

架設部材의 信賴性 設計基準에 관한 研究
 A Study on Reliability Based Design Criteria for Erection Members

閔 庚 周*
 Min Kyung Ju

ABSTRACT

This study investigates reliability based design criteria for the erection members, and proposes practical algorithm which is based on Ellingwood's algorithm for the reliability analysis and the derivation of reliability based criteria.

The magnitude of the uncertainties associated with load effects are chosen primarily by considering our level of practice. And thus the uncertainties so obtained are applied for the reliability analysis and the derivation of reliability based design criteria.

A target reliability($\beta_o=2.0$) is selected as an appropriate value by analyzing the reliability levels of our current USD and WSD design standards. Then a set of load and resistance factors corresponding to the target reliability is proposed as a reliability based design provision, and furthermore a set of allowable stresses for steel having same level of reliability with the corresponding LRFD criteria is also prepared for the current WSD design provision.

It may be concluded that the proposed LRFD reliability based design provisions and the corresponding allowable stresses give more rational design than the current code for erection members.

요 지

본 연구는 가설부재의 신뢰성 설계규준을 고찰하고, Ellingwood가 제안한 신뢰성 해석과 신뢰성 설계규준 산정 알고리즘으로 부터 실용적인 알고리즘을 유도하였다.

하중의 불확실량은 우리의 실정을 고려한 적절한 값을 택하여 신뢰성 해석 및

*正會員 : 단국대학교대학원 토목공학과

신뢰성 설계기준을 산정했다.

현행 WSD와 USD 설계법의 신뢰성 수준을 분석함으로써, 우리 실정에 적당한 목표신뢰성지수 $\beta_0=3.5$ 를 택하여 LRFD설계기준에 의한 하중-저항계수를 제안했으며, 신뢰성 설계와 비슷한 신뢰성을 갖는 WSD의 강재의 허용응력을 산정 제안했다.

본 연구에서 제안한 신뢰성 설계기준 및 허용응력은 일정한 신뢰성을 주는 보다 합리적인 설계가 됨을 알 수 있었다.

1. 序論

部材設計의 가장 理想的인 方法은 設計되는 部材에 장애에 載荷될 수 있는 最大 荷重을 구하여 部材가 그 荷重에 抵抗할 수 있는 最小斷面이 되게 하는 것이다. 그러나 이는 荷重과 抵抗에 모두 現實的으로 불가능하며 이러한 問題에 접근하는 方法으로 荷重보다 抵抗에 設計基準을 둔 許容應力設計法(Working Stress Design:WSD)과 荷重과 抵抗의 特性을 고려한 強度設計法(Ultimate Strength Design:USD) 그리고 근래에 많은 연구가 진행되고 있는 荷重과 抵抗의 統計的 特性을 고려한 信賴性設計法 등이 있다.

架設材 設計에 있어 現行 鐵筋콘크리트示方書 規定은 특별한 設計法을 規定하고 있다 할 수 없으며 施工技術者의 經驗에 의하여 대부분 設計되고 있다. 다만 特殊 構造物의 施工時 精密度 또는 作業荷重 및 構造物 死荷重(Dead Load)이 큰 경우 構造物 設計者가 직접 架設構造物도 設計하고 있다.⁽¹³⁾ 그러나 이 경우 示方 規定에 의한 것이 아니고 日本 등 外國의 既設計를 이용하고 있는 실정이다. 示方書 規定에 規定하고 있는 設計의 根據를 考察해보면 架設材의 抵抗은 降伏強度로 부터 許容應력을 算定함으로써 許容應力法에 따랐고, 架設材에 作用하는 荷重(死荷重, 衝擊, 作業荷重 등)의 算定 方法은 이들 全體 荷重에 $150\text{kg}/\text{m}^2$ 또는 $250\text{kg}/\text{m}^2$ 를 더 作用하는 것으로 計算하게 되어있다.^(13,14)

이는, 막연히 架設構造物 設計에 安全을 考慮

했을 뿐이지 設計된 架設構造物이 얼마만큼 安全한가 또는 어떠한 理論的에 의하여 安全性을 確報하였는가에 대하여는 合理的인 根據를 提示할 수 없다. 다만 여기서 밝힐 수 있는 것은 荷重은 가장 원시적인 方法으로 荷中餘裕(Load Margin)에 근거를 두었다고 할 수 있으며, 抵抗은 현재 사용되고 있는 古典的 設計法인 許容應力 設計法에 의하여 設計한다 할 수 있을 것이다.

