長大トラス橋の形状と構造の最適化

<u>1,はじめに</u>

近年,コンピュータの解析能力の飛躍的な進歩に 伴い,複雑で巨大な構造物の全体解析が可能になっ ている.また,設計技術の発達により構造最適化の ための反復作業を自動化することが可能となってい る.橋梁分野においても,これまで構造最適化に関 する幾つかの試みが行われてきた、しかしながら、 一般に,橋梁全体の構造最適化は設計変数が莫大な ものとなることから,最適解を得るまでの処理効率 化の向上が極めて重要である.そこで,本研究では, 解析処理の効率化のため、設計変数の低減を行うとと もに,近年提案されている複数のパソコンを高速通 信で結び並列処理を行うグリッドコンピューティン グシステムを利用することを試みた.すなわち,本 研究では,グリッドコンピュータの並列処理を利用 して,鋼重最小化を目的とした橋梁の構造最適化シ ステムを構築し,実際に建設が予定されている長大 トラス橋を例にとり,その適用性を検証した.



図1 グリッドコンピュータ

<u>2,対象橋梁とFEM解析モデル</u>

本研究では,現在計画段階にある東京湾第三航路 橋(仮称)を対象に検討を行った.床版幅員 15m,4 車線の道路橋で,最大支間長は440mの3径間連続 の長大トラス橋である(図2).東京国際空港が近いた め高さ制限があり,航行援助施設の電波を遮断しな いように部材数,部材長は可能な限り小さい方が望 ましいとされている.対象橋梁のFEMモデルを図1 に示す.鋼床版はシェル要素でモデル化し,主構ト ラス部分は箱形ビーム要素でモデル化した.

東京工業大学	学生会員	勝山 真規
東京工業大学	フェロー	三木 千壽



3,設計システムの構築

本研究で構築した設計システムの流れを図 4 に示 す.



図4 設計システム

設計計算には FEM 解析を用い,設計変数の入力 は最適化手法を用いることで,照査項目を満たし, 目的関数である鋼重を最小とするような設計変数を 効率的に得ることを目的としている.FEM 解析コー ドにはフリーソフトウェアのSAP-4を使用しており, 照査には限界状態設計法に基づく独自の照査プログ ラムを使用した.これらのプログラムの全体制御と 最適化計算には設計最適化支援ソフト iSIGHT を使 用した.

キーワード 橋梁設計の合理化,最適化設計,グリッドコンピュータ,ベジエ曲線 〒152-8852 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03(5734)2596



図 5 設計計算フロー

<u>4,設計変数</u>

まず,トラスの各格点の3次元的な挙動を考慮し, 設計変数63で計算を行ったが,自由度が高く収束し なかった.そこで,格点を一連の凸もしくは凹な曲 線上にあるものと仮定し,計算の効率化を図った. 曲線の表現にはコンピュータ上で自由曲線を表すの に用いられる3次ベジエ曲線を適用した.ベジエ曲 線は,4点で構成され,両端の2点で曲線と接し, 残り2点で形状を表す.本研究では,2本の3次元3 次ベジエ曲線を用いることにより,設計変数を63か ら24に低減することができた.



<u>5,設計結果</u>

 \bigcirc

制御点

→ 24

図7設計変数の低減



図8は最適化設計の最適化の様子を縦軸に鋼重, 横軸に計算回数を表したものであり,徐々に鋼重が 低減していく様子が見られる.



a)側面図図 9 最適設計結果

b)断面図

また,最適設計結果を図9に示す.上弦材では下 に凸の曲線を描き,下弦材では上に凸の曲線を描い た.橋軸直角方向から見た断面の形状は図に示すよ うに,3次元的な変化が見てとれる.最適化前には, 主に上弦材・下弦材に集中していた力が,最適化後 は図9-b)に示すように形状が変化することで,応力 を横構・垂直材にも分配できていることがわかる. 最適解算出までの繰り返し計算回数は320回,要し た時間は23時間6分であった.目的関数として設定 した鋼重は設計最適化前の主構トラス部分の約 1.68%,全鋼重の約0.96%しか減少しなかった.本 研究では設計変数として,トラス橋の格点位置とし, 各弦材の断面形状を固定としてしまったためと考え られる.今後,断面形状を設計変数として扱う予定 である.

<u>6,結論</u>

- ・ グリッドコンピュータを導入することで、反復計算量が莫大なものとなる橋梁全体の構造最適化の可能性を示した。
- ・ ベジエ曲線を用いることにより設計変数を減少
 させることに成功し、効率的な計算を可能にした。
- 格点を3次元に変化させることで,各部材に力を 分散させることを可能とし,合理的なトラス橋の 形状ができた.

参考文献

- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 共通編 鋼橋編 2002 年 3 月
- 2) AASHTO : LRFD Design specification 1996
- 3) 建設省:鋼道路橋設計ガイドライン (案),1995 年5月

I-665