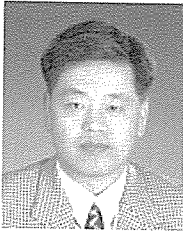


재사용 파이프서포트의 내력변화 연구

A Study on the Strength Change of Used Pipe Support



한경대학교 안전공학과

백 신 원 교수

*한국산업안전공단 산업안전보건연구원

*최 순 주 교수

ABSTRACT

Formwork is a temporary structure that supports its weight and that of freshly placed concrete as well as construction live loads. In construction 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. Among the accidents and failures that occur during concrete construction, there are many formwork failures which usually happen at the time concrete is being placed.

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. In this study, the strength of pipe support according to age, use frequency and load carrier was predicted using SPSS 12.0. It was known that the strength of pipe support using for 5 years was reduced to 42.8%. 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. 서론

가설구조물(Temporary structures)은 본 구조물이 완공된 후 철거되는 임시구조물로서 실제 현장에서는 본 구조물에 비해 크게 중요하게 여기지 않아 정확한 구조계산에 의한 설계와 시공이 이루어지지 않고 있어 시공 중에 종종 붕괴되는 경우가 있다. 이러한 가설구조물의 붕괴는 인명피해는 물론이고 재시공, 공기의 연장 등으로 인한 재산상의 피해가 매우 큰 특징을 가지고 있다.^{1~3)}

특히 콘크리트 공사에 주로 시공되는 가설구조물인 거푸집동바리 구조물은 거푸집판, 장선, 멩에, 동바리로 구성되는데 콘크리트 타설 중에 붕괴되어 큰 인명피해와 경제적 손실을 초래하곤 한다.

일반적으로 동바리는 거푸집판, 장선, 멩에재를 소정의 위치에 유지시키고, 수평부재가 받는 수직하중 및 수평하중을 하부구조에 전달하는 수직부재를 말하며, 이러한 동바리로 강관지주, 스틸서포트, 서포트, 강재동바리, 철서포트 등으로 불리는 파이프 서포트(Pipe support)가 주로 사용되는데, 파이프 서포트는 외관, 내관, 받이판, 바닥판, 암나사, 슷나사, 지지핀으로 구성되고, 노동부 산업안전 보건법에 근거를 둔 '가설기자재 성능검정규격' 품목으로 한국산업안전공단에서 성능검정을 하고 있는데, 그 종류는 V-1, V-2, V-3, V-4 네 종류가 된다.^{4, 5)}

그러나 현장에서는 신품일 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.

가설구조물인 거푸집동바리 구조물은 콘크리트 타설 중에 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 파이프 서포트를 사용하여 붕괴되는 경우도 있다.^{1~3)}

따라서 본 연구에서는 신품 파이프 서포트를 구매하여 참여 건설업체 및 개인에게 무료임대 해주고 일정기간마다 시험체를 샘플링하여 강도실험을 통해 전용횟수와 사용기간에 따른 파이프 서포트의 내력변화를 측정, 그 결과를 종합 분석하여 파이프 서포트의 장기적인 내력 변화의 특성을 알아내는데 그 목적이 있다.

2. 실험 개요 및 방법

파이프 서포트는 가설기자재이므로 단기간 사용되나 자연에 노출되어 부식등에 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.^{1~3)}

본 연구에서는 총 2,857본의 V-4 파이프 서포트를 구매하여 재사용품과 보관용으로 나누어 일정기간마다 전용횟수, 재령, 하중부담이력에 따른 내력을 측정하여 그 내력변화를 알아보는 연구로서 1차, 2차 연구결과에 이어 3차 연구결과를 발표하게 되었다.

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

본 연구에서는 한정된 수량의 파이프서포트로 인해 보관용 파이프서포트의 경우 길이 4.0m 나이프 에지시험과 평압시험으로 내력을 측정하였고, 재사용품 파이프서포트의 경우 길이 3.5m와 4.0m 나이프 에지시험과 평압시험으로 내력을 측정하였으며, 그 실험방법은 1, 2차 연구결과 논문에서와 같다.^{6, 7)}

3. 실험 결과

3.1 재령별 내력변화

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), 7차(보관용 및 재사용품 재령 710일), 8차(재사용품 재령 797일), 9차(보관용 및 재사용품 재령

878일) 내력측정값의 평균값에 대한 표는 다음 [Table 1] 과 같으며 이 표를 그림으로 표시한 것이 [Fig. 1]이다.