構造物 設計에 이용되고 있는 設計法을 考察해보면 許容應力設計法(WSD)과 強度設計法(USD)으로 대별된다. WSD에서는 荷重의 統計的 特性을 무시하여 抵抗과 設計荷重의 比로써 部材의 安全性을 확보하려 했으며, USD에서는 비록 抵抗과 각 荷重들의 諸般 사항을 고려하려는 노력은 보였으나, 이것도 또한 經驗的으로 결정된 確定的 設計法이다.^(5,12)

반면, 요즘 많은 연구가 진행되고 있는 信賴性 設計法 즉 LSD(Limit State design), LRFD(Load & Resistance Factors Design) 및 PBLSD(Probability Based Limit State Design)등은 荷重과 抵抗을 統計的으로 처리하여 部材가 일정한 信賴性을 갖게 되는 進一步된 設計法으로 알려졌고^(1,2,3,4), 이미 유럽 등을 중심으로 設計法에 반영 되었으며, 우리 나라에서도 콘크리트示方書(89年)에 일부 도입되어 있다.

본 연구는 架設構造物의 設計에 이용되고 있는 荷重과 部材 抵抗에 대한 信賴性을 해석하고 이로부터 強度設計法에서 사용되는 荷重係數 및 抵抗係數를 제시하고자 한다. 또한 강도설계법에

상응하는 材料의 許容應力을 산정하여 보다 합리적인 架設구조물의 設法을 제안하고자 한다.

2. R.C. 示方書의 架設 構造物 設計 基準

架設構造物 設計에 關連된 자세한 것은 附錄를 參考하고 여기서는 荷重과 抵抗으로 나누어 간단히 要約한다.

1.2.1. 設計荷重

鐵筋콘크리트 示方書에 規定하고 있는 거푸집 및 동바리에 作用되는 荷重은 크게 鉛直方向 荷重과 水平方向 荷重으로 구분하고 있다.⁽¹³⁾

鉛直方向荷重은 거푸집, 동바리, 콘크리트, 鐵筋, 作業荷重, 作業員, 施工機械 器具, 架設 設備 等의 重量 및 衝擊을 鉛直方向荷重으로 보며 이때 衝擊係數는 作用死荷重의 0.5를 取한다.

橫方向荷重은 振動, 衝擊, 施工誤差 等に 起因되는 橫方向荷重 및 風壓, 流水壓, 地震 등으로 死荷重의 2% 또는 동바리 單位 길이당 150kg/m 로 計算한다.

콘크리트의 側壓으로서는 거푸집의 側面에 作用하는 成形되지 않은 콘크리트의 側壓으로 물-시멘트比, 材料, 成形速度, 打設 높이 및 콘크리트 打設 速度에 따라 側壓을 計算한다. 이 외에 施工時 예상되는 特殊荷重 등이 있다.

1.2.2 架設材料

架設材는 KS規定에 의한 規格품을 使用하게 되어 있으며, 強度는 R.C 鐵筋의 許容應力 $f_s = 0.5 f_{t\text{인데}}$ 비하여 架設材의 許容應力 $f_s = 2/3 f_{t\text{이}}$ 며, 반복 사용시 $f_s = 0.7-0.8 f_{t\text{이다}}$.

