

최적신뢰성에 의한 강구조물의 강접합부 연구

A Study On Optimum Reliability of Rigid Connection in Steel Structures

정철원* 유한신**
Jung, Chul-Won Yu, Han-Shin

Abstract

In this study, three most distinct types of general rigid connections are included in the modelling, with is implemented into a computer code. The cost functions of connections are constructed by using the estimated unit cost of bolting, welding and connection-steel elements incorporating all the effect of materials, labor, and fabrication work.

Based on the recent developments of the reliability-based structural analysis and design as well as the extending knowledge on the probabilistic characteristics of load and resistances, the probability based design criteria have been successfully developed for many standards. Since the probabilistic characteristics depend highly on the local load and resistances, it is recognized to develop the design criterion compatible with domestic requirements.

The existing optimum design methods, which are generally based on the structural theory and certain engineering experience, do not realistically consider the uncertainties of load and resistances and the basic reliability concepts.

keywords : Optimum design, Reliability-based structural

1. 서론

재래적인 설계과정에서 접합부의 상세설계 단면은 거의 표준도나 설계자의 경험에 의해 가정되고 있으며 시방서에 규정된 파괴허용응력 규준이나 설계제한사항

은 설계치에 대해서만 그 타당성이 검토되어지고 있다. 또한, 상세설계 결과의 경제성이나 신뢰도는 상세 설계자의 경험과 능력에 의해 좌우되지만 실제로 대부분의 경우 접합부 상세설계는 전적으로 경험이 많은 설계자에 의해 이루어지고 있다. 그러므로 재래

* 정철원, 원경대학교 토목환경공학과 교수, 공학박사

** 학생회원, 원경대학교 토목환경공학과 박사과정

• 본 논문에 대한 토의를 2001년 12월 31일까지 학회로 보내 주시면 2002년 4월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

적 설계에 의한 접합부의 경제적이고 합리적인 설계는 대부분의 경우 실제 설계와 설계과정이 지나치게 소홀하게 이루어지므로 인해 보장되어질 수 없다. 따라서 본 논문의 목적은 강구조물의 강접합부에 대한 모든 설계 및 거동조건을 만족하는 경제적이며 합리적인 상세설계에 대해 실제적인 최적화 모델을 제안하는 것이며 최소비용설계를 수행하는데 있다. 본 논문에서는 최적상세설계의 효율성을 검토하기 위해 강구조물의 강접합부에 대해 확률이론에 근거한 신뢰성이론을 도입하고 최적설계를 적용하여 하중비, 초기비용과 파괴비용의 비에 따른 하중-저항계수분석에 의하여 각 파라미터들의 특성을 고찰해 보고 최적신뢰성 규준에 의한 접합부 최적설계 결과와 구시방서와 현시방서에^{1),2)} 의한 설계결과를 비교하며, 최적설계 프로그램의 효율성을 실제 예를 통하여 검증한다.³⁾

2. 강구조물의 강접합부의 설계

2.1 최적화기법

강접합부의 최적화를 위해 유도된 목적함수의 값을 개선시키기 위해 무제약 비선형 계획문제에 대한 해석 기법으로 사용된 Nelder-Mead Method^{5),6)}를 간단히 소개하고자 한다.

Nelder-Mead Method는 Simplex Method를 개량시킨 것으로 n 차원 공간에서 $n+1$ 개의 점의 집합 $\{X_i \mid i=1,2,\dots,n+1\}$ 으로 만들어지는 도형 Simplex로 되며 다음의 Fig. 1은 Nelder-Mead Method에 의한 도형 Simplex를 보여 주고 있다.

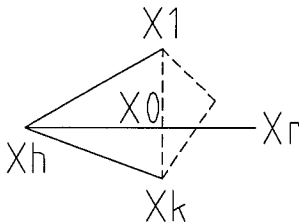


Fig. 1 Nelder-Mead Method에 의한 도형 Simplex

2.1.1 Reflection

Nelder-Mead Method를 사용하여 어떤 함수의 최소치를 구하는 문제는 먼저 주어진 Simplex의 각 점에 대한 함수값을 계산하고 최대치를 찾는다.

