

휴먼 에러 체크에 의한 구조설계 연구(II)

Check Models of Human Errors in Structural Design(II)

손기상* · 안병준**

Ki-Sang Son · Byung-Joon Ahn

ABSTRACT

A large proportion of structural failures are due to human error at the design stage of a structural engineering project, and many of these failures could have been prevented if there had been proper design checking.

Analyses of the data from the 6 engineering firms and 24 professional engineer practitioners are shown on diagrams, also applicated for suggested models;overview checking.

And then analyzed results of current work in this area, which examine the effects of error magnitude, are compared to the limit data obtained from the surveys.

Overview checking only is analyzed of three typical design checking processes;self checking;independent detailed checking, and overview checking.

1. 서론

최근의 각종 구조물 붕괴사고로 인하여 법적 규제 차원을 넘어서 근본적 예방시스템을 구하고자 하는 인식이 고조되었고, 조사분석이 전반적으로 이루어지고 있다.

관련 연구에서는여러가지 원인분석이 제시될 수 있겠으나 여기서는 휴먼에러에 의한 구조설계 결함 부분을 집중적으로 다루고자 한다. 통계 연구에 의

하면 구조물의 용도성 상실, 기능장애, 파괴에 이르는 원인의 75%가 휴먼에러(Matousek and Schneider 1976)에 기인하는 것으로 나타나고 있다.

연구접근을 위하여 구조물 파괴의 상당한 원인이 되는 휴먼에러를 공식화하여 각 해당 직급의 구조 엔지니어들이 사전에 에러 가능성을 예측할 수 있도록 제시하는 것은 근원적 안전확보의 중요한 한 방법이 되겠다.

본 연구에서는 자가진단, 독립상세설계 체크, 전

* 산업안전교육원

** 동국대학교 산업안전공학과

반설계 체크 3가지 분야에서 전반설계 진단시의 휴먼에러에 중점을 두고 있다. 학부 건축과 학생들을 통한 자가진단 에러 체크 연구는 방법만 제시하고 다음의 연속연구에서 결과 비교를 하기로 하였다.

이를 위해 먼저 국내의 구조물 하자원인 분석자료를 조사하였고^{2)~5)}, 휴먼에러와 안전확보의 상관관계를 분석하는 것⁶⁾을 연구진행의 중요순서로 고려하였다. 휴먼에러 체크를 위해 학부 건축공학과 학생에 분배되는 설계문제와 실무부서에서 전반 체크를 하는 위치의 엔지니어들에 분배되는 설계문제 두가지를 제작하였다. 실무부서는 각 건설회사의 엔지니어링사 중에서 건축구조팀 6개소와 독립적으로 구조설계 업무를 개업하고 있는 24개소 구조설계사무소를 대상으로 하였는 바 국내 전체를 통해서 볼때도 200인을 상회하지 않고 있고, 또 설문에 응답하는 경우는 이보다 낮아져 연구의 어려움을 안고 있다. 또 지금까지의 구조기술사 배출자들이 총 147명이고 이들 중 상당수가 본 구조설계 업무를 직접하고 있지 않다는 것으로도 연구배경의 어려움의 일단을 볼 수 있다.

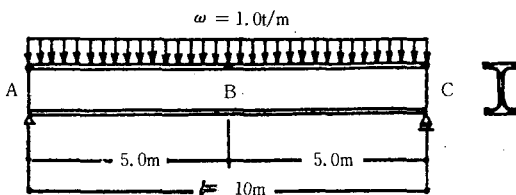
설계 단면으로 제안된 부재를 “안전”으로 판단하는 확률이 %저항 에러로써 산정되어 제안된 공식을 이용한 신뢰 구간을 확인하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 본 론