위에서 밝힌 바와 같이 本 構造物의 材料로 사용되는 R.C 鐵筋보다 架設材에서의 許容應力이 더 큰 것은 架設構造物이 臨時構造이기 때문에 그 만큼 安全性을 작게 하는 것이다. 架設材들은 一般적으로 反復 使用되므로 反復 使用時는 그 強度를 낮게 하는 것이다.

3. 信賴性 解析 및 設計

이미 많은 研究論文들에서 發表된 바와 같이 信賴性設計는 適切한 目標信賴性指數(Target Reliability Index)에 對應하는 各種 限界狀態方程式으로 부터 抵抗係數 및 荷重係數를 결정하는 것이다. Level II 信賴性 理論으로 부터 荷重-抵抗係數를 算定 Level I 化하여 荷重-抵抗係數가 결정된다. 이 荷重-抵抗係數는 荷重과 抵抗의 分布型의 假定 및 荷重組合의 종류에 따라 여러 技法으로 分類된다.⁽⁸⁾

2.1 正規變換에 의한 荷重-抵抗係數 算定

MFOSM법(Mean First Order Second Moment Method)⁽⁹⁾에 의한 信賴性指數 β 는 抵抗 R, 荷重 S, 變數의 不確實量 Ω 일 때 限界狀態函數로 부터 다음과 같이 表現된다.⁽⁷⁾

$$Z=R-S=0 \text{ ————— (1)}$$

$$\beta = \frac{\bar{R}-\bar{S}}{[\sigma_R^2 + \sigma_S^2]^{1/2}} = \frac{(no-1)}{[no^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}} \text{ ————— (2)}$$

$$\text{여기서, } no = \bar{R}/\bar{S} \text{ (中央安全率) ————— (3)}$$

이때 限界狀態函數로 부터 確率變數 R, S와 平均값 \bar{R}, \bar{S} 의 關係를 고려하고 信賴性指數 β 를 目標信賴性指數 β_o 로 置換하여 抵抗係數(Φ)와 荷重係數(γ_i)를 구하면 다음과 같이 된다.

$$\Phi = 1 - \frac{\Omega_R^2 no^2 \beta_o}{[no^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}} \text{ ————— (4)}$$

$$\gamma_i = 1 + \frac{\Omega_S^2 \beta_o}{[no^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}} \text{ ————— (5)}$$

荷重組合이 $S = \sum S_i$ 인 경우 荷重-抵抗係數는,

$$\Phi = 1 - \frac{\Omega_R^2 \sum \rho_i no^2 \beta_o}{[no^2 (\sum \rho_i)^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}} \text{ ————— (6)}$$

$$\gamma_i = 1 + \frac{\Omega_S^2 \rho_i \beta_o}{\sum \rho_i [no^2 (\sum \rho_i)^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}} \text{ ————— (7)}$$

로 부터 얻을 수 있다.

2.2 對數變換에 의한 荷重-抵抗係數 算定

Rosenbluth, Esteva⁽⁹⁾의 對數正規分布型函數로부터 信賴性指數 β 는 近似的으로 不確實量 Ω_i 가 작을 경우 다음과 같이 구할 수 있다.

$$z = \ln R - \ln S \quad (8)$$

$$\beta = \frac{\ln(\bar{R}/\ln \bar{S}) / [(1 + \Omega_R^2)/(1 + \Omega_S^2)]^{1/2}}{[\ln(1 + \Omega_R^2)(1 + \Omega_S^2)]^{1/2}} \quad (9)$$

$$\doteq \frac{\ln(n_0)}{[\Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}}$$

2.1 節과 마찬가지로 Φ, γ_s 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Phi = \text{Exp}\left(-\frac{\Phi n_0 \Omega_R^2 \beta_0}{[\Phi^2 n_0^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2 \gamma_s^2]^{1/2}}\right) \quad (10)$$

$$\doteq \text{Exp}\left(-\frac{\Omega_R^2 \beta_0}{[\Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}}\right)$$

$$\gamma_s = \text{Exp}\left(-\frac{\Phi n_0 \Omega_R^2 \beta_0}{[\Phi^2 n_0^2 \Omega_R^2 + \Omega_S^2 \gamma_s^2]^{1/2}}\right) \quad (11)$$

$$\doteq \text{Exp}\left(-\frac{\Omega_R^2 \beta_0}{[\Omega_R^2 + \Omega_S^2]^{1/2}}\right)$$

