

철근콘크리트구조물의 LRFD 설계식 개발

Development of Probability Based LRFD Formats
for R.C. Structure Design

○ 김 상 호* 조 형 근** 배 규 용*** 박 흥 석***

Abstracts

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

In this study, therefore, the proper probability based design criterion(load and resistance factor design formats) has been developed based on the safety levels observed from calibration with existing standards, which applies to the ultimate limit states of reinforced concrete members.

1. 개요

극한강도설계법에 의한 현행 설계기준(1)에서 제시하고 있는 하중조합에 대한 안전검토식은 미국 ACI 318 규준에 기초한 것으로 이의 직접적인 도입은 구조물의 안전측면에서 문제점이 있는 것으로 참고문헌 2에서 분석되었다. 이는 여러 연구결과에서 지적되었듯이 작용하중이 서로 다른 특성을 가지고 있으며(3,4) 철근콘크리트 구조물의 시공수준에서도 많은 차이를 가지고 있기 때문이다. 특히 고정하중과 적재하중등 소위 중력에 의해 발생하는 하중들만 재하되었을때 부재의 안전수준은 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 기본석된 자료(2,3,4,5)에 기초하여 국내 현실에 적합한 하중 및 저항계수를 제시하였다. 이 과정에서 현행설계하중(6)을 유지하는 경우뿐만 아니라 확률적으로 동등한 수준에 있도록 보정된 설계하중(3)에 대해서도 최적하중 및 저항계수를 분석하였다.

2. 하중 및 저항계수식

하중 및 저항계수식(load and resistance factor design formats)에는 여러가지 형태가 있다. 고정하중, 적재하중 및 풍하중만을 고려하는 경우, 현행설계기준(1)과 ACI 318 규준에서 사용하는 형태는

$$\phi R_n \geq \gamma_D D_n + \gamma_L L_n \quad (\text{식 1})$$

$$\phi R_n \geq \alpha(\gamma_D D_n + \gamma_L L_n + \gamma_W W_n) \quad (\text{식 2})$$

이며, 여기에서 ϕ 는 부재별로 제시된 저항계수(resistance factors)로서 부재력의 불확실성을 반영해 주는 것으로 일반적으로 1.0 보다 작은 값을 가진다. γ 는 하중계수(load factors)로서

각종 하중들의 불확실성을 반영하며 적당한 수준의 안전도를 확보하고자 일반적으로 1.0 보다 큰 값을 가진다. 또 α 는 여러하중이 조합되는 경우에 적용하는 감소계수로서 여러하중의 최대값이 동시에 작용할 가능성이 매우 작다는 것을 반영하며, 따라서 대부분 1.0보다 작은 값을 사용하고 있다.

미국내 건물에서의 최소설계하중과 하중조합식을 제시하고 있는 ANSI A58에서는 약간 다른 형태의 하중 및 저항계수식을 제시하고 있다(7). 즉 풍하중이 포함되는 경우에 (식 2)에서의 감소계수 α 대신에 고정하중과 적재하중만을 다루는 식, 즉 (식 1)에서의 하중계수(γ_D 와 γ_L)와 다른 하중계수를 사용하여 (식 2)와 동등한 효과를 얻고 있으며 실제로 이러한 형식이 보다 효과적인 것으로 나타나고 있다. 즉 ANSI A58에 제시된 형태는

$$\phi R_n \geq \gamma_D D_n + \gamma_L L_n \quad (\text{식 3})$$

$$\phi R_n \geq \gamma_D' D_n + \gamma_L' L_n + \gamma_W' W_n \quad (\text{식 4})$$

이다. 여기에서 일반적으로 γ_D' 은 γ_D 와 편의상 동일한 값을 사용하고 있다. 따라서 (식 4)에서 γ_D' 은 1.0 보다 작은 값을 가지게 된다.