2.1 조사 방법

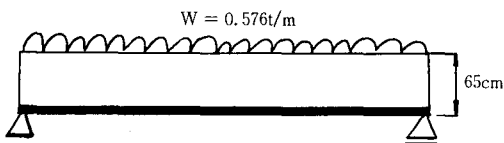
구조설계 체크과정에서의 휴먼에러를 조사하기 위하여 두가지 설문조사표를 작성하였다. 자가진단 체크를 위한 학부 건축과 학생에게 배부되는 것은 철골설계 1문제와 철근콘크리트 1문제씩을 제시하여 응답자가 하기쉬운 쪽을 선택하도록 하였다. 학부 개설과목 중에서 건축구조해석 또는 건축구조설계를 이수하고 있는 학생들에게만 한정하였다. 선이수과목인 “철근콘크리트 구조”와 “철골구조” 두가지를 전부 이수하지 않고 즉 이 두과목을 이수하고 난 후 구조설계 과목을 이수하여야 하나 둘 중 한 과목만 이수하고서 구조설계 또는 구조해석을 수강중인 경우는 설문을 위한 설계 문제가 이미 방법은 알고 있다는 전제하에서 출발한 본래 의도와는 달리 할 수 있는 능력 여부를 묻는 문제가 될 수 있기 때문이다. Y大, H大, K大, S大, J大, P大, KY大에서 수강생들에게 분배되었고 서울소재 대학교는 직접 방문하였고 지방소재 대학교에는 우송하여 수집하는 방법을 취하였다. 학부학생에 제시된 문제는 다음과 같다.

문제 1. 등분포하중 $W = 1.05/m$ (장기)를 받는 H형 강보를 설계하시오.



단, 사용강재 SS41 $F_y = 24t/cm^2$
 횡방향변형이 중앙에서 구속되어 있음.
 $E = 2100t/cm^2$
 $f_s = 0.924 /cm^2$
 꼭 볼펜을 사용하시고, 수정시는
 두줄을 그으시오.

문제 2. 콘크리트 단면 $D = 65, b = 30cm$ 보가 스펠 1.0m, 단위하중 $W = 0.576t/m$ 가 작용할 때 철근량을 구하시오.



단, $f_b = 60kg/cm^2, f_t = 1,600kg/cm^2$, 복근비 $\gamma = 0.5$ 꼭 볼펜을 사용하시고 수정시는 두줄을 그으시오.

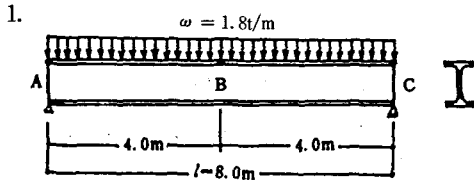
전반설계 체크시에 발생되는 휴먼에러를 조사하기 위하여 철골 설계단면 9문제, 철근콘크리트 설

계단면 2문제 총 11문제에 대한 설계문제의 단면을 제시하여 각 문항에 대한 설계단면의 적성성 여부

가 판단에 소요된 시간, 응답자의 경험년수를 조사 하였다.

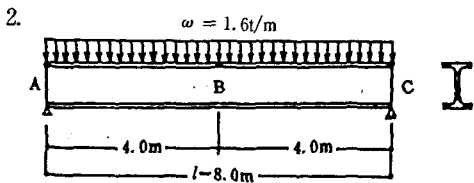
다음 각 단순보 철골 1~9, 철근 콘크리트 10~11을 자료참고 없이, 설계단면 체크결과를 우측란에 "○" 표로 기입해 주시고, 소요시간(각 문항마다)(분)과 응답자(가능하면 책임자 직책) 경험년수를 기입하여 주십시오.

하중. 기타 조건은 각 항의 그림과 같음.



