

ボックスカルバートの荷重強度係数設計法による評価

中央大学理工学部土木工学科 ○学生会員 小林 和貴
中央大学理工学部土木工学科 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

現在、わが国では構造物の設計においてより安全でかつ低コストな設計が求められている。そのための一つの手法として構造物の破壊を確率論として扱う信頼性設計法が挙げられる。

本研究では一般には限界状態設計法によって設計されているボックスカルバートをモデルとして選定し、最適な断面設計、また荷重強度係数法（以下 LRFD 法）に用いる最適な部分係数を求めることを目的とする。

2. 荷重強度係数設計法（LRFD 法）

代表的な手法の一つとして β の目標値 β_a と種々の設計ケースに対する実現値 β の誤差の 2 乗和の最小化問題として扱う手法がある。以下に概要を示す。

- 1) 目標信頼性指標 β_a を設定する。
- 2) 対象とする照査式において用いられる荷重係数を適当に仮定する。
- 3) 仮定された荷重係数を用いて照査式を満たす
- 4) ように各構造モデル i を設計する。
- 5) 決定された構造モデル i に実働荷重が作用した場合の信頼性指標 β_i を計算する。
- 6) 目標信頼性指標 β_a と各構造モデルの信頼性指標 β_i とで定義される目的関数 Ω を計算する。
- 7) 目的関数 Ω が最小となる最適な荷重係数の組み合わせが見つかるまで個々の荷重係数を仮定しなおしてステップ 3)~5)までを繰り返し計算する。

表 1 実荷重の組み合わせと設計照査式の定義

組み合わせケース	荷重の種類	照査式
Case-1	D+L	$\gamma_d \sigma_d + \gamma_l \sigma_l < \sigma_a$
Case-2	D+E	$\gamma_d \sigma_d + \gamma_e \sigma_e < \sigma_a$
Case-3	D+L+E	$\gamma_d \sigma_d + \gamma_l \sigma_l + \gamma_e \sigma_e < \sigma_y$

$\gamma_d, \gamma_l, \gamma_e$: それぞれの Case ごとに異なる荷重係数

$\sigma_d, \sigma_l, \sigma_e$: それぞれ現行設計法等で定められている
荷重の公称値を作用させた場合に各部材
に生じる応力

フローチャートで示すと以下ようになる。

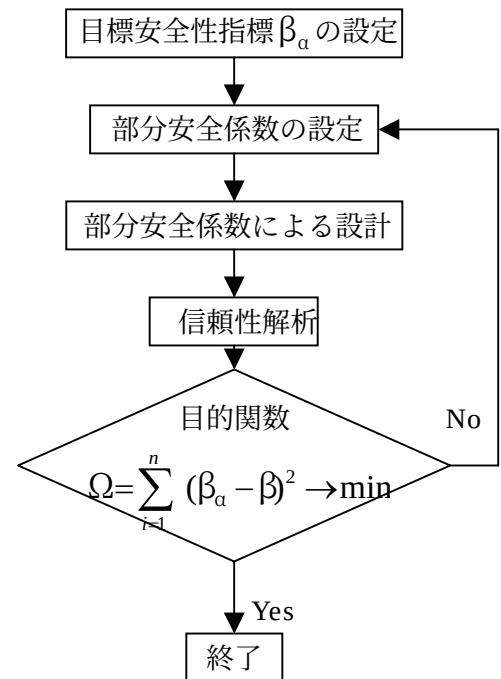


図 1 部分安全係数決定のフローチャート

3. モデルの選定

本研究では代表的な地下構造物であるボックスカルバートについて考えていくこととする。なお 1 連のボックスカルバートは 2 連のものに比べ、既に広く題材にされているため今回は 2 連のボックスカルバートを選定する。