荷重 組合이 $S = \ln(\sum S_i)$ 인 경우

$$\Phi = \text{Exp}\left(-\frac{\Phi n_0 \sum \rho_i \beta_0}{[\Phi^2 n_0^2 (\sum \rho_i)^2 \Omega_R^2 + \sum \gamma_i^2 \rho_i^2 \Omega_S^2]^{1/2}}\right) \quad (12)$$

$$\gamma_s = \text{Exp}\left(-\frac{\gamma_i \Omega_S^2 \beta_0}{[\Phi^2 n_0^2 (\sum \rho_i)^2 \Omega_R^2 + \sum \gamma_i^2 \rho_i^2 \Omega_S^2]^{1/2}}\right) \quad (13)$$

로 表現되며 이때 Φ, γ_i 는 限界狀態 函數式 (8)과 式(12, 13)을 反復施行함으로서 얻을 수 있다.

2.3 部分 對數變換에 의한 荷重-抵抗係數 算定

Lind-Hasofer⁽⁷⁾의 AFOSM(Advanced First Order Second Moment)法을 이용하여 Ellingwood⁽⁴⁾ 등이

抵抗을 代數分布로 荷重을 正規分布로 假定한 限界狀態式으로 부터 荷重-抵抗係數는 前節에서와 같은 方法으로 Φ, γ_i 는,

$$\Phi = \text{Exp}\left(-\frac{\Phi n_0 \Omega_R^2 \beta_0}{[\Phi^2 n_0^2 \Omega_R^2 + \sum (\rho_i^2 \Omega_S^2) / (\sum \rho_i)^2]^{1/2}}\right) \quad (14)$$

$$\gamma_s = \text{Exp}\left(-\frac{\rho_i \Omega_S^2 \beta_0}{[\Phi^2 n_0^2 \Omega_R^2 + \sum (\rho_i^2 \Omega_S^2) / (\sum \rho_i)^2]^{1/2}}\right) \quad (15)$$

로 表示되며 이도 또한 限界狀態式(1, 14, 15)를 反復施行함으로써 Φ, γ_i 를 얻을 수 있다.

以上에서 列擧한 바와 같이 Φ, γ_i 를 구하는 方法은 變數分布型의 假定 및 荷重 方法 등에 의해 各各의 方法들이 誘導되었다.

2.4 全荷重 係數法

일반적으로 RC構造物에서 抵抗 變數를 對數正規分布로 假定하는 것이 支配的이며 이를 Ellingwood 등이 使用한 變數 모델과 一致한다. 本研究는 Ellingwood의 모델을 이용하여 全荷重係數法을 誘導하였다.

文獻(12)에서 밝힌 바와 같이 荷重項을 正規分布로 假定하면 正規分布의 性質에 의하여 荷重項을 다음과 같이 결합시킬 수 있다.

$$S = S_D + S_L + \dots = \sum S_i \quad (16)$$

$$\sigma_s = [\sigma_{sD}^2 + \sigma_{sL}^2 + \dots]^{1/2} = [\sum \sigma_{s_i}^2]^{1/2} \quad (17)$$

$$\Omega_S = \left[\frac{\sum \rho_i^2 \Omega_{s_i}^2}{(\sum \rho_i)^2} \right]^{1/2} \frac{\sigma_s}{S} \quad (18)$$

또한 γ_s 및 n_0 는 다음과 같이 表現할 수 있다.