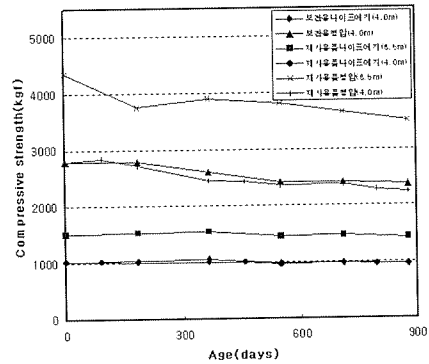
[Table 1]과 [Fig. 1]에서 보는 바와 같이 재사용품은 보관용에 비해 약간 내력이 낮은 결과를 보였으며, 재령 549일까지 보관용 및 재사용품에 대한 나이프에지 길이 4.0m의 내력은 거의 일정한 결과를 보여 내력변화가 크게 나타나지 않았으나, 재령 878일까지 보관용 및 재사용품에 대한 평압 길이 4.0m의 내력은 재령이 오래 됨에 따라 점점 감소하는 경향을 보였다.

여기서, KS F 8001의 최소값 및 평균값 규정은 신품의 규정으로 실험결과에서 알 수 있는 바와 같이 재령이 오래됨에 따라 규정값을 만족시키지 못하는 것을 알 수 있어, 현장에서는 신품의 내력을 기준으로 설계를 하는 것이 아닌 재령에 따른 내력감소를 고려하여 설계하고 사용해야 할 것으로 사료된다.

[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	

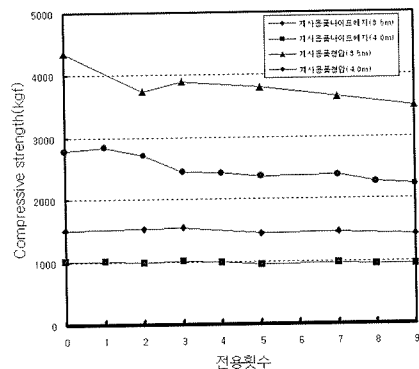
Used pipe-supports	366	Knife edge test	3.5	1545.5
			4.0	1006.8
		Plate test	3.5	3896.3
			4.0	2452.0
	457	Knife edge test	4.0	995.8
		Plate test	4.0	2427.3
	549	Knife edge test	3.5	1454.8
			4.0	959.3
		Plate test	3.5	3796.3
			4.0	2363.5
	710	Knife edge test	3.5	1465.3
			4.0	971.3
Plate test		3.5	3654.5	
		4.0	2379.8	
797	Knife edge test	4.0	963.0	
	Plate test	4.0	2278.5	
878	Knife edge test	3.5	1437.8	
		4.0	953.8	
	Plate test	3.5	3501.8	
		4.0	2239.5	
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
	710	Knife edge test	4.0	980.8
		Plate test	4.0	2405.6
	878	Knife edge test	4.0	965.0
		Plate test	4.0	2379.3



[Fig. 1] Strength change according to age

3.2 전용횟수별 내력변화

재사용품에 대한 지금까지의 측정결과를 전용횟수별로 나타낸 표가 [Table 2]와 같으며, [Table 2]에서 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 사용될 수 있게 하였기 때문이다.



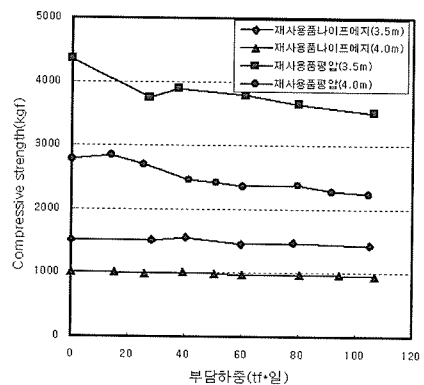
[Fig. 2] Strength change according to use frequency

[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	4.0	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	2363.6
7	Knife edge test	3.5	1465.3	
		4.0	971.3	
	Plate test	3.5	3654.5	
		4.0	2379.8	
8	Knife edge test	4.0	963.0	
	Plate test	4.0	2278.5	
9	Knife edge test	3.5	1437.8	
		4.0	953.8	
	Plate test	3.5	3501.5	
		4.0	2239.5	

3.3 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 3]과 같다. [Table 3]에서 보는 바와 같이 측정회차와 부담하중이 거의 차이가 없는 것은 처음에 연구를 계획할 때와는 다르게 재사용품 전체의 파이프서포트를 한 건설회사에서 동일한 현장에서 주기적으로 사용하고 있기 때문이다.