(식 1)~(식 4)와 같은 선형식을 이용한 하중 및 저항계수식은 사용상 매우 편리하다. 그러나 다양한 하중조건 및 부재물에 대해 일정한 안전수준을 확보한다는 것은 불가능하다. 따라서 최적 하중 및 저항계수의 선정은 위해서는 선형식의 사용에 따라 발생하는 오차, 즉 목표로 하는 안전수준(목표신뢰도, target reliability)과의 차이를 다양한 하중조건 및 부재물에 대하여 최소로 하는 하중 및 저항계수를 찾아야 한다. 즉 임의의 하중 및 저항계수식에 의해 구해지는 저항력을 R_f 라고 하면

$$R_f = (\gamma_D D_n + \gamma_L L_n) / \phi \quad (\text{식 5})$$

* 한국건설기술연구원 구조연구실장
** 한국건설기술연구원 선임연구원
*** 한국건설기술연구원 구조연구실 연구원

<표 1> 고정된 하중계수에 대한 부재별 감소계수 (현행 설계하중)

하중계수		감 소 계 수											
r_0	r_L	$\beta_T=3.0$ (슬래브, 보, 기둥)				$\beta_T=3.0$ (슬래브, 보), $\beta_T=3.4$ (기둥)				$\beta_T=2.8$ (슬래브, 보), $\beta_T=3.2$ (기둥)			
		슬래브	보	기둥		슬래브	보	기둥		슬래브	보	기둥	
				압축 파괴	순수 압축			압축 파괴	순수 압축			압축 파괴	순수 압축
1.4	1.7	0.64	0.78	0.74	0.68	0.64	0.78	0.65	0.63	0.69	0.82	0.69	0.66
1.4	1.8	0.66	0.80	0.75	0.68	0.66	0.80	0.67	0.63	0.71	0.84	0.71	0.66
1.4	1.9	0.68	0.82	0.77	0.68	0.68	0.82	0.68	0.63	0.74	0.87	0.73	0.66
1.4	2.0	0.70	0.84	0.79	0.68	0.70	0.84	0.70	0.63	0.76	0.89	0.74	0.66
1.3	1.8	0.64	0.77	0.72	0.68	0.64	0.77	0.64	0.63	0.69	0.81	0.68	0.66
1.3	1.9	0.66	0.79	0.74	0.68	0.66	0.79	0.66	0.63	0.71	0.83	0.70	0.66
1.3	2.0	0.68	0.81	0.75	0.68	0.68	0.81	0.67	0.63	0.74	0.86	0.71	0.66

<표 2> 고정된 감소계수에 대한 하중계수 (현행 설계하중)

감 소 계 수			하 중 계 수					
슬래브	보	기둥	$\beta_T=3.0$ (슬래브, 보, 기둥)		$\beta_T=3.0$ (슬래브, 보), $\beta_T=3.4$ (기둥)		$\beta_T=2.8$ (슬래브, 보), $\beta_T=3.2$ (기둥)	
			r_0	r_L	r_0	r_L	r_0	r_L
0.90	0.90	0.70	1.24	2.54	1.40	2.46	1.34	2.27
0.80	0.90	0.70	1.33	2.23	1.49	2.15	1.42	1.98
0.70	0.85	0.65	1.28	1.94	1.43	1.87	1.37	1.72
0.70	0.80	0.70	1.34	1.87	1.50	1.79	1.43	1.65
0.70	0.80	0.65	1.24	1.92	1.39	1.84	1.33	1.70
0.70	0.80	0.60	1.15	1.96	1.29	1.90	1.23	1.75

이 되며, 따라서 실제 목표신뢰도를 확보하기 위한 저항력을 R_i 이라고 하면 여러가지 하중조건에 대한 전체 누적오차는 최소자승오차법(method of least squares)에 의해

$$\Delta(\phi, r_0, r_L) = \sum (R_i - R_{fi})^2 W_i \quad (\text{식 6})$$

이며, 여기에서 W_i 는 각 하중조건에 대한 가중치로서 발생빈도를 반영하는 것이다. 따라서 최적하중 및 저항계수란 전체 누적오차 Δ 를 최소화

하는 ϕ, r_0, r_L 이다. 풍하중을 포함하는 경우에도 동일한 방법으로 최적하중 및 저항계수를 유도한다. 본 연구에서는 참고문헌 2에서 선정한 하중과 저항력의 모형을 이용하였다.

3. 고정하중과 적재하중

앞에서 언급하였듯이 본 연구에서는 현행 설계하중을 유지하는 경우와 일부 설계하중을 확률적으로 동등한 수준이 되게 보정하는 경우에 대하여 최적하중 및 저항계수를 분석하였다.