$$\gamma_s = \frac{\sum \rho_i \gamma_{s_i}}{\sum \rho_i} \quad (19)$$

$$n_0 = \frac{\sum \rho_i \gamma_{s_i}}{\Phi \sum \rho_i} = \frac{\gamma_s}{\Phi} \quad (20)$$

윗 식(18, 20)를 고려하면 식(14, 15)은 다음과 같이 표현된다.

$$\Phi = \text{Exp}\left(-\frac{\gamma_s \Omega_R^2 \beta_0}{[\gamma_s^2 \Omega_R^2 + \Omega_s^2]^{1/2}}\right) \quad (21)$$

$$\gamma_s = 1 + \left(\frac{\Omega_s^2 \beta_0}{[\gamma_s^2 \Omega_R^2 + \Omega_s^2]^{1/2}}\right) \quad (22)$$

2.3節에서 밝힌 바와 같이 Φ , γ_s , n_b 등의未知項을 反復施行하여 얻을 수 있으나 식(19)에서와 같이 荷重係數를 결합하면 식(22)만을 反復시킴으로써 全荷重係數 γ_s 를 얻을 수 있다. 이 때 γ_s 는 收斂하는 값을 알 수 있다. 이렇게 하여 γ_s 값이 결정되면 Φ 는 식(21)로 부터 얻을 수 있고, γ_s 는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\gamma_s = 1 + \frac{\rho_i \Omega_s^2 \beta_0}{\sum \rho_i [\gamma_s^2 \Omega_R^2 + \Omega_s^2]^{1/2}} \quad (23)$$

現行 強度設計法과 같이 荷重係數를 分離했을 때 代表的인 各荷重에 대한 各荷重 係數는 식(25), (26), (27)로부터 算定된다.

2.5 信賴性 解析法

부재의 신뢰성해석은 신뢰성지수 β 를 구하는 것으로서 현재 설계되고 있는 부재 또는 하중을 받고 있는 부재의 신뢰도를 상대적으로 구하는 것이다. 不確實量 Ω , 하중 S와 저항 R이 정해지면 그 통계적 특성에 따라 信賴性指數 β 를 구하는 것이다.

식(20)–(22)에서 β_0 에 β 를 대입하여 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\beta = \frac{\gamma_s^{-1}}{\Omega_s} [\gamma_s^2 \Omega_R^2 + \Omega_s^2]^{1/2} \quad (24)$$

윗식은 신뢰성지수 β 는 γ_s 의 함수임을 알 수 있다. 한편, 식(20)–(22)로부터 γ_s 에 관하여 정리하면 다음과 같다.

$$k \gamma_s^2 - k \gamma_s + \text{Ln}(\gamma_s) - \text{Ln}(N_b) = 0 \quad (25)$$

식(25)의 세째항을 Taylor급수로 선형 근사화시켜 γ_s 에 대하여 정리하면 다음 식을 구할 수 있다.

$$\gamma_s = m + (m^2 + c)^{1/2} \quad (26.a)$$

$$m = \frac{k - 2b - 1}{2(k - b)} \quad (26.b)$$

$$c = \frac{\text{Ln}(n_b) + b + 1}{k - b} \quad (26.c)$$

여기서, $k = \Omega_R^2 / \Omega_s^2$

식(26)으로부터 γ_s 를 구하여 식(24)에 대입하면 근사적으로 β 를 얻을 수 있다. 이는 γ_s 의 3차항 이상을 선형 근사화시켰으므로 거의 정확한 신뢰성 지수를 얻을 수 있다. γ_s 가 1.2에서 1.6임을 고려하면 식(26)에서 최소오차를 주는 b의 값은 0.4이다. 또한 정확한 신뢰성지수를 얻고자 할 때는 식(25)에서 수치해석적으로 γ_s 값을 구하고 이를 식(24)에 대입하여 얻을 수 있다.

2.6 公稱値의 算定

實際 設計에서는 公稱荷重 및 公稱抵抗을 이용하므로 식(21)–(22)에서 平均抵抗 및 平均荷重을 公稱抵抗과 公稱荷重으로 換算해야 적용이 가능하다.

