

最適化設計に関する一考察

中部大学

水野慎也

正会員 長屋充人

中部大学 正会員 塩見弘幸

1. 研究目的

橋梁の様な大規模でかつ複雑な構造物の設計は設計変数、制約条件が多くなる。従来の山登り法による許容応力度設計に関する解法について考えると、複数の試算結果が複数の許容値を満たすが、単にその解は許容値を満たすのみで、最も経済的な解ではない可能性がある。本研究は変化特性が不明な場合において最適化を可能にすることを目的とし、道路橋合成桁を例にとり構築を試みた。

2. 最適化理論

一般的な最適化理論の一つに山登り法がある。これは山の頂上を最適解とし、頂上の位置は最大傾斜の方向にあると考える。次に一步進むごとに最大傾斜を求め、最大傾斜が存在する方向にその進路を切り替えながら頂上を目指していくという方法である。しかし従来の山登り法はその場その場の最大傾斜を求めていく性質上、関数の増減幅が大きいと、必ずしも最適解へ解が収束しない可能性が生じる。そこで本研究では山の何合目かに最適解が存在すると仮定し、関数の増減幅に左右されない方法を検討した。

3. 許容値

次に本研究の許容値と最適解の関係を説明する。一般的に許容応力度設計法は決められた許容値を満たすように設計していく方法である。この許容応力度設計法において従来の山登り法を用いると、先に述べたように関数の増減幅によって、必ずしも最適解へと解が収束するとは限らない。

そこで、本研究の最適化理論のフローチャートを図1～3¹⁾に示す。初期入力値設定後(S21)、複数有る入力値と試算結果の関係の中から試算結果に与える影響が最も大きい入力値において、許容値付近に近づける処理をする(S22)。次に、図2の試算結果を許容値付近に近づける処理によって許容値を越えたか否かを判定する(S23)。試算結果が許容値を越えた場合、試算結果を許容値内に収めるため、試算結果が許容値を越えている場合の処理(S24)、許容値内に収まったかどうかを判定する処理(S25)を行う。そして、試算結果が許容値内に収まるまで、S24、S25の処理を繰り返す。一方、入力値における試算結果が許容値を超えなかった場合、試算結果を許容値に近づける処理を行う(S27)。次にS27によって許容値を超えたか否かを判定する(S28)。そして、試算結果が許容値を越えるまで、S27とS28の処理を繰り返す。ここで、試算結果に与える影響が小さい入力値を変化させる場合、さらに精度良く最適化が行えるため、試算結果に与える影響が小さい入力値を変化させた場合の処理を行う。次に図3において、さらに計算結果を許容値に近づける処理を行う(S31)。計算結果が許容値を越えたか否かの判定を行う(S32)。そして、計算結果が許容値を越えるまで、許容値を越えたか否かの判定を繰り返す。

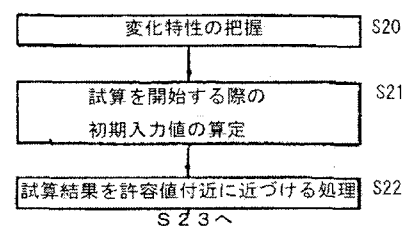


図1. 最適化フローチャート1

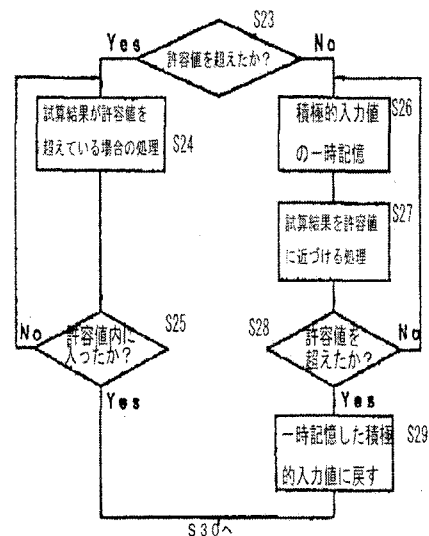


図2. 最適化フローチャート2

以上のように、上記最適化理論によれば試算結果に与える影響が大きい入力値から順に入力値を変化させていく手段と、試算結果に与える影響が小さい入力値から順に入力値を変化させていく手段を有しているため、効率の良い試算を行うことができるとともに、さらに良い試算結果を得ることが可能となる。