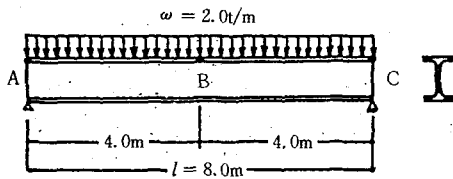
* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르 겠다 | 체크소 요시간 | 경험 년수 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| H-400 × 300 × 10 × 16 | | | | | 분 | |



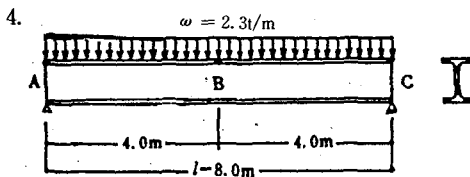
* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르 겠다 | 체크소 요시간 | 경험 년수 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| H-400 × 200 × 8 × 13 | | | | | 분 | |



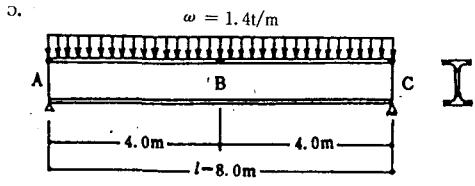
* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르 겠다 | 체크소 요시간 | 경험 년수 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| H-400 × 300 × 10 × 16 | | | | | 분 | |



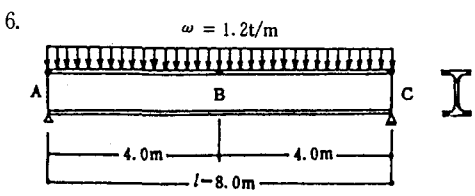
* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르 겠다 | 체크소 요시간 | 경험 년수 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| H-400 × 400 × 15 × 15 | | | | | 분 | |



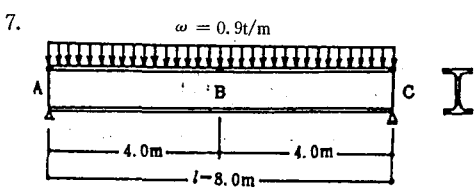
* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르겠다 | 체크소요시간 | 경험년수 |
|----------------------|-------|-------|-------|------|--------|------|
| H-400 × 200 × 7 × 11 | | | | | 분 | |



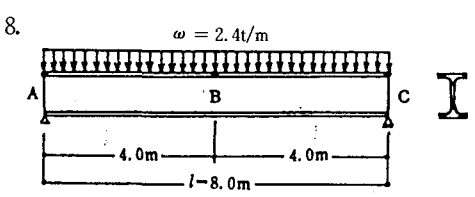
* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르겠다 | 체크소요시간 | 경험년수 |
|---------------------|-------|-------|-------|------|--------|------|
| H-350 × 175 × 6 × 9 | | | | | 분 | |

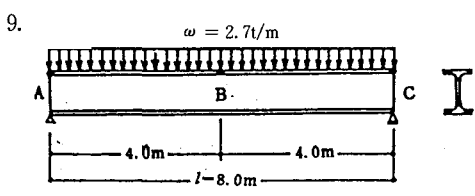


* 횡방향 변형 구속되어 있음.
 $F_y = 2.4t/cm^2$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르겠다 | 체크소요시간 | 경험년수 |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|--------|------|
| H-300 × 150 × 6.5 × 9 | | | | | 분 | |

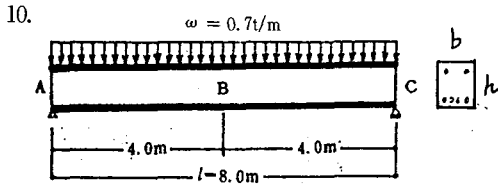


| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르겠다 | 체크소요시간 | 경험년수 |
|----------------------|-------|-------|-------|------|--------|------|
| H-500 × 200 × 9 × 14 | | | | | 분 | |



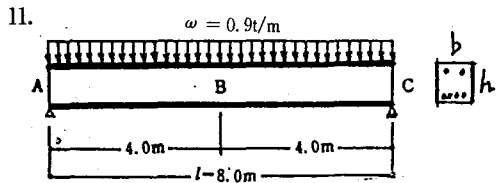
| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르겠다 | 체크소요시간 | 경험년수 |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|--------|------|
| H-500 × 200 × 10 × 16 | | | | | 분 | |

다음 문항 중 10~11은 철근콘크리트보의 설계단면입니다. 요령은 앞서와 같습니다. 일체의 자료 참고 없는 상태에서 체크하여 주십시오.