이 때 최대의 함수값을 갖는 정점에 대한 변수를 X_h 라 하면 최소값은 X_k 를 제외한 점들이 구성하는 도형중심과 이 정점을 맺는 연장선상의 반대측에 있는 X_r 로 가정할 수 있다. 이 점을 Reflection Point라 부르며 아래와 같이 구해진다.

$$X_r = (1 + \alpha)X_o - \alpha X_h \quad (1)$$

여기서 α : Reflection Coefficient

$$X_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n+1} X_i \quad (2)$$

2.1.2 Expansion

변수 X_i 에 대한 함수 $f(X_i)$ 이 다른 모든 함수 $f(X_j)$ 보다 작을 때 변수 X_i 를 X_e 로 치환하여 새로운 Simplex를 만들고 연장선상의 X_e 을 지나 또 하나의 변수 X_k 를 구한다. 그 점을 Expansion Point라 하며 그 값은 아래와 같다.

$$X_e = \gamma X_r + (1 - \gamma)X_o \quad (3)$$

여기서 γ : Expansion Coefficient

만일 $f(X_e) < f(X_r)$ 인 경우, X_k 는 X_e 로 치환되지만 그렇지 않으면 X_k 가 X_r 로 치환된다.

2.1.3 Contraction

위 단계에서 함수 $f(X_i)$ 이 함수 $f(X_h)$ 를 제외한 모든 함수 $f(X_j)$ 중에서 가장 큰 함수 $f(X_h)$ 보다 클 경우, 변수의 최소값은 X_h 와 X_i 의 중간에 있다고 생각하고 X_c 을 수축점 X_c 로 치환한다.

$$X_c = \beta X_h + (1 - \beta) X_o \quad (4)$$

여기서 β : Contraction Coefficient

Nelder-Mead Method는 위의 3단계 작업을 반복 수행하면서 함수 $f(X)$ 를 극소점으로 향해 이동시키면서 함수 $f(X)$ 의 편차가 아주 적어졌을 때 수렴했다고 판정한다.

3. 강접합부 최적화 문제의 정식화

3.1 설계변수

아래 그림의 단부판 접합부, 볼트연결 플랜지판 접합부, 용접연결 플랜지판 접합부는 각각 서로 다른 형태의 접합부 상세설계에 대해서 볼트의 개수 및 직경, 단부판 제원, 플랜지판의 두께와 길이, 용접 크기 및 길이, 앵글의 크기 등이 설계변수로 선택되어진다. 엄격히 말하면 그중에서 볼트의 개수, 판의 두께, 앵글의 크기 등은 이산변수이지만 본 논문에서는 모든 변수들을 연속변수로 간주하여 최적해를 얻은 후 설계 변수들에 대해 표준상용치수로 선택가능한 단면을 선택 하도록 한다.

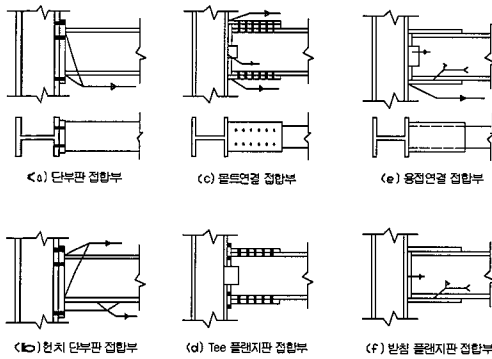


Fig. 2 강접합부 종류의 형태

3.2 비용함수

토목 분야의 최적화에 대한 문제 정식화 과정에서 가장 중요한 단계중의 하나는 단위 비용과 설계변수의

함수로 유도한 비용함수로 된 목적함수의 모델링이다. 그러나, 설계변수의 함수로 표현되는 비용함수는 정확히 표현하기가 매우 어려운 조립과 제작단계에 포함되는 비용에 민감한 요소들에 의존하기 때문에 비용함수의 정확한 추정은 간단한 문제로 되지 않는다. 본 논문에서의 강접합부에 대한 비용함수는 볼트작업, 용접작업 그리고 접합 강판 가공작업의 단위 비용에 대해 결정되어지며, 단위비용은 접합부 시공의 재료비, 인건비 및 제삭비를 포함하는 자료에 기초를 두고 통계적으로 추정된다. 따라서 세가지 다른 유형의 접합부 비용함수는 볼트작업 단위비용 C_b , 용접작업 단위비용 C_w , 그리고 접합 강판 작업비 C_s 에 대해 정식화되어질 수 있다. 본 논문에서 설정한 각각의 형태에 대한 비용함수는 다음과 같다.³⁾

