

재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(II)

백신원[†] · 노민래^{*}

환경대학교 안전공학과 · *한국산업안전공단 산업안전보건연구원
(2005. 1. 17. 접수 / 2005. 7. 2. 채택)

A Study on the Strength Change of Used Pipe Support(II)

Shin-Won Paik[†] · Min-Lae Ro^{*}

Department of Safety Engineering, Hankyong National University

^{*}Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

(Received January 17, 2005 / Accepted July 2, 2005)

Abstract : Formwork is a temporary structure that supports its weight and that of freshly placed concrete as well as construction live loads. Among the accidents and failures that occur during concrete construction, many are formwork failures which usually happen at the time concrete is being placed. In constructions site, pipe supports are usually used as shores which are consisted of the slab formwork. The strength of a pipe support is decreasing as it is frequently being used at the construction site.

The objective of this study is to find out the strength change of used pipe support and unused pipe supports according to aging. In this study, 2857 pipe supports were prepared. Among these pipe supports, 2337 pipe supports were lent to the construction companies free of charge. 520 pipe supports were kept on the outside. Compressive strength was measured by knife edge test and plate test at each 3 month. Test results show that the strength of unused pipe supports as well as used pipe supports was decreasing according to age, use frequency and load carrier, and the strength of used pipe supports was lower than the strength of unused pipe supports at the same age. So, the strength of used pipe supports from 191 days to present day was not satisfied the specification of KS F 8001. According to these results, it shows that attention has to be paid to formwork design using used pipe supports.

Therefore, the present study results will be able to provide a firm base to prevent formwork collapses.

Key Words : temporary structure, formwork, pipe support, use frequency, load carrier, plate test, knife edge test

1. 서 론

가설구조물인 거푸집동바리 구조물은 콘크리트 타설중에 여러 가지 원인에 의해 붕괴되는 경우가 많아 근로자의 안전은 물론 최종 건설구조물의 품질에도 직접적인 영향을 미치므로 안전을 고려한 치밀한 공사계획을 수립하고 이를 근거로 시공되어야 한다. 특히 거푸집동바리 구조를 이루고 있는 구성요소중 동바리는 정확한 구조계산에 의해 그 간격을 결정하고 이를 근거로 하여 시공하지 않아 붕괴되는 경우도 있으나 정확한 구조계산에 의해 시공되었더라도 전용횟수가 많고, 사용기간이 오래된 파

이프 서포트를 사용하여 붕괴되는 경우도 있다⁶⁻⁸⁾.

현장에서는 가설구조물은 일정기간 후에 철거되는 구조물로서 중요구조물로 여기지 않고 있어 거푸집동바리 구조를 이루고 있는 파이프서포트 또한 현장에서의 관리가 세심하게 이루어지고 있지 않은 실정이고, 실제 현장에서 사용함에 있어서도 주의 기울여 사용하고 있지 않은 실정이다.

따라서 거푸집동바리 구조를 이루고 있는 구성요소중 동바리로 사용되는 철(Steel)을 주재료 한 파이프서포트는 현장에서의 건물외 야적이나 관리소홀로 사용기간이 오래됨에 따라 부식이 빨리 발생하고, 전용횟수가 증가함에 따라 변형정도가 심하게 발생되어 그 내력이 더욱 크게 감소하기 때문에 중요 가설기자재인 파이프 서포트의 이력에 따른 내

[†] To whom correspondence should be addressed.
paiksw@hnu.hankyong.ac.kr

력변화 추이를 알아내는 것이 무엇보다 시급한 것으로 사료된다^{4,5)}.

그러나 현장에서는 신품질 때 성능검정을 통과한 파이프 서포트는 전용횟수나 사용기간에 관계없이 사용되는데, 파이프 서포트의 내력은 전용횟수나 사용기간에 따라 점점 감소하게 되어 구조계산에 의한 설계와 시공이 되더라도 거푸집 동바리 붕괴 사고의 원인이 될 수 있다.

본 연구에서는 한국산업안전공단에서 성능검정을 해주는 V-1, V-2, V-3, V-4 네 종류의 파이프 서포트중 V-4 파이프서포트를 선택하여 대부분을 건설업체에 무상으로 대여해주고, 일부분은 야외에 아적인 후 일정기간마다 샘플링, 내력을 측정하여 사용기간, 전용횟수, 하중이력에 따른 내력변화 추이를 알아보는데 그 목적이 있다.

2. 파이프서포트 구성 및 규격

콘크리트 공사의 받침기둥(거푸집 받침기둥)으로 사용되는 파이프 서포트는 Fig. 1과 같이 외관, 내관, 암나사, 슛나사, 받이판, 바닥판, 지지핀으로 구성되어 있으며, 파이프 서포트의 규격은 다음 Fig. 2와 같다.

