

ボックスカルバートを対象とした設計水準 2 による信頼性設計

中央大学理工学部土木工学科 学生会員 原 麻沙子

中央大学理工学部土木工学科 正会員 佐藤 尚次

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

1 . はじめに

ISO2394¹⁾において「限界状態設計」、「信頼性設計」、「性能設計」の概念により、構造物の信頼性に関する一般原則が表わされている。構造物の設計法における国際統合化を目標としたものであるが、これを受けてわが国でも国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」²⁾において「信頼性の考え方を基本とする」ことが原則になっている。

ここでは信頼性設計において、地下構造物の代表である、ボックスカルバートを対象構造物として信頼性設計を行っていく。土木学会「国際標準に基づく構造物の設計法」における設計例を更に拡張し、将来的には耐震設計も含めたものにする予定である。

2 . 設計方法

曲げ・軸力破壊による終局限界状態において確率に基づく設計を行っていく。

最初に複数の設計対案を設定しておき、その全てにおいて安全性水準つまり破壊確率の評価を行い、その中から所定の安全性水準を満たす最小コストの案を設計案として選ぶこととする。

設計対案は

部材厚 5 パターン(25cm,30cm,35cm,40cm,45cm),
主鉄筋 5 パターン (D25, D22, D19, D16, D13),
土被り 2 パターン (5.5m6.0m), 内空寸法(B×H;
3.5×2.5,3.0×2.5,3.5×3.0,4.0×3.0)の組み合わせで設定した。

ここで、部材厚、主鉄筋は頂版、底版、側壁で同一とした。

なお、数値計算例では Cornell の信頼性指標 を用いる。

μ_R :耐力側の平均値

μ_S :荷重効果側の平均値

σ_R :耐力側の分散

σ_S :荷重効果側の分散

なお、表-1 を参考に、目標信頼性指標 $\beta_t = 3.8$ で設計を行っていく。

表-1:目標信頼性指標 β_t

| 安全性の相対コスト | 破壊の影響 | | | |
|-----------|-------|-----|-----|-----|
| | 小 | 時々 | 中 | 大 |
| 高 | 0 | 1.5 | 2.3 | 3.1 |
| 中 | 1.3 | 2.3 | 3.1 | 3.8 |
| 低 | 2.3 | 3.1 | 3.8 | 4.3 |

(出典:ISO2394 付属書 E)

限界状態関数は以下のように設定する。

$$g(x) = x_b M_u(x_c, x_R, e) - \sum M_i$$

x_b :耐力算定式の誤差を表す変数

M_u :断面の曲げ耐力

x_c, x_R :コンクリート圧縮強度および鉄筋の降伏強度

e :偏心率

M_i :個々の荷重により発生する曲げモーメント

| | |
|-------|------|
| M_s | 0.1 |
| x_c | 0.15 |
| x_r | 0.08 |
| x_b | 0.5 |

表-2 確率変数の変動係数

x_c :コンクリートの圧縮強度 (平均値 ; 240kgf/cm²)

x_R :鉄筋の降伏強度 (平均値 ; 2950kgf/cm²)

x_B :断面耐力算定結果の誤差

キーワード : ISO2394、信頼性指標、限界状態関数

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科設計工学研究室 T e l 03-3817-1816

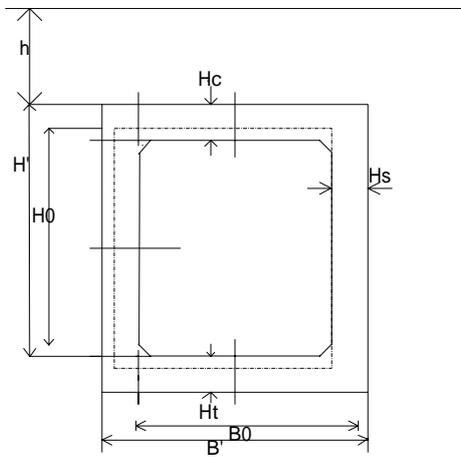


図-1 曲げモーメント及び軸方向力に対する検討断面

3 . 解析結果

今回は、各設計対案に値を代入し、 β_t が最小となる断面での値を求めた。
今回の設計対案ではケース 20 が最も β_t に近くなった。

表-3 各設計対案に対する信頼性指標

| 設計条件 | | 設計対案 | | | 最小 (照査 位置) | | |
|--------|--------|-----------|---------|----------------|------------------|-----------|------------|
| 土被り(m) | 内空幅(m) | ケース No | 内空高さ(m) | 部材厚(cm) 主鉄筋 | | | |
| 5.5 | 3.5 | 1 | 2.5 | 25 | D25 | 0.99(4) | |
| | | 2 | | | D22 | 0.51(8.9) | |
| | | 3 | | | D19 | 0.40(4) | |
| | | 4 | | | D16 | 0.13(8.9) | |
| | | 5 | | | D13 | 0.56(8.9) | |
| | | 6 | | 35 | D25 | 1.33(11) | |
| | | 7 | | | D22 | 1.92(11) | |
| | | 8 | | | D19 | 2.42(11) | |
| | | 9 | | | D16 | 2.60(11) | |
| | | 10 | | | D13 | 1.90(1) | |
| | | 11 | | 45 | D25 | 1.26(11) | |
| | | 12 | | | D22 | 0.41(11) | |
| | | 13 | | | D19 | 0.30(11) | |
| | | 14 | | | D16 | 0.55(11) | |
| | | 15 | | | D13 | 1.20(11) | |
| 6 | 3 | 21 | 2.5 | 40 | D25 | 1.41(11) | |
| | | 22 | | | D22 | 0.59(11) | |
| | | 23 | | | D19 | 0.11(11) | |
| | | 24 | | | D16 | 0.35(11) | |
| | | 25 | | | D13 | 0.97(11) | |
| | 3.5 | 3 | 16 | 3 | 40 | D25 | 0.83(11) |
| | | | 17 | | | D22 | 1.50(11) |
| | | | 18 | | | D19 | 2.05(11) |
| | | | 19 | | | D16 | 2.25(11) |
| | | | 20 | | | D13 | 2.76(11) |
| | 4 | 3 | 26 | 3 | 30 | D25 | 0.346(8.9) |
| | | | 27 | | | D22 | 0.29(9) |
| | | | 28 | | | D19 | 0.83(8.9) |
| | | | 29 | | | D16 | 0.11(4) |
| | | | 30 | | | D13 | 0.39(4) |

4 . まとめ

レベル 2 による設計対案からの選択肢を示した。

今後の課題は、設計対案の増加であるが、本解析結果では β_t と最小 β の開きが大きいので質の良い設計対案の設定を行う必要がある。

コストも検討した上で β_t に近づくような最適断面寸法を求め、既往の設計法とのコスト、安全性の比較検討を行なっていきたい。

また「1.はじめに」に示したように、耐震設計の条件を入れる事が目標である。

参考文献

- 1) ISO:ISO2394 General principles on reliability for structure 3rd edition 邦訳, 1998.6.
- 2) 国土交通省: 『土木・建築にかかる設計の基本』2002
- 3) 土木学会構造工学委員会 構造設計国際標準研究小委員: 『活動成果報告書国際標準に基づく構造物の設計法』2002.8.
- 4) 星谷 勝+石井 清 = 共著: 『構造物の信頼性設計法』 鹿島出版会 1986.
- 5) 國分 正胤+岡村 甫 = 監修: 『新示方書による土圧を受ける構造物の設計』 技法堂出版 1987.
- 6) 岡村 甫: 『鉄筋コンクリート工学』 市ヶ谷出版会 2000.