1) 단부판 접합부

$$\begin{aligned}
 F_{EC}(\cdot) &= F_{EC}(n_b, d_b, w_f, w_w, t_{ep}, b_{ep}, L_{ep}) \\
 &= C_s [b_{ep} \cdot t_{ep} \cdot L_{ep} + t_{th} \cdot E \cdot d_h] \\
 &\quad + C_b \cdot n_l \cdot d_b \\
 &\quad + C_w [w_f \cdot 2(b_f + t_f) \\
 &\quad + w_w \cdot [2(b_f + t_f) - 2(h - t_f)]]
 \end{aligned} \tag{5}$$

여기서 $F_{EC}(\cdot)$: 여기서 단부판 접합부 비용 함수
 b_{ep}, t_{ep}, L_{ep} : 단부판 폭, 두께, 길이
 n_b : 볼트 개수
 w_f, w_w : 보 플랜지와 복부의 용접크기
 t_{th}, d_h : 현치의 두께, 깊이
 D : $d + d_h$
 C_s : 강판의 단위비용
 $(= C_{sM} + C_{sL} + C_{sW})$
 C_B : 볼트의 단위비용
 $(= C_{EM} + C_{EL} + C_{BW})$
 C_w : 용접의 단위비용
 $(= C_{wM} + C_{wL} + C_{wW})$

여기서 C_M, C_L, C_W : 단위 재료비, 인건비 및 제작비

2) 볼트연결 플랜지판 접합부

$$\begin{aligned}
 F_{BC}(\cdot) &= F_{BC}(n_{fb}, t_{fp}, t_{sp}, t_{ip}, n_{wb}, w_{sp}, \\
 &\quad b_{fp}, L_{fp}, b_{sp}, L_{sp}) \\
 &= C_s(t_{fp} \cdot b_{fp} \cdot L_{fp} \\
 &\quad + t_{sf} \cdot b_{sf} \cdot L_{sp} + t_{ip} \cdot A_{ip}) \\
 &\quad + C_B(n_{fp} \cdot d_b + n_{sf} \cdot d_b) \\
 &\quad + C_w \cdot W_{sp} \cdot L_{sp}
 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서 $F_{BC}(\cdot)$: 볼트연결 접합부 비용함수

b_{fp}, t_{fp}, L_{fp} : 플랜지판 폭, 두께, 길이
 n_{fp}, n_{wb} : 플랜지와 복부의 볼트수
 w_f, w_w : 플랜지와 복부의 용접크기
 t_{ip}, A_{ip} : Tee판의 두께 및 면적

3) 용접연결 플랜지판 접합부

$$\begin{aligned}
 F_{WC}(\cdot) &= F_{WC}(t_{fb}, w_f, L_{fp}, t_{st}, L_{st}, b_{st}, \\
 &\quad n_{wb}, d_b, t_{sp}, h_{sp}, L_{sp}, w_{sp}, I_{sp}) \\
 &= C_s(t_{fb} \cdot b_{fb} \cdot L_{fp} + t_{st} \cdot L_{st} \cdot b_{st} \\
 &\quad + t_{sf} \cdot b_{sf} \cdot L_{sp}) \\
 &\quad + C_b \cdot n_{st} \cdot d_b + C_w \\
 &\quad (A w_f \cdot L_{fp} + w_{sp} \cdot L_{sp})
 \end{aligned} \tag{7}$$

여기서 $F_{WC}(\cdot)$: 접합부 비용함수

b_{fp}, t_{fp}, L_{fp} : 플랜지판의 폭, 두께, 길이
 n_{wb} : 복부 볼트수
 w_f : 보 플랜지 용접크기
 b_{st}, t_{st}, L_{st} : 보강재 폭, 두께, 길이

3.3 제약조건

강접합부의 최적 설계에 대한 제약조건은 설계변수의 비선형 함수로서 표시되는데^{7),8)}, 본 논문에서는 비교 연구의 목적으로 강구조물의 강접합부에 대해 확률 이론에 근거한 신뢰성이론을 도입하고 최적설계를 적용하여 하중비, 초기비용과 파괴비용의 비에 따른 하중-지항계수분석에 의하여 각 파라메터들의 특성을 고찰해보고 구시방서와 현시방서에 규정되어 있는 강도 감소계수 ϕ 와 하중계수 Γ 를 사용하여 설계강도와 극한하중의 향으로서 각 접합부의 형태에 따라 설계한계치들을 정식화할 수 있다.