平均公稱此를 η_i 라 하고, R_i , S_i 를 公稱抵抗 및 公稱荷重라 하면 η_i 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\eta_i = \frac{\bar{R}}{R_i} \quad (27)$$

$$\eta_i = \frac{\bar{S}}{S_i} = \frac{\sum \bar{S}_i}{\sum S_i} = \frac{\sum \eta_i \rho_i}{\sum \rho_i} \quad (28)$$

가 되며, 식(32)은 다음과 같이 表現된다.

3. 解析 및 考察

본 研究에서는 가설재 설계를 보다 합리적으로

할 수 있는 荷重-抵抗係數 및 재료의 허용응력을 구하고자 한다.

3.1 架設材의 信賴性 解析

부재의 신뢰성 해석은 하중 및 저항에 대한 불확실량 Ω_s , Ω_R 와 저항 및 하중으로 부터 얻어지는 중앙안전율 n 로 부터 식(24)와 식(26)으로 부터 계산할 수 있다.

그림 1은 현행 가설재 설계기준을 중심으로 중앙안전율과 하중비에 따른 신뢰성 지수를 나타낸 것이며, 그림 2는 불확실량이 하중비에 따라 신뢰성 지수에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

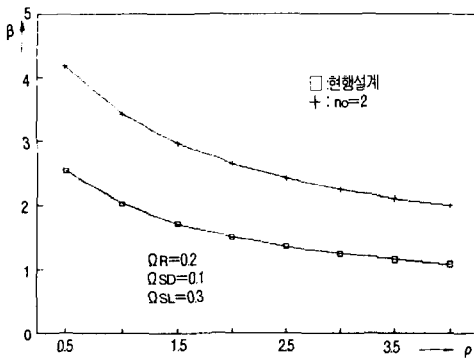


Fig. 1 ρ vs. β

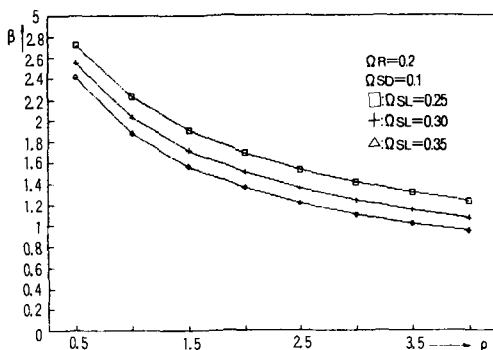


Fig. 2 Relationships between Ω and β

그림 1에서 보이는 바와 같이 현행 가설재의 설계에 대한 신뢰성 지수는 하중비 0.5에서 약 2.6이고 하중비 4에서 1.1정도였다. 본 구조물인 철근콘크리트에 비하여 신뢰도가 낮은 이유는 앞서서도 밝혔듯이 이는 임시 구조물이기 때문이다. 그러나 철근콘크리트 구조의 하중비가 0.5-1.0 사이에 있고, 축방향부재인 경우 신뢰성지수는 3.2-3.5임을 고려하면 가설재는 기간이 짧고 활하중과 사하중의 구분이 명료하지 못함을 고려할 때 하중비는 1-2정도의 값을 취하는 것이 타당하다고 판단된다. 이러한 기준으로 생각하면 가설재의 신뢰성지수는 하중비 1.5일 때 1.72였다. 본 구조물의 부재에 대한 신뢰성 지수는 보, 기둥, 슬래브에서 각각 3, 3.2-3.5, 2.5 정도이다. 슬래브의 경우 파괴될 확률이 작고 또한 파괴가 주는 영향이 작으며 파괴의 전조가 뚜렷함을 고려할때, 가설재가 임시 구조물임을 고려해도 신뢰성지수가 2.0이하임은 바람직하지 못하다고 판단된다. 따라서, 가설재의 목표 신뢰성 지수 β_0 는 2.0으로 하여 해석하고자 한다. 본 연구에서의 각종 자료는 가설재에 대한 통계치가 없으므로 철근콘크리트에 준하였다. 이에 대한 연구가 이뤄진다면 좀 더 합리적인 해석이 될 것이다.