<표 3> 고정된 하중계수에 대한 부재별 감소계수 (보정된 설계하중)

하중계수		감 소 계 수							
γ_D	γ_L	$\beta_T=3.0$ (슬래브, 보, 기둥)				$\beta_T=2.8$ (슬래브, 보), $\beta_T=3.2$ (기둥)			
		슬래브	보	기둥		슬래브	보	기둥	
				압축 파괴	순수 압축			압축 파괴	순수 압축
1.4	1.7	0.64	0.84	0.74	0.68	0.69	0.88	0.69	0.66
1.4	1.8	0.66	0.86	0.75	0.68	0.71	0.90	0.71	0.66
1.4	1.9	0.68	0.88	0.77	0.68	0.74	0.93	0.73	0.66
1.4	2.0	0.70	0.90	0.79	0.68	0.76	0.95	0.74	0.66
1.3	1.8	0.64	0.83	0.72	0.68	0.69	0.87	0.68	0.66
1.3	1.9	0.66	0.85	0.74	0.68	0.71	0.89	0.70	0.66
1.3	2.0	0.68	0.87	0.75	0.68	0.74	0.92	0.71	0.66

<표 4> 고정된 감소계수에 대한 하중계수 (보정된 설계하중)

감 소 계 수			하 중 계 수			
슬래브	보	기둥	$\beta_T=3.0$ (슬래브, 보, 기둥)		$\beta_T=2.8$ (슬래브, 보), $\beta_T=3.2$ (기둥)	
			γ_D	γ_L	γ_D	γ_L
0.90	0.90	0.70	1.23	2.46	1.33	2.19
0.80	0.90	0.70	1.32	2.14	1.42	2.91
0.70	0.85	0.65	1.27	1.86	1.36	1.65
0.70	0.80	0.70	1.33	1.80	1.42	1.59
0.70	0.80	0.65	1.23	1.85	1.32	1.63
0.70	0.80	0.60	1.14	1.89	1.22	1.68

<표 1>과 <표 2>는 현행 설계하중에 대한 분석 결과를 정리해 놓은 것인데 <표 1>은 하중계수를 일반적으로 사용되는 값으로 고정된 후, 부재별 감소계수만 분석한 결과이며, <표 2>는 부재별 감소계수를 고정하고 그에 적합한 하중계수를 분석한 결과이다. 따라서 이들은 서로 보완적으로 이용될 수 있을 것이다.

여러가지 수준의 목표신뢰도가 선정되었는데

첫째 목표신뢰도를 부재종류에 관계없이 $\beta_T=3.0$ 으로 선정된 결과이며, 둘째는 참고문헌 2의 분석결과를 참조하여 기둥에 대해 약간 높은 목표신뢰도를 선정하여 슬래브와 보에 대해서는 $\beta_T=3.0$, 기둥에서는 $\beta_T=3.4$ 이다.

그러나 이러한 수준은 참고문헌 2에서 분석된 현행 설계기준이 내포하고 있는 안전수준보다 매우 높기 때문에 세번째 경우에는 목표신뢰도를

약간 낮추어 슬래브와 보에 대해서는 $\beta_T = 2.8$ 기둥에서는 $\beta_T = 3.2$ 를 선정하였다. 중력에 의한 하중들에 대한 목표 안전수준 $\beta_T = 3.0$ 은 참고문헌 7에서 제안하고 있는 수준이다.

전반적인 결과를 살펴보면 하중계수는 현행 보다 증가되어야 하며, 부재별 감소계수는 더 작아져야 한다는 결론이 나온다. 현행 설계하중을 그대로 유지하는 경우에 대한 최적하중 및 저항계수는 다음과 같이 제시될 수 있다.

1) 목표신뢰도를 전부재에 대해 $\beta_T = 3.0$ 으로 선정한 경우 :

전반적인 결과분석과 현행 하중 및 저항계수의 수준을 참조할 때, 최적하중 및 저항계수식은

$$\phi R_n \geq 1.34 D_n + 1.87 L_n \quad (\text{식 } 7)$$

여기에서 부재별 감소계수는 ϕ 는 부재별로 0.70(슬래브), 0.80(보), 0.70(기둥)이 되는데, 이들 감소계수는 현행 감소계수($\phi=0.90, 0.90, 0.70$)와 비교할 때 기둥을 제외하면 모두 현행 보다 작은 값이다. 하중계수에서는 고정하중계수(dead load factor)는 현행(1.4) 보다 약간 작으나, 적재하중계수는 현행(1.7)보다 큰 값이다. 또한 목표신뢰도 $\beta_T = 3.0$ 에 대해 최적하중계수를 제하고 있는 ANSI A58(7)의 하중조합식 :