1) 단부판 접합부

a. 볼트 인장응력 :

$$g_1 = F_f - n_b \cdot A_b \cdot F_t \leq 0 \tag{8}$$

여기서 F_f = 플랜지 작용인장력

F_t = 볼트당 인장응력

n_b = 볼트 갯수

A_b = 볼트 단면적

b. 보 플랜지 용접의 전단응력 :

$$\begin{aligned}
 g_2 = F_f - 0.587 F_s \cdot \{2(b_f + t_f) - t_w\} \\
 \frac{w_f}{(16)\sqrt{2}} \leq 0
 \end{aligned} \tag{9}$$

여기서 w_f = 보 플랜지의 용접 크기

b_f, t_f = 보 플랜지의 폭, 두께

t_w = 보 복부 두께

c. 볼트 전단응력 :

$$g_3 = V - n_b \cdot A_b \cdot F_s \leq 0 \tag{10}$$

여기서 $V =$ 작용 전단력

$F_s =$ 볼트당 허용 전단응력

d. 단부 판 휨 응력 :

$$g_4 = \sqrt{\frac{6M_e}{0.75F_y \cdot b_{ep}}} - t_{ep} \leq 0 \quad (11)$$

여기서 $M_e =$ 설계 모멘트 $= a_m \cdot F \cdot P_e/4$

$a_m =$ 설계상수

$$= C_a C_b (A_f/A_w)^{1/3} (P_e/d_b)^{1/4}$$

$$C_a = 1.13, C_b = (b_f/b_{ep})^{1/2}$$

$P_e =$ 볼트 간 유효거리

$$= P_f - (d_p/4) - (w_f/\sqrt{2})$$

$P_f =$ 끝단 볼트에서 가까운 단부판까지의 거리

e. 보 복부 용접 전단응력 :

$$g_5 = 0.6F_y - 2(0.928)(16)w_w/t_w \leq 0 \quad (12)$$

f. 현치 길이 한계

$$g_6 = b_h - D \leq 0 \quad (13)$$

여기서 $D = d_b + d_h$, $d_h =$ 현치 길이

g. 설계 제약조건 :

$$g_7 = b_f + 1 - b_{ep} \leq 0 \quad (14)$$

$$g_8 = t_{wh} - t_w \leq 0 \quad (15)$$

$$g_9 = n_{\min} - n_b \leq 0 \quad (16)$$

$$g_{10} = w_{\min} - w_f \leq 0 \quad (17)$$

$$g_{11} = w_f - w_{\max} \leq 0 \quad (18)$$

2) 볼트연결 플랜지판

a. 볼트 인장응력 :

$$g_1 = F_f - n_{fp} \cdot A_b \cdot F_t \leq 0 \quad (19)$$

b. 플랜지판 인장응력 :

$$g_2 = F_f - 0.6F_y \cdot b_{fp} \cdot t_{fp} \leq 0 \quad (20)$$

c. 볼트 전단응력 :

$$g_3 = V - n_{wb} \cdot A_b \cdot F_s \leq 0 \quad (21)$$

여기서 $n_{wb} =$ 복부 볼트갯수

d. 플랜지판 용접 전단응력 :

$$g_4 = F_y \frac{-2w_{fp}}{(16)\sqrt{2}} \cdot I_{fp} \cdot F_y \leq 0 \quad (22)$$

e. 전단판 전단응력 :

$$g_5 = V - 0.4F_y \cdot t_{st} \cdot L_{sp} \leq 0 \quad (23)$$

f. 복부볼트 전단응력 :

$$g_6 = V - n_{wb} \cdot d_b \cdot t_{sp} \cdot F_s \leq 0 \quad (24)$$

g. 전단판 용접 전단응력 :

$$g_6 = V \frac{-2w_{sp}}{(16)\sqrt{2}} \cdot L_{st} \cdot F_y \leq 0 \quad (25)$$

