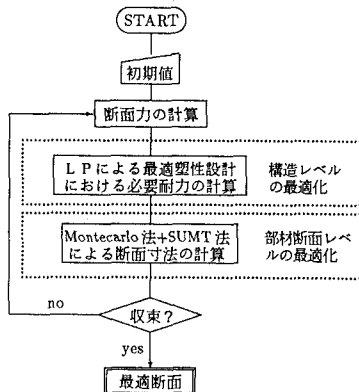


図-1 最適設計手順

ここで、許容応力度設計法(以下 A.S.D. と称する)の最適設計問題への定式化についても触れておくと、この定式化においても上に述べた L.S.D. による場合と同様な設計変数、目的関数を考え、最適化に当たっても同じ方法を用いた。ただし、制約条件については、道路橋示方書に示されている各基準に従った。

3. 最適設計結果とその考察

2 節に述べた方法を用いて、橋軸方向に腹板高さを一定とし、その厚さやフランジ幅、厚さを階段状に変化させた単純桁と二径間連続桁の最適設計計算を行った。ここで、荷重としては道路橋示方書で与えられている死荷重、活荷重を考慮し、L.S.D. においては、荷重係数によって安全率を調整した。以下にその最適設計結果に関する二、三の考察について述べる。

3.1 構造形式の影響

垂直補剛材のみを有する桁に対して得られた最適設計結果を表-1 に示す。単純桁の場合には、L.S.D. と A.S.D. における最適設計結果はほぼ一致することが認められた。一方、二径間連続桁では L.S.D. による最適設計結果は、A.S.D. による場合との比較において 4~6% 減となっているが、これは、静定構造の場合は弾性曲げモーメントと終局限界状態に対して桁構造に要求される必要耐力が一致するが、不静定構造の終局限界状態においては、弾性包絡曲げモーメントの他に残留曲げモーメントが発生し、両者を加えた値の耐力について考えることになるので、その違いが結果に反映したと考えられる。

表-1 単純桁と二径間連続桁の場合の最小重量比較 (ton)

垂直補剛腹板 支間長 (m)	許容応力度設計法		限界状態設計法	
	単純桁	二径間連続桁	単純桁	二径間連続桁
30.0	7.95	15.53	7.81	14.56
40.0	14.24	26.84	14.18	25.86
50.0	22.10	38.04	21.92	37.89

### 3.2 荷重係数の影響

L.S.D.による最適設計結果は、当然のことながら荷重係数の値によってかなりの影響を受けると考えられるので、その影響を検討した結果が図-2である。これらの図より、死荷重係数、L荷重係数、T荷重係数の順にその影響が大きいこと、さらに同種の荷重係数については、単純桁よりも二径間連続桁において荷重係数の影響が顕著に現れていることが知られる。従って、L.S.D.では荷重係数の適切な選定が重要であり、その重要性は不静定構造の場合に一層大きいものと考察される。

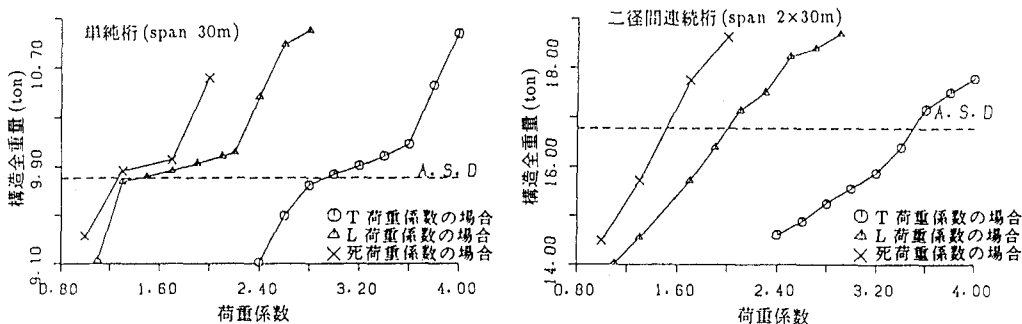


図-2 荷重係数の影響

### 3.3 補剛材設置の影響

本研究で扱ったL.S.D.の場合、単一パネルの強度は腹板高、腹板厚及び水平補剛材位置によって決まり、部分パネルの強度はこれに加えて垂直補剛材間隔と水平補剛材の剛度が関係する。従って、これらの補剛材設置の影響についても検討したが、その結果が図-3である。まず、図-3(1)より判るように、水平補剛材の最適な取付位置は、一定した値ではなくある範囲で示され、さらに垂直補剛材間隔を狭くするに従って、その範囲は圧縮フランジ側へ移行することが知られた。次いで、図-3(2)より、腹板高が最適設計結果に及ぼす影響もかなり大きいことが知られた。

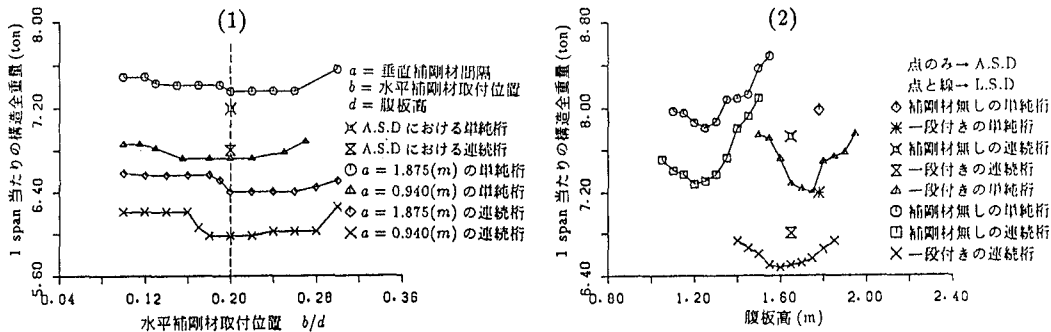


図-3 水平補剛材取付位置や腹板高と構造全重量との関係

### 4. あとがき

鋼構造の限界状態設計法の特性を明らかにする目的のもと、構造レベルの最適塑性設計と部材断面レベルの最適化より構成される二段階方式の最適設計法を適用して、いくつかの検討を行った。その結果、従来の許容応力度設計法による最適設計法と比較して、限界状態設計法による最適設計では、構造形式、荷重係数、補剛材の設置などが大きな影響をもつことが知られた。しかしながら、まだ様々な検討の余地が残されており、今後、これらの説明を目指している。終わりに、本研究に関しては、防衛大学校石川信隆教授から多大な御教示を頂いたことを記し、ここに深甚の謝意を表する。

### 参考文献

[1] 石川信隆, 林敏臣, 鯉淵芳伸; 移動荷重を受ける骨組構造物の変形硬化荷重解析と最適塑性設計, 防衛大理工学研究報告第20号(1982)  
 [2] 三上市蔵, 木村泰三, 山里靖; 設計のためのプレートガーダーの終局強度の算定法, 構造工学論文集 Vol.35A,(1989)