3.2 架設材의 荷重-抵抗係數

강도설계법에서 설계에 사용되는 하중계수와 저항계수를 구하고자 한다.

부재의 하중-저항계수는 하중 및 저항에 대한 불확실량 Ω_s , Ω_R 와 목표신뢰성지수가 정해지면 식(21)-(23)으로 부터 계산할 수 있다.

그림 3은 목표신뢰성지수가 2.0일 때 하중비에 따라 하중-저항계수와 이에 따른 공칭안전율을 나타낸 것이며, 그림 4는 하중비 1.5일 때 목표 신뢰성지수에 따라 하중-저항 계수와 이에 따른 공칭안전율을 나타낸 것이다.

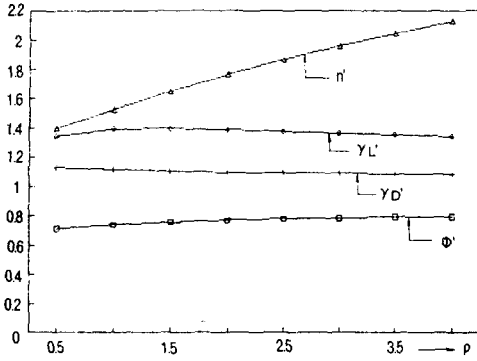


Fig 3. ρ v.s. γ_{SD} , T_{SD} and Φ

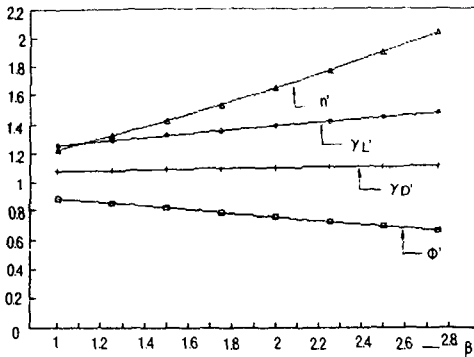


Fig 4. β_0 v.s. T_{SD} , T_{SL} and Φ

목표신뢰성지수가 2.0이고 하중비가 1.5일 때 저항계수는 0.7566, 사하중계수는 1.1016, 활하중계수는 1.3921, 공칭안전율은 1.6519였다. 이들 하중-저항계수는 설계자가 쉽게 사용할 수 있게 하기 위하여 일반적인 설계법에 맞추어 사용한다. 철근콘크리트 설계시 사하중계수가 1.2, 활하중계수가 1.8임을 고려하여 가설재의 하중계수도 이에 따르면 하중계수는 식(19)와 식(20)으로부터 하중계수는 0.94이다. 이를 정리하면 다음과 같다.

Table 1. Load-Resistance Factors

	calculated	proposed
Φ	0.7566	0.94
T_{SD}	1.1016	1.20
T_{SL}	1.3921	1.80

3.3 架設材의 許容應力

허용응력설계법에서 설계에 사용되는 부재의 허용응력을 구하고자 한다.

허용응력의 계산은 재료의 항복강도를 앞에서 구한 공칭안전율로 나눔으로써 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_s = 0.6f_c$$

현행 가설재 설계에 사용되고 있는 가설재의 허용응력은 $2/3 \cdot f_s$ 로 본 연구에서 계산한 값보다 약 11%정도 높은 값이다. 통계 자료의 부족으로 본 연구의 결과가 얼마만큼 신뢰도를 갖느냐 하는 문제는 있겠으나 이에 대한 연구가 이뤄지지 않은 현재의 실정으로는 실제보다 불리한 설계가 되는 통계치를 사용할 수 밖에 없다. 이러한 관점에서 생각할 때 현행 시방서의 설계규준으로 完全應力設計(full stress design)을 경우 안전상의 문제가 있다 할수 있을 것이다.