$b = 30\text{cm}$
 $h = 55\text{cm}$
 $f_b = 60\text{Kg/cm}^2$
 $f_t = 1,600\text{Kg/cm}^2$
 $\gamma = 0.5$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르 겠다 | 체크소 요시간 | 경험 년수 |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | | | | | | 분 |



$b = 30\text{cm}$
 $h = 55\text{cm}$
 $f_b = 60\text{Kg/cm}^2$
 $f_t = 1,600\text{Kg/cm}^2$
 $\gamma = 0.5$

| 설계 단면 | 과소 단면 | 적정 단면 | 과다 단면 | 모르 겠다 | 체크소 요시간 | 경험 년수 |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | | | | | | 분 |

경험년수와 소요시간은 각각 유사한 통계방법으로 평가하여 그 영향에 대하여 조사하고자 하였다. 실제 구조설계 업무를 높이기 위하여 전화 확인도 병행하였다.

또한 각 건설사의 엔지니어링 조직내의 건축구조 설계팀 H, S, L, D₁, D₂, SS 등 6개 주요 설계팀과 국가기관은 C 설계팀을 직접 방문하여 의뢰하였다. 이 분야에 근무하는 인원수가 조직상 회사규모에 비해 많지 않아 총 105매만이 배분되었다. 응답은 62매이었고 구조설계사무소를 개업한 실무자들에게 우송한 것에 대한 응답은 48매 중에서 8매로 나타났다. 각 문항에 제안 설계(suggested design)를 제시하고 이론상 적절한 경우는 간단히 “적정(correct)”으로 답하도록 하였다.

2.2 분석 방법

제안 부재설계의 적정성 상관도는 %내력(Re)으

로 표시하는데, 이것은 적정 설계(Rcd)와 제안설계(Rsd)의 %차이로서 휨모멘트 내력으로 비교된다.

$$Re = \frac{Rsd - Rcd}{Rcd} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

부재내력은 철골구조계산 기준과 철근콘크리트 구조계산기준의 허용응력 설계로 측정되었다. 제안설계, 적정설계, % 내력에러 등 설문에 대한 응답을 Table 1에 요약하였다. 과다 설계 7가지, 과소 설계 3가지, 그리고 한가지 경우가 적정설계 단면으로 제안설계 되었음을 보이고 있다.

Table 1, (4)란의 Re값을 구하기 위하여 (2)제안설계의 단면계수 값을 (3)적정설계란의 단면설계 값으로 나누어 휨모멘트 내력의 정도를 알 수 있도록 제시하였다.

Re의 범위를 최대 195%에서 -62%까지로 하여 비교적 적정설계단면과 유사한 제안단면을 제시하

Table 1 Suggested and corrected member design definitions for "Overview checking" survey member