$$\phi R_n \geq 1.2 D_n + 1.6 L_n$$

과 비교하면 (식 7)의 하중계수들이 낮은 부재별 감소계수에도 불구하고 매우 높게 나타난 것이다. 만약 현행 하중계수(1.4와 1.7)를 유지하고자 한다면 부재별 감소계수는 슬래브, 보, 기둥에 대해 각각 0.64, 0.78, 0.74가 되어야 한다. 압축파괴영역에서의 기둥의 저항(감소)계수가 0.74가 되는 경우, 순수 압축파괴에 대한 감소계수는 0.68이 되어 현행(0.80) 보다 작아진다. 만약 현행 부재별 감소계수($\phi = 0.9, 0.9, 0.7$)를 그대로 사용하고자 하면 하중계수는

$$\phi R_n \geq 1.24 D_n + 2.54 L_n \quad (\text{식 } 8)$$

이 되어 적재하중계수가 매우 커지는 것을 알 수 있다.

2) 목표신뢰도를 슬래브 및 보($\beta_T = 3.0$)와 기둥($\beta_T = 3.4$)에 대해 다르게 선정한 경우 : 최적하중 및 저항계수식으로

$$\phi R_n \geq 1.43 D_n + 1.87 L_n \quad (\text{식 } 9)$$

이 제시될 수 있다. 여기에서 ϕ 는 0.70(슬래브), 0.85(보), 0.65(기둥)이 제시될 수 있다.

3) 목표신뢰도를 슬래브 및 보($\beta_T = 2.8$)와 기둥($\beta_T = 3.2$)에 대하여 낮추어 선정한 경우 : 이 경우에서의 최적하중 및 저항계수식은

$$\phi R_n \geq 1.37 D_n + 1.72 L_n \quad (\text{식 } 10)$$

여기에서 ϕ 는 0.70(슬래브), 0.85(보), 0.65(기둥)이며, (식 9)와 비교할 때 감소계수는 동일하나 하중계수가 작아졌다. 이 경우에 대하여 약간 큰 감소계수를 사용하는 것이 바람직하다면, 하중 및 저항계수식은

$$\phi R_n \geq 1.42 D_n + 1.98 L_n \quad (\text{식 } 11)$$

이 되며, 여기에서 ϕ 는 0.80(슬래브), 0.90(보), 0.70(기둥)인데 후자의 경우에서 오차가 커지는 것을 알 수 있었다.

현행 부재별 설계하중을 확률적으로 비슷한 수준이 되게 보정한 설계하중에 대하여 분석한 최적 하중 및 저항계수는 <표 3>과 <표 4>에 정리되어 있다. 여기에서 보정된 설계하중이란 각 부재별로 조합효과와 사용기간 90% 최대값(참고문헌3)에 상응하는 값으로 슬래브와 기둥은 현행과 같으며, 기둥의 경우에만 180Kg/m' 대신에 210Kg/m' 를 사용하는 것이다.

4. 고정하중, 적재하중 및 풍하중

고정하중 및 적재하중과 함께 풍하중이 작용하는 경우에 대한 최적 하중계수 및 저항계수의 분석에서는 ACI 318 규준에서 사용하는 형식(식 2) 보다는 ANSI A58 에서 사용하는 형식(식 4)이 효과적이기 때문에 본 연구에서도 이를 적용하였다. 또한 저항계수(또는 감소계수)가 하중조합조건에 따라 바뀌는 것은 바람직하지 않기 때문에 앞에서 고정하중과 적재하중만이 작용하는 경우에 대하여 선정된 감소계수를 고정시키고 이에 적합한 하중계수를 유도하였다. 풍하중이 포함되는 하중 조건에 대한 목표신뢰도는 참고문헌 2와 참고문헌 7에서의 결과를 참고하여 각 부재에 대해 $\beta_T = 2.5$ 로 통일한 경우와 부재별로 $\beta_T = 2.5$ (보)와 $\beta_T = 2.7$ (기둥)로 다르게 선정한 경우 중에서 고정하중과 적재하중만의 하중조건에 대한 목표신뢰도와 적절히 조합하여 사용하였다. 적재하중의 설계하중도 현행설계하중과 보정된 설계하중에 대하여 분류하여 분석하였다.