3. 실험개요 및 방법

파이프 서포트는 가설기자재이므로 단기간 사용

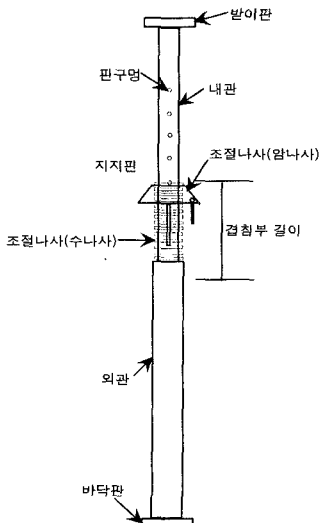


Fig. 1. Element name of pipe support.

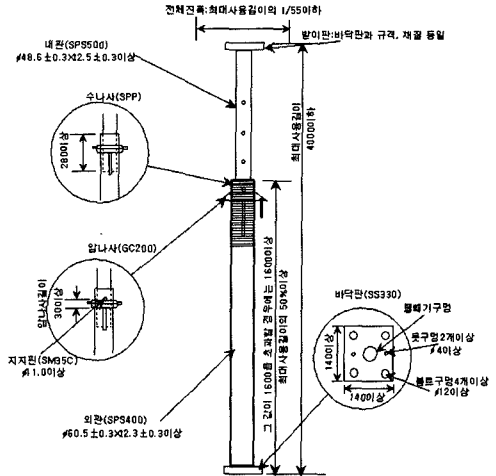


Fig. 2. Standard of pipe support.

되나 자연에 노출되어 부식 등에 의해 열화되기 쉽고, 전용횟수가 증가하거나, 하중부담이력이 증가하여 그 내력이 감소하게 된다.

동바리로 사용되는 파이프 서포트는 ‘가설기자재 성능검정규격’이 있어 근원적인 안전성을 확보하고 있으나, 여러 번 전용하여 사용하다 보면 그 내력이 저하되나, 건설현장에서는 이러한 내력저하를 고려하지 않고 신품의 내력을 기준으로 거푸집동바리 구조를 설계하고 시공하고 있어 붕괴재해가 빈번히 발생하고 있다.

본 연구에서는 총 2,857본의 V-4 파이프 서포트를 구매하여 임대용과 보관용으로 나누어 일정기간마다 전용횟수, 재령, 하중부담이력에 따른 내력을 측정하여 그 내력변화를 알아보는 장기연구과제로서 1차 연구결과에 이어 2차 연구결과를 발표하게 되었다.

파이프 서포트는 여러 회사에서 제작하여 판매하고 있으나 본 연구에서는 자동화가 되어 있어 제품의 신뢰도가 높은 K공업(주)에서 파이프 서포트의 품질의 균일성을 확보하기 위해 실험에 사용되는 총 2,857본의 파이프 서포트를 하루에 제작하였으며, 총 2,857본의 파이프 서포트 중 2,337본은 건설회사에 임대용으로 사용하였고, 나머지 520본은 보관용으로 나누어 사용하였다.

본 연구에서는 일정기간마다 샘플링하여 보관용 파이프서포트의 경우 길이 4.0m 나이프 에지시험과 평압시험으로 내력을 측정하였으며, 재사용품 파이프서포트의 경우 길이 3.5m와 4.0m 나이프 에지시험과 평압시험으로 내력을 측정하였다.

4. 실험 결과

4.1. 재령별 내력변화

재령 366일에 보관용 V-4 파이프 서포트 20본에 대해 나이프 에지 시험에 의해 강도를 측정하였다. 이때 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들은 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 모두 크며, 평균값 1061.5kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다.

재령 366일에 보관용 V-4 파이프 서포트 중 20본을 샘플링하여 평압 시험에 의해 강도를 측정하였는데, 평압 길이 4.0m에 대한 측정값의 평균은 2602.3kgf의 결과를 보였다.

재령 366일에 재사용품 V-4 파이프 서포트 40본에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 나이프에지 시험에 의해 각각 20본의 강도를 측정하였다. 이때 나이프에지 길이 3.5m에 대한 측정값들은 KS F 8001의 최소값 1,255.5kgf보다 모두 크며, 평균값 1,545.5kgf도 KS F 8001의 평균값 1,381.1kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다. 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들 중 하나의 측정값(865kgf)이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으나, 평균값 1006.6kgf은 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다.