| Design task | "Suggested" design | "Correct" design | Re(%) | Correct response | Actual response | Correct number |
|-------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|----------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 1 | H-400 × 300 × 10 × 16 | H-400 × 200 × 8 × 13 | 1,980/1,190cm ² = 166% | Oversized | 58/70 | (82.8%) |
| 2 | H-400 × 300 × 8 × 13 | H-400 × 200 × 7 × 11 | 1,190/1,010 = 117% | Oversized | 24/70 | (34.2%) |
| 3 | H-400 × 300 × 10 × 16 | H-400 × 200 × 8 × 13 | 1,980/1,190 = 166% | Oversized | 51/70 | (72.8%) |
| 4 | H-400 × 300 × 15 × 15 | H-450 × 200 × 8 × 12 | 2,520/1,290 = 195% | Oversized | 54/70 | (77.1%) |
| 5 | H-400 × 300 × 7 × 11 | H-400 × 175 × 7 × 11 | 1,010/ 775 = 130% | Oversized | 23/70 | (32.8%) |
| 6 | H-350 × 175 × 6 × 9 | H-350 × 175 × 7 × 11 | (775-641)/775 = -17% | Undersized | 26/70 | (37.1%) |
| 7 | H-300 × 150 × 6.5 × 9 | H-300 × 200 × 8 × 12 | (771-481)/771 = -37% | Undersized | 42/70 | (60.0%) |
| 8 | H-500 × 200 × 9 × 14 | H-450 × 200 × 9 × 14 | 1,690/1,490 = 113% | Oversized | 15/70 | (21.4%) |
| 9 | H-500 × 200 × 10 × 16 | H-450 × 200 × 9 × 14 | 1,910/1,490cm ² = 128% | Oversized | 17/70 | (24.2%) |
| 10 | 4-D13/30 × 55 | 4-D16/30 × 55 | (8,04-5.3)/8.04 = -34% | Undersized | 53/70 | (75.7%) |
| 11 | 4-D19/30 × 55 | 4-D19/30 × 55 | 0.0 | Correct | 53/70 | (75.7%) |

였다. Robert E. Melchers 6)의 경우 최대 270.77에서 -49.65까지 범위를 정하여 설문을 받았다. 적정단면에 비해 비교적 큰 단면을 제시하는 경우(범위가 큰 경우)는 단면구분이 용이하여 상대적으로 에러 탐지율을 실제능력보다 높여주는 결과를 초래하는 모순이 합제되기 때문에 본 연구의 Re범위는 적정단면과 상당히 유사한 설계단면을 제안하였는 바 유사한 제안단면일수록 에러 탐지율이 낮음을 보여주고 있다.

2.3 수학 공식

휴먼에러 관리에는 많은 인자들이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Ingles 1986) 앞서의 언급에서의 %내력에러, 경험, 체크요소시간(간접적 체크노력) 등이 연구에 대해 중요항목이 되고 있다. 이들 인자들의 조직적으로 고려하기 위한 하나의 모델 즉 전반 체크과정에 관한 모델이 필수적이다.

에러 탐지효율에 근거한 전반체크 효율성을 측정하기란 쉽지 않다. 전반체크는 수많은 설계단계와 과정의 결과에 관계되므로 뭔가 에러를 탐지 해내는 것은 쉽지 않다. 설계검토자들이 결과의 가능성에 좀 더 관심을 갖게 되므로 두가지 결정에 근거한 단순 전반체크 모델이 공식화 될 수 있다.

- 1) 설계부재가 안전한가?
 - 2) 부재가 안전하다면, 과다 설계되어 있는가?
- 첫번째의 "부재가 안전한"에 대해서는 설문 응답

데이터에서 "적정"과 "과다설계"라고 한 것의 분석을 말하고, 안전한 것으로 설계하는 확률은 총응답자수로 "적정"과 "과다설계"의 합으로 나눈 값으로 하였다.

$$\bar{P}_{safe} = \frac{Rc + Ro}{Rt} \dots\dots\dots (2)$$

- 단, Rc = "적정"응답자수
- Ro = "과다설계"응답자수
- Rt = 총응답자수

총응답자 70명의 평균 경험년수, 평균 체크소요 시간 즉 평균값을 채용하였다.

95%신뢰구간을 갖는 % 내력 에러의 함수로써 제안부재설계의 안전 확률이 Fig. 1에 도시되어 있다.