<표 5>는 현행 설계적재하중을 유지하는 경우에 대한 분석결과로서, <표 5-a>는 목표신뢰도를 각 하중조건에 있어서 모든 부재에 대해 $\beta_T = 3.0$ (D+L조합)과 $\beta_T = 2.5$ (D+L+W조합)로 통일한 경우이며, <표 5-b>는 표에 명시되어 있듯이 부재별로 다른 목표신뢰도를 선택한 경우이다. 여기에서 고정된 감소계수는 앞절에서 각 경우에 대해 최적으로 선정된 하중계수 및 감소계수의 조합에서 선정된 감소계수이다. 전반적인 결과를 분석하면 풍하중을 포함하는 하중조건에 대한 하중계수들은 ANSI A58에서 제시된 하중 조합식 :

$$\phi R_n \geq 1.20 D_n + 0.5 L_n + 1.3 W_n \quad (\text{식 } 12)$$

과 매우 비슷한 형태를 보이고 있다. 즉 적재하중계수는 매우 비슷한 수준이고 풍하중계수는 약간 크며, 고정하중계수는 약간 작은 것으로 나타났다. ANSI A58에서는 풍하중을 포함하는 경우에서의 고정하중계수를 고정하중과 적재하중만을 고려하는 하중조합식의 고정하중계수와 동일하게

<표 5> 고정된 감소계수에 대한 하중계수(현행설계하중)

a)

감계 수			하 중 계 수				
			$\gamma_0 D_n + \gamma_1 L_n$ ($\beta_T=3.0$)		$\gamma_0' D_n + \gamma_1' L_n + \gamma_w' W_n$ ($\beta_T=2.5$)		
슬래브	보	기둥	γ_0	γ_1	γ_0'	γ_1'	γ_w'
0.70	0.80	0.70	1.34	1.87	1.01	0.47	1.47
0.64	0.78	0.70	1.40	1.70	1.00	0.47	1.45
0.90	0.90	0.70	1.24	2.54	1.07	0.51	1.57

b)

감계 수			하 중 계 수				
			$\gamma_0 D_n + \gamma_1 L_n$ ($\beta_T=2.8, 3.2$)		$\gamma_0' D_n + \gamma_1' L_n + \gamma_w' W_n$ ($\beta_T=2.5, 2.7$)		
슬래브	보	기둥	γ_0	γ_1	γ_0'	γ_1'	γ_w'
0.70	0.85	0.65	1.37	1.72	1.02	0.48	1.54
0.69	0.82	0.69	1.40	1.70	1.03	0.48	1.56
0.90	0.90	0.70	1.34	2.27	1.09	0.51	1.64

<표 6> 고정된 감소계수에 대한 하중계수(보정된 설계하중)

a)

감계 수			하 중 계 수				
			$\gamma_0 D_n + \gamma_1 L_n$ ($\beta_T=3.0$)		$\gamma_0' D_n + \gamma_1' L_n + \gamma_w' W_n$ ($\beta_T=2.5$)		
슬래브	보	기둥	γ_0	γ_1	γ_0'	γ_1'	γ_w'
0.70	0.80	0.70	1.33	1.80	1.01	0.41	1.49
0.64	0.84	0.70	1.40	1.70	1.03	0.42	1.53
0.90	0.90	0.70	1.23	2.46	1.07	0.43	1.58

b)

감계 수			하 중 계 수				
			$\gamma_0 D_n + \gamma_1 L_n$ ($\beta_T=2.8, 3.2$)		$\gamma_0' D_n + \gamma_1' L_n + \gamma_w' W_n$ ($\beta_T=2.5, 2.7$)		
슬래브	보	기둥	γ_0	γ_1	γ_0'	γ_1'	γ_w'
0.70	0.85	0.65	1.36	1.65	1.02	0.41	1.55
0.69	0.82	0.69	1.40	1.70	1.03	0.42	1.57
0.90	0.90	0.70	1.33	2.19	1.09	0.44	1.66

사용하고자 하였기 때문에 약간 큰 고정하중계수가 유도되었다. 따라서 본 연구에서도 풍하중을 포함하는 경우의 고정하중계수를 고정하중과 적재하중만의 조합에서의 고정하중계수와 같이 선정하면 풍하중계수는 약간 줄어 들 것이다. 그러나 이러한 경우에는 풍하중이 다른 하중보다 월등한 하중조건에서는 충분한 안전수준을 확보하기 어렵다. 반면에 고정하중계수가 1.00에 가까울 때는 풍하중이 작은 경우에 풍하중을 포함하는 하중조합식만으로는 충분한 안전수준의 확보가 어렵다. 그러나 이러한 경우는 고정하중과 적재하중만을 포함하는 하중조합식에 의해 보완이 되어지므로 문제가 되지 않는다.