여기서 $w_{sp} =$ 전단판 용접크기

h. Tee 플랜지판 휨응력 :

$$g_8 = t_{fp} - \left[\frac{8B_c a' b'}{\rho F_y a + \delta a (a' + b')} \right] \leq 0 \quad (26)$$

여기서 $\delta = 1 - d'/p$

$$M = pt_p^2 F_y / 8$$

$$\alpha = (Tb'/M - 1) / \delta$$

$$B_c = F[1 + \frac{\delta\alpha}{(1 + \delta\alpha)}(b'/a')]$$

M = 휩 모멘트

p = 플랜지 길이

t_p = Tee 플랜지 두께

d_b = 볼트직경

$$b' = b - d_b/2, a' = a + d_b/2$$

i. 설계 제약조건 :

$$g_9 = n_{\min} - n_b \leq 0 \quad (27)$$

$$g_{10} = w_{\min} - w_{sp} \leq 0 \quad (28)$$

$$g_{11} = w_{sp} - w_{\max} \leq 0 \quad (29)$$

3) 볼트 연결 플랜지판

a. 볼트 인장응력 :

$$g_1 = F_f - n_{pb} \cdot A_b \cdot F_t \leq 0 \quad (30)$$

4. 강구조물의 강접합부에 대한 최적신뢰성해석

4.1 불확실량의 산정

강구조물의 강접합부에 작용하는 하중으로는 사하중과 활하중 등을 들 수 있으며, 가 하중의 특성들을 확정량으로 보기에는 너무나 많은 불확실성이 있으므로 강구조물의 강접합부에 수명기간내에 발생할 최대하중조건을 확정적으로 추정하기란 거의 불가능하다고 하겠다.

본 장에서는 선술한 바와 같이 강구조물의 강접합부에 대해 확률이론에 근거한 신뢰성이론을 도입하고 최적설계를 적용하여 하중비, 초기비용과 파괴비용의 비에 따른 하중-저항계수분석에 의하여 각 파라미터들

Table 1 강구조물의 강접합부에 통계적 불확실량

구분	평균 공칭비	변동계수	확률분포형
저항 불확실량	1.10	0.16	대수정규분포
사하중 불확실량	1.05	0.10	대수정규분포
활하중 불확실량	1.24	0.25	대수정규분포

Table 2 하중-저항계수분석에 적용된 평균공칭비(\bar{R}/R') 및 변동계수(Ω_R)

평균공칭비(\bar{R}/R')	변동계수(Ω_R)
1.10	0.05
	0.10
	0.15
	0.20
	0.25
1.00	0.05
	0.10
	0.15
	0.20
	0.25
0.90	0.05
	0.10
	0.15
	0.20
	0.25

의 특성을 고찰하여 보고자 한다.⁴⁾

이 때 불확실량 산정모델을 이용하여 강구조물의 강접합부에 대한 해석 및 각부 단면설계의 저항 및 하중 효과의 평균-공칭비 및 변동계수는 Table 1과 같고, 하중-저항계수분석에 의하여 각 파라미터들의 특성을 고찰하기 위해 적용된 평균공칭비 및 저항의 변동계수는 Table 2와 같다.

4.2 최적신뢰성해석의 결과 및 분석

위의 불확실량을 토대로 하여 하중비가 1.0이고 평균공칭비가 1.10인 경우에 변동계수와 파괴비용/초기비용의 비의 변화에 따른 평균 및 공칭하중-저항계수의 값을 계산한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3 최저신뢰성해석의 결과
(평균공칭비 $\bar{R}/R' = 1.10$ 인 경우)