재령 366일에 재사용품 V-4 파이프서포트 40본에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 평압 시험에 의해 각각 20본의 강도를 측정하였다. 이때 평압 길이 3.5m에 대한 측정값중 3590kgf, 3425kgf, 3525kgf의 값들은 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작은 결과를 보여 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 3896.3kgf도 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작은 결과로 강도규정을 만족하지 못함을 알 수 있었다. 평압 길이 4.0m에 대한 측정값들의 평균은 2452.0kgf의 결과를 보였다.

재령 457일에 재사용품 V-4 파이프 서포트중 20본을 샘플링하여 나이프 에지 시험에 의해 강도를 측정하였다. 이때 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들 중 하나의 측정값(860kgf)이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으나, 평균값 995.8kgf은 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다.

재령 457일에 재사용품 V-4 파이프 서포트중 20

본을 샘플링하여 평압 시험에 의해 강도를 측정하였는데, 평압 길이 4.0m에 대한 측정값들의 평균은 2427.3kgf의 결과를 보였다.

재령 549일에 보관용 V-4 파이프 서포트 20본에 대해 나이프 에지 시험에 의해 강도를 측정하였다. 이때 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들 중 하나의 측정값(885kgf)이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 978.5kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작아 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

재령 549일에 보관용 V-4 파이프 서포트중 20본을 샘플링하여 평압 시험에 의해 강도를 측정하였는데, 평압 길이 4.0m에 대한 측정값들의 평균은 2407.3kgf의 결과를 보였다.

재령 549일에 재사용품 V-4 파이프 서포트 40본에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 나이프에지 시험에 의해 각각 20본의 강도를 측정하였다. 이때 나이프에지 길이 3.5m에 대한 측정값들은 KS F 8001의 최소값 1255.5kgf보다 모두 크며, 평균값 1454.8kgf도 KS F 8001의 평균값 1,381.1kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다. 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들 중 두개의 측정값(770kgf, 820kgf)이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 959.3kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작아 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

재령 549일에 재사용품 V-4 파이프서포트 40본에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 평압 시험에 의해 각각 20본의 강도를 측정하였다. 이때 평압 길이 3.5m에 대한 측정값 중 일곱 개의 측정값들(3575kgf, 2960kgf, 2925kgf, 3390kgf, 3540kgf, 3390kgf, 3315kgf)이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작은 결과를 보여 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 3796.33kgf도 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작은 결과로 강도규정을 만족하지 못함을 알 수 있었다. 평압 길이 4.0m에 대한 측정값들의 평균은 2363.5kgf의 결과를 보였다.

1차(신품), 2차(재사용품 재령 91일), 3차(보관용 및 재사용품 재령 183일), 4차(보관용 및 재사용품 재령 366일), 5차(재사용품 재령 457일), 6차(보관용 및 재사용품 재령 549일) 내력측정값의 평균값에 대한 표는 다음 Table 1과 같으며 이 표를 그림으로 표시한 것이 Fig. 3이다.

Table 1. Strength results according to age

Type of pipe -supports	Age (day)	Type of test	Length (m)	Strength (kgf)
Used pipe-supports	0	Knife edge test	3.5	1508.0
			4.0	1015.3
		Plate test	3.5	4348.5
			4.0	2784.8
	91	Knife edge test	4.0	1014.0
		Plate test	4.0	2816.1
	183	Knife edge test	3.5	1518.3
			4.0	1006.3
		Plate test	3.5	3868.5
			4.0	2655.7
	366	Knife edge test	3.5	1545.5
			4.0	1006.8
		Plate test	3.5	3896.3
			4.0	2452.0
	457	Knife edge test	3.5	995.8
		Plate test	4.0	2427.3
	549	Knife edge test	3.5	1454.8
			4.0	959.3
		Plate test	3.5	3796.3
			4.0	2363.5
Deposit pipe-supports	0	Knife edge test	4.0	1015.3
		Plate test	4.0	2784.8
	183	Knife edge test	4.0	1033.0
		Plate test	4.0	2884.8
	366	Knife edge test	4.0	1061.5
		Plate test	4.0	2602.3
	549	Knife edge test	4.0	978.5
		Plate test	4.0	2407.3

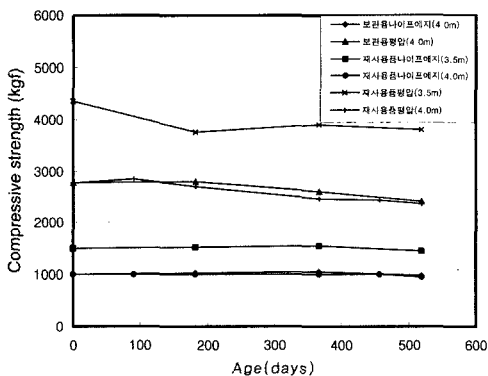


Fig. 3. Strength change according to age.