4. ケーススタディー：道路橋合成桁

本研究は上記理論を用い、道路橋合成桁を例に取り主桁断面の設計を行った。支間 24～32m、幅員 8.0～9.5mまで 0.5m 間隔で設計を行い、計算結果をまとめた。設計計算は文献²⁾を参考に設計を行い、その計算結果を検討した。

4. 1 主桁断面の最適化の例

一例として支間 30m、幅員 9.0m の場合最適化プログラムを用いた計算結果を示す。ウェブ高さ、舗装厚などその他条件は道路橋示方書³⁾に基づき設計した。

4. 2 主桁断面の応力度集計表

応力度の種類および組み合わせ	コンクリートの上縁 応力 σ_{cu}	コンクリートの下縁 応力 σ_{cl}	鋼桁の上縁 応力 σ_{su}	鋼桁の下縁 応力 σ_{sl}
1. 合成前モーメント			-1.53	1.14
2. 合成後モーメント	-0.0347	-0.0133	-0.0931	0.801
3. クリープ	0.00372	-0.0016	-0.0794	0.0176
4. 乾燥収縮	0.00392	0.00066	-0.274	0.0608
5. 温度差	± 0.0013	± 0.007	± 0.198	± 0.0421
6. 1+2	-0.0347	-0.0133	-1.63	1.95
7. 1+2+3+4	-0.027	-0.0084	-1.98	2.02
8. 1+2+3+4+5	-0.0283	-0.0153	-2.18	2.07
9. 1の許容応力度			-1.5	2.57
10. 6の許容応力度	-0.084	-0.084	-2.06	2.06
11. 7の許容応力度	-0.084	-0.084	-2.37	2.06
12. 8の許容応力度	-0.0966	-0.0966	-2.68	2.37

表 1-1 CASE 1 [kN/m²]

応力度の種類および組み合わせ	コンクリートの上縁 応力 σ_{cu}	コンクリートの下縁 応力 σ_{cl}	鋼桁の上縁 応力 σ_{su}	鋼桁の下縁 応力 σ_{sl}
1. 合成前モーメント			-1.5	1.13
2. 合成後モーメント	-0.0347	-0.0134	-0.0941	0.806
3. クリープ	0.00372	-0.0016	-0.0794	0.0176
4. 乾燥収縮	0.00402	-0.0067	-0.272	0.0608
5. 温度差	± 0.0014	± 0.0071	± 0.198	± 0.0421
6. 1+2	-0.0347	-0.0134	-1.59	1.94
7. 1+2+3+4	-0.0267	-0.0083	-1.94	2.02
8. 1+2+3+4+5	-0.0283	-0.0154	-2.14	2.06
9. 1の許容応力度			-1.51	2.58
10. 6の許容応力度	-0.084	-0.084	-2.06	2.06
11. 7の許容応力度	-0.084	-0.084	-2.37	2.06
12. 8の許容応力度	-0.0966	-0.0966	-2.68	2.37

表 1-2 CASE 2 [kN/m²]

CASE 1 は上フランジ 260×25mm で設計した時の計算結果で、鋼桁の上縁応力が許容値を満たしていない。それに対し、CASE 2 は 260×26mm で設計した時の計算結果で、これは全ての許容値を満たしている。プログラムの結果、これ以上断面を厚くすることは不経済であるので、最適な断面は上フランジ 260×26mm、下フランジ 380×30mm、ウェブ 1900×9mm であった。

5. あとがき

この最適化プログラムを用いた計算結果を文献³⁾を参考に、計算結果と比較してみたところ、本研究の最適化プログラムの計算結果の全てのデータがもっともらしい値であると思われる。今後、今回構築した道路橋合成桁の最適化プログラムを土台として変化特性が不明な場合においても最適化が行えるようにしていきたい。

6. 参考文献

- 1) 長屋充人：特開 2000-172672、日本国特許庁、公開特許広報、2000.6
- 2) 菊池洋一、近藤明雅：大学課程橋梁設計例（第 7 版）、オーム社、pp67-117、1995
- 3) (社) 日本道路協会：道路橋示法書、1994

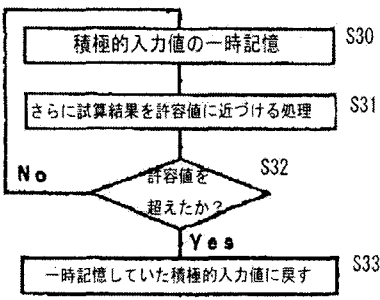


図 3. 最適化フローチャート 3