모델을 규명하기 위하여 (식 3) Z함수로 표현한다.

$$Z = \frac{Re-x}{\sigma} \dots\dots\dots (3)$$

- 단, x = t분포의 평균
- σ = t분포의 표준편차

제안 설계단면이 "안전"한 것으로 판단되는 모델은 가중 t분포에 의해서 수정공식을 갖게 된다. t분포는 30개 이내를 기본으로 하고 본 연구에서는 70개를 수집 적용하고 있어 정규분포처리를 하여야 하지만 앞서 언급한 바와 같이 국내의 구조설계 실무 전체인원의 규모로 볼때 t분포로 처리하는 것이

타당하다고 본다.

$$\bar{P}_{safe}(Re) = 1 - \frac{\delta}{2} + \int_0^Z \delta \cdot f(Z, \nu) dZ$$

; $Re > \bar{x}$ (4a)

$$\bar{P}_{safe}(Re) = 1 - \frac{\delta}{2} - \int_Z^0 \delta \cdot f(Z, \nu) dZ$$

; $Re < \bar{x}$ (4b)

단, $f(Z, \nu) = t$ 분포에 의한 확률 밀도 함수
 $\nu, \delta =$ 상수

이 모델이 Fig. 1에 조사 데이터와 비교되어 있다. 여기서 $Re < \bar{x}$ 이면서 “안전”인 경우이고 식(4d)는 Re 값이 (-)일 경우이고, 매개변수 $\bar{x}, \sigma, \nu, \delta$ 는 Table 2에 제시되어 있다. 조건 확률 $\bar{P}_{oversized/safe}$ 과 Re 의 관계가 Fig. 2에서 이해될 수 있는 경향을 그리고 있다.

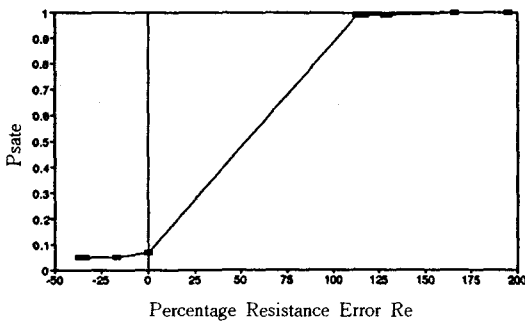


Fig. 1 Comparison of “Safe” model and survey data

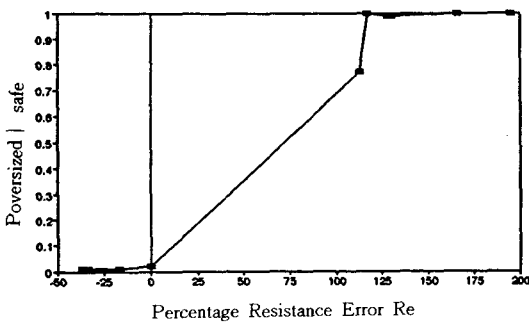


Fig. 2 Comparison of “Oversized/Safe” model and survey data

Fig. 1은 Table 1의 Re 값에 대하여 식(4a), (4b), Table 1, Table 2 각 값을 대입하여 구한 값

을 식(3)에 구한 구간(정정분)내에서 적용하여 계산된 값을 \bar{P}_{safe} 으로 표시하여 작성된 것으로 Re 즉 % 휨내력증가에 따른 확률 값의 상관관계를 제시하고 있으며 “0”(=적정)에 가까울수록 설계 검토자의 휴먼에러발생율이 커져 확률이 그만큼 감소되고 있음을 말해주고 있으며 이 결과는 Melchers and Stewart(b)의 Re 의 최대값 270%까지 크게 설정한 경우보다 에러탐지의 인적문제를 도출함에 있어 효율이 큰 것으로 판단된다.

Fig. 2도 같은 요령이지만 과다단면(Over sized)에 대해서만 확률을 구해본 경우이다.