4. 結論

本 研究는 현행 가설재의 설계에 대한 안전성을 검토하고 이로 부터 보다 합리적인 허용응력과 하중-저항계수를 제안했으며 본 연구의 결과로 다음과 같은 結論에 도달할 수 있었다.

1. 현행 철근콘크리트 시방서의 가설재 설계규준으로 신뢰성해석을 한 결과 신뢰성지수는 1.72의 낮은 값으로서 안전성에 문제가 있음을 확인하였다.
2. 가설재 설계의 목표 신뢰성지수는 2.0정도로 취하는 것이 타당하다고 판단된다.

3. 목표 신뢰성지수를 2.0으로 했을 때 사하중계수를 1.2, 활하중계수를 1.8로 현행 철근콘크리트 시방서 규준과 같게 했을 때 하중계수는 0.94였다.
4. 윗 3항과 같은 안전성을 같게 하는 강재의 허용응력은 $f_t=0.6f_c$ 였으며 이를 기준으로 볼 때 현행 허용응력 $f_t=2/3f_c$ 는 허용응력을 과도하게 사용하고 있다 할 수 있다.
5. 보다 합리적인 설계규준을 산정하기 위해서는 부재에 따른 변수들의 파라메타, 목표신뢰성지수의 범위 등에 대한 광범한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Allen, D.E., "Limit States Design And Probabilistic Study", Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 2, No. 1, 1976, pp. 36-49.
2. Cornell, C.A., "A Probability-Based Structural Code", Pro. of the ACI, Vol. 66, No. 12, Dec. 1969. pp. 974-985
3. Ellingwood, B., Ang, A.H.-S., "Probabilistic Study of Safety Criteria for Design", Structural Research Series, No. 387, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana, June. 1972.
4. Ellingwood, B., MacGregor, J.G., Galambos, T.V., and Cornell, C.A., "probability Based Load Criteria:Load FACTORS AND LOAD cOMBINATION", Journal of the Structural Div., ASCE, Vol. 108, No. ST5, May. 1982, pp. 978-997
5. Galambos, T.V., Ellingwood, B., MacGregor, J.G. and Cornell, C.A., "Probability Based Load Criteria:Assessment of Current Design Practice", Journal of the Structural Div., ASCE, International Recommendations 3rd Ed., 1978.
6. Galambos, T.V. and Rabindra. M.K., "Load and Resistance Factor Design for Steel", Journal of the Structural Div., ASCE, Vol. 104, No. ST9, Sept. 1978, pp. 137-1353
7. Hasofer. A.M., and Lind. N.C., "Exact and Invariant Second-Moment Code Format", Journal of the Engineering Mechanics Div., ASCE, Vol. 100, No EM. 1, Feb. 1974. pp. 111-121
8. Loporati, E., "The Assessment of Structural Safety", Series in Cement & Concrete Research, Vol 1, Research Studies Press, 1979.
9. Rosenblueth, E., and Esteva, L., "Reliability Basis for Some Mexican Codes," SP-31, ACI, Detroit, Mich., 1972, pp. 1-42
10. 白石成人 外 2人, "2次 moment法 による 信頼性設計法に 關する 2, 3의 考察", 日本土木學會 論文報告集, 第311號, 1981. 7, pp. 1-12.
11. 趙 孝男, 閔 庚周, "螺旋기둥의 信頼性 設計基準에 關한 研究", 大韓土木學會誌, 第3券 第4號, 1983年 12月, pp. 11-20
12. 趙 孝男, 閔 庚周, "Probability Based Design Criterial For the Current WSD", 大韓構造工學會誌, 1987年 3月, PP. 32-41.
13. 建設部, "콘크리트 標準示方書", 1989.
14. 勞動部, "콘크리트 工事 標準安全作業指針", 勞動部 告示 第 84-38號, 1984.