<표 6>은 보정된 설계적재하중(210Kg/m²)에 대한 분석결과이며 <표 5>의 결과와 비교하여 적재하중계수가 작아지고 풍하중계수가 증가하는 현상을 보이고 있다.

5. 결론

국내실정에 맞는 극한강도설계규준을 제안하기 위하여 각 하중조합별로 분석한 최적 하중계수 및 저항계수의 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 국내에서 시공되는 철근콘크리트 부재는 현장 타설 콘크리트강도를 포함하여 시공오차가 상대적으로 크기 때문에 외국 규준에 준한 현행 저항계수 (감소계수)를 사용하는 데는 무리가 있다. 특히 부재별에 따라 발생하는 오차의 특성에 차이가 있어 (예 : 슬래브와 보) 동일한 저항계수를 사용하는 것은 불합리한 것으로 나타났다.
- 2) 부재별로 제시되어 있는 현행 설계적재하중은 확률적으로 일관성이 부족하여 보정이 필요하며, 현행설계하중을 유지할 경우 고정하중계수에 비해 적재하중계수가 상대적으로 약간 증가되어야 한다.
- 3) 목표신뢰성지수는 하중조합별, 부재별로 차이를 두는 것이 합리적이다. 즉 고정하중과 적재하중만의 조합에 대한 안전수준이 풍하중을 포함하는 조합에 대한 안전수준 보다 높아야 할 것이다. 또한 참고문헌 2의 분석결과에서 알 수 있듯이 기둥에 대한 안전수준을 다른 부재보다 약간 높게 선정하는 것이 바람직하다.
- 4) 이러한 분석결과와 국내에서 사용되는 현행 설계규준이 내포하고 있는 안전수준에 비추어 다음과 같이 최적 하중 및 저항계수식을 제안할 수 있다.

I. 현행 설계하중을 유지하는 경우 :

$$\phi R_n \geq 1.40 D_n + 1.70 L_n \quad (\text{식 13})$$

$$\phi R_n \geq 1.05 D_n + 0.50 L_n + 1.50 W_n \quad (\text{식 14})$$

여기에서 $\phi = 0.70$ (슬래브)
 0.85 (보)
 0.65 (기둥)

II. 현행 설계적재하중을 보정하는 경우 (보 : 210 Kg/m²)

$$\phi R_n \geq 1.40 D_n + 1.65 L_n \quad (\text{식 15})$$

$$\phi R_n \geq 1.05 D_n + 0.40 L_n + 1.50 W_n \quad (\text{식 16})$$

여기에서 저항계수는 (I)의 경우와 동일하게 사용한다. (식 13)과 (식 15)를 사용하여 확보할수 있는 안전수준은 $\beta_T = 2.8$ (슬래브와 보)과 $\beta_T = 3.2$ (기둥)이며, (식 14)와 (식 16)이 내포하는 안전수준은 $\beta_T = 2.5$ (보)와 $\beta_T = 2.7$ (기둥)로 외국의 규준개발에서 선정된 목표신뢰도와 비교하여 고정하중과 적재하중의 조합에서는 약간 낮은 수준이다.

- 5) 향후 관련 지방서의 개정에서 국내의 불량한 시공환경을 고려하여 보다 높은 안전수준이 요구된다면 본 연구의 분석결과를 이용하여 약간 증가된 하중계수를 선정할 수 있으며, 국내 건설현장에서의 시공품질관리 수준이 향상된다면 본연구에서 제안된 저항계수를 상향 조정할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산 규준 및 해석, 대한건축학회, 1988.
2. 김상효, 배규용, 박홍석, "철근콘크리트 구조물의 현행 LRFD 설계식 검토," 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 1990. 11.
3. 김상효, 조형근, 배규용, 박홍석, "사무실 적재하중의 통계적 연구," 한국전산구조공학회 추계학술발표논문집, 1989. 10.
4. 김상효, 배규용, 박홍석, "국내풍하중의 확률적 특성 분석," 한국전산구조공학회 봄학술발표회 논문집 제3권 제1집, 1990. 4.
5. 김상효, 배규용, 박홍석, "철근콘크리트 부재강도의 확률적 특성 분석," 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집 제2권 제1호, 1990. 5.
6. 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙. 건설부, 1988.
7. Ellingwood, B., et al., "Development of a Probability Based Load Criterion for American National Standard A58," NBS SP 577, U.S. Department of Commerce. June, 1980.