Table 2 Parameters for “Overview Checking” models

| Judgement(1) | \bar{x} (2) | σ (3) | ν (4) | δ (5) |
|-----------------|---------------|--------------|-----------|--------------|
| safe | 36.87 | 18.85 | 1 | 0.950 |
| Oversized/safe | 34.50 | 18.85 | 1 | 0.990 |
| (Inexperienced) | 10.85 | 18.85 | 1 | 0.700 |
| (experienced) | 25.14 | 18.85 | 1 | 0.900 |

Fig. 2의 모델은 식(5)로써

$$\bar{P}_{oversized/safe}(Re) = \delta - 1 + \bar{P}_{safe}(Re) \dots (5)$$

단, $\bar{P}_{safe}(Re) =$ 식(4)에서 구한 값
 매개변수 = Table 1에서 제시된 값
 “적정”으로 설계단면을 판단한 확률은

$$\bar{P}_{correct} = \bar{P}_{safe} \times \bar{P}_{correct/safe}$$

$$= \bar{P}_{safe} \times (1 - \bar{P}_{oversized/safe}) \dots (6)$$

Fig. 3에서 식(6)모델을 조사 데이터와 비교하고 있다.

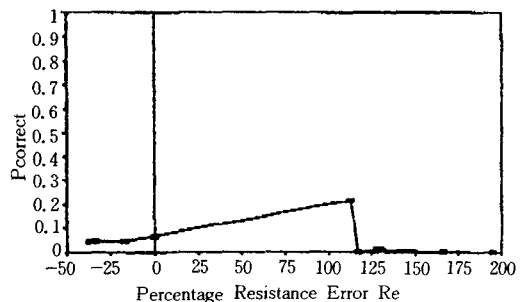


Fig. 3 Comparison of “correct” model and survey data

2.4 경험의 영향

경험이 전분야 업무에 폭넓게 사용되는 의미임에

도 정량적으로 해석하는 데에는 정확한 방법이 없는 실정이다. 국내에서의 건축구조 실무를 맡고 있는 기본조직과 인원이 상대적으로 적은 배경에서 본 연구를 위한 설문조사를 실시했기 때문에 수학 공식으로 “경험”을 표현하기 위한 연속변수 사용은 불가했다.

경험에서 2분 변수 즉 “경험”과 “비경험”으로 두 가지만 채택되었는데 응답자가 질문에 표시한 값을 4년을 기준으로 구분하였다.

그래프와 통계 두가지 방법으로 의사결정 효과에 미치는 경험의 영향을 조사하였다. \bar{P}_{safe} 의 중요성 테스트에서는 “안전”한 것으로 설계 단면을 선정하는 확률이 전반설계 체크자의 경험과는 관련이 크지 않음을 결론내리게 되었다.

대신에 경험이 많으면 $Re_{\text{값}}$ (Fig. 2)의 값이 커질수록 $\bar{P}_{oversized/safe}$ 값도 그만큼 증가하는 것으로 말할 수 있다. $\bar{P}_{oversized/safe}$ 이 경험 종속변수일 경우, 식(6)에 의해 평가되는 $\bar{P}_{correct}$ 도 경험 종속 변수이어야 한다.

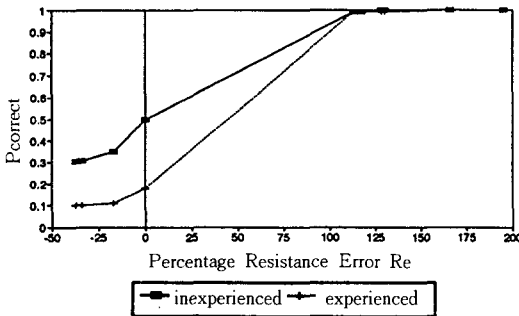


Fig. 4 Effect of experience on “Correct” model

2.5 시간의 영향

응답시간 영향도 경험년수에 의한 평가와 같이 통계적으로 평가되었다. 응답 소요시간 영향도 무시되는 것으로 간주하였다. 시간에 의한 중요성이 전혀 없는 歸無假數(null hypothesis)의 5% 수준에서 배제가 없는 비배제로 표시되기 때문이다. 통계상으로 볼 때 경험년수와 응답소요시간 사이의 관계는 뚜렷한 내용이 없었다.