Table 1과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 재사용폼은

보관용에 비해 약간 내력이 낮은 결과를 보였으며, 재령 549일까지 보관용 및 재사용폼에 대한 나이프 에지 길이 4.0m의 내력은 거의 일정한 결과를 보여 내력변화가 크게 나타나지 않았으나, 재령 549일까지 보관용 및 재사용폼에 대한 평판 길이 4.0m의 내력은 재령이 오래 됨에 따라 점점 감소하는 경향을 보였다.

4.2. 전용횟수별 내력변화

재사용폼에 대한 지금까지의 측정결과를 전용횟수별로 나타낸 Table이 Table 2와 같으며, Table 2에서 보는 바와 같이 측정회차와 전용횟수가 동일한 것은 처음에 연구를 계획할 때에는 파이프서포트를 여러 건설회사에 무상 대여하여 내력을 측정할 시 여러 현장의 파이프서포트를 샘플링하려고 했으나, 대부분의 건설회사들이 이력관리용 파이프서포트를 사용하는 것을 꺼리기 때문에 한 건설회사만을 설득하여 파이프서포트를 무상 대여하여 한 현장에서 동일한 조건에서 계속해서 사용할 수 있게 하였기 때문이다.

Table 2. Strength results according to use frequency

Type of pipe-supports	Use frequency	Type of test	Length (m)	Strength (kgf)
Used pipe-supports	0	Knife edge test	3.5	1508.0
			4.0	1015.3
		Plate test	3.5	4348.5
			4.0	2784.8
	1	Knife edge test	4.0	1014.0
		Plate test	4.0	2816.1
	2	Knife edge test	3.5	1518.3
			4.0	1006.3
		Plate test	3.5	3868.5
			4.0	2655.7
	3	Knife edge test	3.5	1545.5
			4.0	1006.8
		Plate test	3.5	3896.3
			4.0	2452.0
	4	Knife edge test	3.5	995.8
		Plate test	4.0	2427.3
	5	Knife edge test	3.5	1454.8
			4.0	959.3
		Plate test	3.5	3796.3
			4.0	2363.5

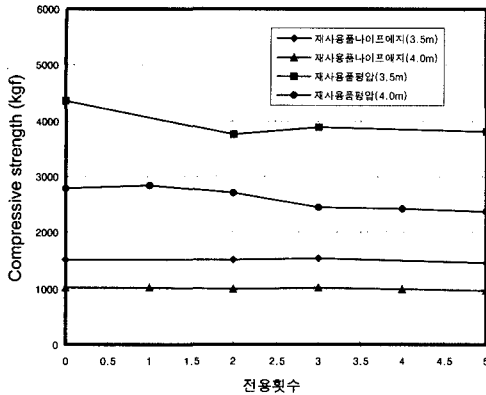


Fig. 4. Strength change according to use frequency.

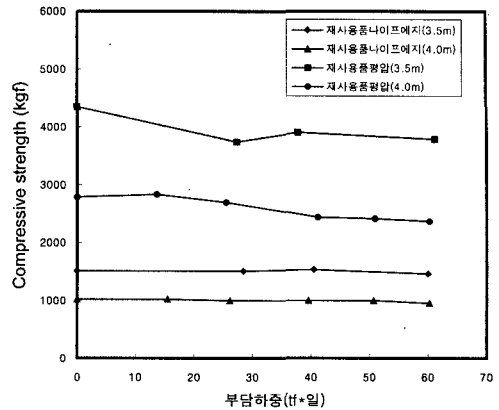


Fig. 5. Strength change according to load carrier.

4.3. 부담하중별 내력변화

본 연구에서는 내력변화의 큰 원인으로 생각할 수 있는 부담하중이력에 대한 관리를 계속해 해오고 있다. 특히 현장에서 파이프서포트를 사용할 때마다 개개의 파이프서포트에 대한 부담하중이력을 기록하여 관리를 하고 있어, 매 내력측정시의 파이프서포트의 부담하중별 내력변화는 Table 4와 같다. Table 4에서 보는 바와 같이 측정회차와 부담하

중이 거의 차이가 없는 것은 처음에 연구를 계획할 때와는 다르게 재사용품 전체의 파이프서포트를 한 건설회사에서 동일한 현장에서 주기적으로 사용하고 있기 때문이다.