なお使用材料、荷重条件等は参考文献 1) に示されているものと同様とする。内空断面においてはいくつかのパターンにおいて検証していく。

着目点として、支持材前面、ハンチ始点およびスパン中央付近で曲げモーメントが最大となる断面を用いる。

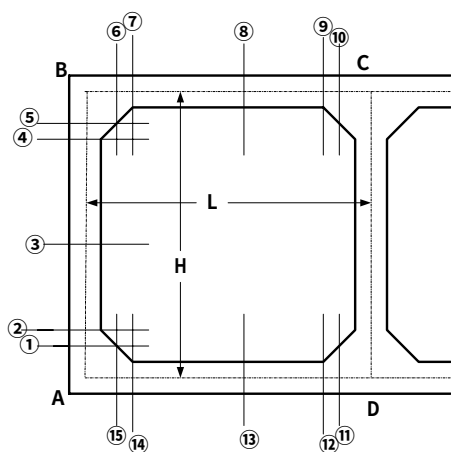


図2 構造解析モデル及び着目点

4. 信頼性指標 β

本研究では以下の Cornell の信頼性指標 β を用いた。

$$\beta = (\mu_R - \mu_S) / \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \quad \cdots (1)$$

μ_R : 設計断面耐力の平均値

μ_S : 設計断面力の平均値

σ_R : 設計断面耐力の標準偏差

σ_S : 設計断面力の標準偏差

不確定性を考慮するものとして以下のものを挙げ、確率分布は正規分布とし、変動係数は参考文献 4) に沿って以下のとおり与えることとする。

- ・死荷重による曲げモーメント：N(mD,CD)、CD=0.10
- ・活荷重による曲げモーメント：N(mL,CL)、CL=0.25
- ・コンクリートの圧縮強度：N(mC,CC)、CL=0.15
- ・鉄筋の降伏強度：N(ms,Cs)、Cs=0.08

また既往の研究から曲げ軸力破壊が支配的であることが知られているため、本研究では曲げモーメント及び軸方向力に対して信頼性指標を求めていく。

5. 信頼性指標 β の算出結果

今回はボックスカルバートの内空幅、高さそれぞれ3パターン(3.0,3.5,4.0m)の計9パターン、部材厚5パターン(40.0,45.0,50.0,55.0,60.0cm)、主鉄筋5パターン(D13,D16,D19,D22,D25)の組み合わせで設定し、それぞれの組み合わせにおける目標信頼性指標 β を3.0としたときの部材厚、主鉄筋の組み合わせ、コストを求めた。今回は荷重係数 $\gamma=1$ の結果を示す。

表2 信頼性指標算出結果 (土かぶり)

高さ(m)	幅(m)	部材厚(m)	主鉄筋	β	コスト(円/m)
3.0	3.0	0.40	D19	2.953	195,410
3.0	3.5	0.50	D25	3.356	300,364
3.0	4.0	0.45	D25	2.009	296,831
3.5	3.0	0.40	D19	3.108	207,603
3.5	3.5	0.40	D22	2.501	243,649
3.5	4.0	0.45	D25	2.350	312,527
4.0	3.0	0.40	D19	2.028	219,796
4.0	3.5	0.40	D22	2.620	256,921
4.0	4.0	0.40	D25	2.178	300,977

6. まとめ

今回の結果から高さに対して幅が大きいときほどよりシビアな条件となっていることがわかる。これは鉛直土圧のほうが水平土圧に比べ大きな値となることに起因していると考えられる。

コストに関しては今回は曲げ破壊の検討の比較のためのものであり、実際にはせん断、ひび割れ等の検討も必要になる。またすべての断面で条件が同じであることなどの条件も考えられるため、実際の値とは多少異なる。

なお2章で示した部分係数については研究会当日に発表の予定である。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書(耐震設計編) (H8)、土木学会
- 2) 星谷勝、石井清、構造物の信頼性設計法、鹿島出版会
- 3) 清水力、手塚民之祐、渡辺健、ラーメン(地下)の設計、オーム社
- 4) 土木学会構造工学委員会、構造設計国際標準研究小委員会、活動報告書 国際標準に基づく構造物の設計法
- 5) 国分正胤、岡村甫、第2巻土圧を受ける構造物の設計、技報堂出版
- 6) 岡村甫、前田詔一、鉄筋コンクリート工学(三訂版)、市ヶ谷出版社