Ω_R	τ	β_{OPT}	평균허중 저항계수			공칭허중 저항계수		
			\varnothing	r_d	r_l	\varnothing'	r_d'	r_l'
0.05	5	2.5683	0.9451	1.0857	1.5354	1.0396	1.1400	1.9039
	10	2.8007	0.9393	1.0930	1.5515	1.0332	1.1477	1.9610
	50	3.2896	0.9267	1.1083	1.6769	1.0194	1.1637	2.0794
	100	3.4827	0.9216	1.1143	1.7141	1.0138	1.1700	2.1255
	1000	4.0666	0.9058	1.1320	1.8248	0.9964	1.1886	2.2627
0.10	5	2.4688	0.9450	1.0670	1.4190	0.9295	1.1204	1.7595
	10	2.7094	0.9297	1.0729	1.4557	0.9127	1.1256	1.8051
	50	3.2134	0.7979	1.0849	1.5307	0.8776	1.1392	1.8980
	100	3.4115	0.7855	1.0895	1.5594	0.8640	1.1440	1.9336
	1000	4.0085	0.7466	1.1029	1.6434	0.8234	1.1531	2.0378
0.15	5	2.3532	0.7532	1.0524	1.3274	0.8285	1.1050	1.6460
	10	2.6092	0.7294	1.0573	1.3583	0.8024	1.1102	1.6844
	50	3.1315	0.6818	1.0673	1.4206	0.7499	1.1207	1.7616
	100	3.3354	0.6638	1.0711	1.4442	0.7302	1.1246	1.7908
	1000	3.9482	0.6121	1.0821	1.5129	0.6733	1.1382	1.8760
0.20	5	2.3359	0.7368	1.0500	1.3125	0.8105	1.1025	1.6275
	10	2.5892	0.7115	1.0548	1.3425	0.7826	1.1075	1.6647
	50	3.1152	0.6611	1.0645	1.4029	0.7272	1.1177	1.7396
	100	3.3207	0.6422	1.0681	1.4258	0.7064	1.1215	1.7680
	1000	3.9366	0.5882	1.0788	1.4922	0.6470	1.1327	1.8503
0.25	5	2.2478	0.6778	1.0419	1.2816	0.7455	1.0939	1.5644
	10	2.5104	0.6466	1.0462	1.2888	0.7112	1.0935	1.5981
	50	3.0531	0.5861	1.0549	1.3432	0.6447	1.1077	1.6655
	100	3.2640	0.5640	1.0582	1.3637	0.6204	1.1111	1.6909
	1000	3.8927	0.5024	1.0676	1.4228	0.5528	1.1210	1.7642

또한 위의 불확실량 최적신뢰성해석의 결과를 토대로 강구조물의 강접합부에 적용하였다.

5. 설계에 및 민감도 분석

5.1 설계 예

앞에서 설명된 최적 설계과정은 강접합부의 세가지 형태에 대한 최소비용설계에 적용되며, 좀더 의미있는 비교를 위해 재하된 하중과 보, 기둥의 제원을 각 형태별 접합부에 대해 일정하게 하였고, Table 4에 적용에 사용된 작용하중과 그 하중을 받는 보, 기둥의

제원을 나타내었다.³⁾

5.2 수치최적화 결과

5.2.1 단부판 접합부

강접합부 형태중 가장 일반적인 형태인 단부판 접합부는 Table 2에 열거된 바와 같이 단부판 접합부에 대해서 강접합부의 최적 설계에 대한 제약조건은 구시방서와 현시방서에 규정되어 있는 강도감소계수 ϕ 와 하중계수 γ 를 사용하였고, 연구의 목적으로 강구조물의 강접합부에 대해 확률이론에 근거한 신뢰성이론을 도입하고 최적설계를 적용하여 하중비, 초기비용과 파괴비용의 비에 따른 하중-저항계수분석에 의해 단부판 접합부에 적용시켜 보았다. 보-기둥의 단면제원 및 하중조건이 같지만 설계방법의 차이에 따라 설계값들 사이에는 상당한 차이가 발생함을 알 수 있다. Table 5에는 설계방법에 따른 결과의 비교가 요약되어 있다.