3. 분 석

앞서의 결과는 기대이상의 정보를 제공해주고 있음을 알 수 있다. 제안된 부재가 “안전”인지를 예측하는 확률은 경험의 함수가 아님이 확실한 것으로 보인다. 이것은 경험이 많으면 많을수록 적은 것보다 좋다는 일반적인 믿음과는 상반되는 결과이다. 또한 제안된 설계단면이 “안전”할 경우 좀더 효율적인 경향은 있음을 나타내고 있다. 엔지니어의 경험과 설계단면의 안전과의 관계가 특히 관심되는 부분이다.

Matousek and schneider(1976)은 경험부족이 구조 실패의 주요 원인으로 지적하고 있다. 같은 경험인자라 할지라도 다른 원인들이 차지하는 비율이 낮을 때는 상대적으로 경험인자가 중요해 질 수도 있다.

자가진단은 여기서 다루지 않아 전반체크와 상관관계 추적도 필요하나 일반적으로 자가진단이 상대적으로 비효율적인 것으로 보고 되어 있다.

여기서 제시된 결과와 분석은 설계체크에 영향을 미치는 인자들 중 몇가지를 예비 설계로서, 그리고 지표로서 간주되어야 한다. 설계체크 과정이 조사 데이터로부터 모델될 수 있을 때는 모델들이 많은 분산을 갖고 있는 데이터를 표시하기에는 아주 이상적 형상일 수 있음을 인지해야 할 것 같다. 여기서 기법과 방법은 이 분야 연구의 새로운 개적으로서 구조설계의 휴먼에러는 인자특성에 관한 체크가 주요대상이 되고 있음이 판명되었다.

4. 결 론

이상과 같은 모델적용과 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 전반설계 체크에 대해서만 연구된 과정의 결과이다.

1. 설계단면 체크 과정의 요소들에 대해서 상당히 단순한 모델이 개발되었음을 확인하여 휴먼에러 체크를 위한 예비설계 단계에서 사용은 바람직하다.
2. 건축구조 설계에서의 휴먼에러 체크 연구의 최초로 인한 방법론적 난이성 때문에 에러체크 효율을 증진시키는 도구보완을 필요로 한다.
3. 결과들이 지시적인 경우로 인습적 예지와 항상 일치하지는 않음을 고려한 예비체크를 필요로 한다.

앞으로 더욱 다양한 건축구조 설계관련 휴먼 인자들이 도입된 모델로 수정되기 위해서는 구조설계 실무자들의 저변확대도 이루어지도록 기다리면서 병행되는 독립상세설계체크와 자가진단부분의 연구를 추가하여 효율적인 증진모델을 제시해 나가야겠다.

참 고 문 헌

- 1) 변근주, 이리형, "2.2 콘크리트 건축공사의 하자원인", pp.9-16, 콘크리트 공사의 실패와 대책, 한국레미콘 공업협회, 1993. 3.
- 2) 주경재, 조철호, "구조 안전진단 건물의 보강과 건물기능에 관한 조사분석 연구", pp.163-175, 대한건축학회 제8권 제7호, 1992. 7.
- 3) 이리형, "구조물의 하자발생과 대책", pp.5-18, 건물안전세미나 제13회, 한국건설안전기술협회, 1992. 7.
- 4) 신승현, "4. 안전확보를 위한 인적 요인", pp.209-320, 인간공학, 형설출판사 1993.
- 5) 김영휘, "4.6 신뢰구간추정", pp.147-148, 공업통계학, 동양사, 1975. 4.
- 6) Mark. G. Stewart. and Robert E. Melchers, "Checking Models in structural Design", pp1309-1323, Vol. 115, No. 6, pp.1309-1323, Journal of structural Engineering, June 1989.
- 7) Robert V. Hogg, Allen T. Craig, "Normal Distribution, t distribution", pp.425-426, Introduction to Mathematical Statistics, 4th Edition, Macmillan Publishing CO., Inc, 1989.