5. 결론

본 연구에서는 가설기자재로서 거꾸집동바리 구조물의 중요한 구성요소인 파이프 서포트의 전용횟수나 하중부담이력에 따른 내력변화를 알아보기 위해 총 2,857본의 파이프 서포트를 제작하여 이중 2,337본은 건설회사에 임대해 주고, 나머지 520본은 보관용으로 야외에 야적해 놓은 후 일정기간마다 샘플링하여 내력을 측정하여 재사용 파이프서포트의 내력변화를 알아보는데 그 목적이 있다.

2차 연구에서는 재령 366일에 보관용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 4.0m로, 재사용품용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 3.5m와 4.0m로 하여 측정하였고, 재령 457일에 재사용품에 대해 나이프에지 시험과 평압시험을 길이 4.0m로 하여 강도를 측정하였으며, 재령 549일에 보관용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 4.0m로, 재사용품용의 파이프서포트에 대해 나이프에지 시험과 평압시험을 길이 3.5m와 4.0m로 하여 측정하였는데, 이러한 실험결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 재령 366일 재사용품 나이프에지 길이 3.5m 측정값은 KS F 8001의 최소값 1,255.5kgf보다 모두 크며, 평균값도 1,545.5kgf으로 KS F 8001의 평균

Table 2. Strength results according to use frequency

Type of pipe-supports	Age (day)	Type of test	Length (m)	Load carrier (tf · day)	Strength (kgf)
Used pipe-supports	0	Knife edge test	3.5	0.000	1508.0
			4.0	0.000	1015.3
		Plate test	3.5	0.000	4348.5
			4.0	0.000	2784.8
	91	Knife edge test	4.0	15.373	1014.0
		Plate test	4.0	13.725	2816.1
	183	Knife edge test	3.5	28.331	1518.3
			4.0	26.140	1006.3
		Plate test	3.5	27.267	3868.5
			4.0	25.507	2655.7
	366	Knife edge test	3.5	40.433	1545.5
			4.0	39.437	1006.8
		Plate test	3.5	37.683	3896.3
			4.0	41.206	2452.0
	457	Knife edge test	3.5	50.660	995.8
		Plate test	4.0	50.813	2427.3
549	Knife edge test	3.5	59.950	1454.8	
		4.0	60.303	959.3	
	Plate test	3.5	61.184	3796.3	
		4.0	60.204	2363.5	

값 1,381.1kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하며, 나이프에지 길이 4.0m 평균값 1006.8kgf은 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하였으나, 측정값중 830kgf과 865kgf이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

2) 재령 366일 재사용품 평압 길이 3.5m 측정값중 4개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못했으며, 평균값도 3896.3 kgf으로 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

3) 재령 549일에 재사용품 나이프에지 길이 4.0m 측정값들 중 2개의 측정값(770kgf, 820kgf)이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 959.3kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작아 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

4) 재령 549일에 재사용품 평압 길이 3.5m 측정값중 7개의 측정값들(3575kgf, 2960kgf, 2925kgf, 3390 kgf, 3540kgf, 3390kgf, 3315kgf)이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작은 결과를 보여 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 3796.33kgf도 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작은 결과로 강도규정을 만족하지 못함을 알 수 있었다.

한편, 본 연구는 일정한 기간마다(3개월) 샘플링 하여 내력을 측정하는 계속 연구로서 일정기간마

다 연구결과를 분석하여 논문을 발표할 예정이다.

참고문헌

- 1) 쌍용건설기술연구소, “거푸집설계 및 시공지침안”, 1994. 2.
- 2) 강구조 한계상태 설계기준 및 해설, 대한건축학회, 1999.
- 3) 강구조계산기준 및 해설, 대한건축학회, 1983.
- 4) 가설구조물의 구조계산입문, 건설문화사, 조병구 외, 1990.
- 5) 가설구조물의 해설, 건설문화사, 조병구 외, 1990.
- 6) 6m 파이프 서포트의 구조성능 및 안전성 평가, 가설기자재 시험연구소, 1998. 8.
- 7) 백신원, 최순주, “A Study on the Safety Model of Temporary Structures”, 제1회 한·일 안전공학 학술발표대회, 1999. 11.
- 8) 최순주, “거푸집·동바리 붕괴재해 사례분석을 통한 재해원인파 예방대책”, 한국콘크리트학회, 제19회 기술강좌, 1999. 12.
- 9) C.G. Salmo and J.E. Johnson, Steel Structures, Harpers & Collins, 4th Ed., 1996.
- 10) Code of Practice for Falsework, BS 5975, 1996.
- 11) Formwork for Concrete, Hurd, M.K., 1992.
- 12) C.F. Salmo and J.E. Johnson, Steel Structures, Harpers & Collins, 4th Ed., 1996.