Table 4 보, 기둥 단면제원

(단위:in)

항 목	기 둥	보
단면 형태	W14×193 (H400×400)	W16×40 (H400×200)
깊 이	15.48 (400mm)	16.01 (400mm)
플랜지 폭	15.71 (400mm)	6.995 (200mm)
플랜지 두께	1.44 (40mm)	0.505 (13mm)
복부 두께	0.89 (25mm)	0.305 (8mm)
모멘트(k-ft)	100	125
전단력(k)	23	29
		35
		45

Table 5 단부판 접합부에 대한 설계법에 따른 결과 비교
(단위:in)

항 목	구시방서	현행시방서	본연구
볼트 직경	0.865	0.740	0.621
단부판 두께	0.865	0.740	0.598
플랜지 용접	0.424	0.369	0.369
복부 용접	0.247	0.247	0.248
비용($\times 10^3$)	179	130.2	116.2
(비율:%)	(100)	(72.2)	(64.9)

5.2.2 볼트 연결 플랜지판 접합부

볼트연결 플랜지판 접합부에 대해 단부판 접합부와 마찬가지로 순서에 의해 설계를 실시하여 각각 최적설계결과와 각 설계방법별 사이의 결과를 비교 요약하였다. 여기에서 단부판 접합부에서와 거의 같은 경향의 결과를 볼 수 있다.

Table 6 볼트연결 접합부에 대한 설계법에 따른 결과 비교 (단위:in)

항 목	구시방서	현행시방서	본연구
플랜지폭	0.869	0.750	0.746
플랜지두께	0.869	0.746	0.594
비용($\times 10^3$)	329.4	285.8	231.4
(비율:%)	(100)	(86.8)	(70.2)

5.2.3 용접연결 플랜지 판 접합부

마지막으로 용접연결 플랜지판 접합부를 설계별 결과 비교를 요약하였다.

Table 7 용접연결 접합부에 대한 설계법에 따른 결과 비교 (단위:in)

항 목	구시방서	현행시방서	본연구
플랜지판 상부	0.872	0.748	0.597
하부	0.748	0.497	0.298
용접상부 플랜지	0.3119	0.497	0.298
하부 플랜지	0.3119	0.497	0.298
비용($\times 10^3$)	289.3	247.6	213.7
(비율:%)	(100)	(85.6)	(73.9)

6. 결 론

본 논문의 목적은 강구조물의 강접합부에 대한 모든 설계 및 거동조건을 만족하는 경제적이며 합리적인 상세설계에 대해 실제적인 최적화 모델을 제안하고 최소비용설계를 수행하는데 있다. 본 논문에서는 최적상세설계의 효율성을 검토하기 위해 강접합부에 구시방서와 현시방서에 규정되어 있는 강도감소계수 ϕ 와 하중계수 γ 를 사용하였고, 연구의 목적으로 강구조물의 강접합부에 대해 확률이론에 근거한 신뢰성이론을 도입하고 최적설계를 적용하여 하중비, 초기비용과 파괴

비용의 비에 따른 하중-저항계수분석에 의해 단부판 접합부에 적용시켜 보았다. 분석결과 보-기둥의 단면계원 및 하중조건이 같지만 설계방법의 차이에 따라 설계값들 사이에는 상당한 차이가 발생함을 알 수 있다. 본 연구에서 제안하는 신뢰성 최적설계에 의해 설계할 경우 기존의 확정론적 설계법에 의한 최적설계 건설비용보다 상당한 절감효과를 가져올수 있음을 알 수 있었고, 본 연구에서 제안하는 설계방법을 이용할 경우 구조물의 안전율을 과피확률에 대하여 통계적으로 충분히 확보한 상태에서 구조물의 신뢰성 최적설계가 가능하다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 원광대학교 연구비에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건교부, "도로교 표준 시방서", 1996
2. 건교부, "콘크리트 표준시방서", 1996
3. 조효남, 박정배, 박성국 "강구조물의 강접합부에 대한 최적설계," 한국전산구조공학회 논문집 1992.9
4. 정철원, 나기현, 유한신, "최적신뢰성에 의한 P.C 박스 거더연구," 한국구조물진단학회 논문집, 2000.3
5. D.M Himmelblau : Applied Nonlinear Programming McGraw-Hill, N. Y 1972
6. C.G. Salmon and J.E. Johnson : Steel Structures, 3rd. ed. Harper & Row Publisher, N. Y. 1997
7. AISC : Allowable Stress Design, Manual of Steel Construction, American Institute of Steel Construction, Chicago 1989
8. AISC : Detailing for steel Construction, America Institute of Steel Construction, Chicago, 1982

(접수일자 : 2000년 12월 18일)