[Fig. 3] Strength change according to load carrier

[Table 3]. Strength results according to load carrier

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
710	Knife edge test	3.5	78.321	1465.3	
		4.0	80.581	971.3	
	Plate test	3.5	80.342	3654.5	
		4.0	79.712	2379.8	
797	Knife edge test	3.5	94.591	963.0	
	Plate test	4.0	91.548	2278.5	
878	Knife edge test	3.5	105.362	1437.8	
		4.0	106.855	953.8	
	Plate test	3.5	106.454	3501.8	
		4.0	104.899	2239.5	

3.4 통계분석에 의한 내력식

분석프로그램 SPSS 12.0을 이용하여 선형회귀분석을 통해 보관용 및 재사용품, 나이프에지 및 평압, 서포트길이에 따른 내력식을 유도해 낼 수 있었으며, [Table 4]는 이에 대한 표이다. [Table 4]에서 보는 바와 같이 재령이 정해지면 보관용 내력은 구할 수 있으며, 재사용품의 내력의 경우에도 재령, 전용횟수, 하중이력(하중 · 일)이 정해지면 구할 수 있다. 다만, 본 논문에서 제안한 식을 이용하기 위해서는 하중이력(Load carrier)을 알아야 하는데, 실제 현장에서는 개략적으로 한번 사용할 때의 부담하중(서포트의 간격과 슬래브의 사이즈에 의해 추정가능)과 기간 및 연평균 전용횟수를 구하고 재령을 곱하여 하중이력을 추정할 수 있을 것으로 사료되며, 이러한 내력식은 앞으로 오랜기간동안 측정된 데이터를 축적하여 분석을 한다면 더욱 신뢰성이 높아질 것으로 생각된다.

[Table 4]. Prediction strength equation according to age, use frequency and load carrier

Type of pipe-supports	Type of test	Length (m)	Prediction strength equation
Deposit pipe-supports	Knife edge test	4.0	• Stength(kgf) = 1035,697 - 25,915 · Age
	Plate test	4.0	• Stength(kgf) = 2803,611 - 198,560 · Age
Used pipe-supports	Knife edge test	3.5	• Stength(kgf) = 1528,885 - 33,58 · Age • Stength(kgf) = 1520,715 + 46,72 · Age - 39,178 · use frequency + 1,560 · load carrier4,0
		4.0	• Stength(kgf) = 1016,614 - 25,185 · Age • Stength(kgf) = 1014,196 + 1,46 · Age - 12,445 · use frequency + 0,460 · load carrierPlate test3,5
	Plate test	3.5	• Stength(kgf) = 4199,416 - 296,38 · Age • Stength(kgf) = 4211,462 + 334,705 · Age + 56,093 · use frequency - 19,782 · load carrier4,0
		4.0	• Stength(kgf) = 2783,406 - 238,345 · Age • Stength(kgf) = 2795,768 - 700,435 · Age + 99,217 · use frequency + 2,302 · load carrier

[Table 5]는 재령 5년 후의 파이프서포트의 내력을 [Table 4]의 내력식을 이용하여 구한 표이다. [Table 5]에서 보는 바와 같이 5년 후의 파이프서포트의 내력은 보관용이나 재사용품이나 큰 차이를 보이지 않으나, 재

사용품 평압 길이 4.0m의 경우에는 신품내력에 비해 42.8%가 감소함을 알 수 있어 거푸집동바리 구조물의 설계시 재령에 따른 내력을 고려하여 동바리를 설계하여야 할 것으로 사료된다.

[Table 5]. Strength of pipe support using for 5 years

Type of pipe-supports	Type of test	Length (m)	Stength of new pipe support(kgf)	Stength of pipe support using for 5 years(kgf)
Deposit pipe-supports	Knife edge test	4.0	1015.3	906.1(-10.8%)
	Plate test	4.0	2784.8	1810.8(-35.0%)
Used pipe-supports	Knife edge test	3.5	1508.0	1361.0(-9.7%)
		4.0	1015.3	890.2(-12.3%)
	Plate test	3.5	4348.5	2717.5(-37.8%)
		4.0	2784.8	1591.7(-42.8%)

4. 결론

본 연구에서는 가설기자재로서 거푸집동바리 구조물의 중요한 구성요소인 파이프 서포트의 전용횡수나 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.

3차 연구에서는 재령 710일에 보관용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 4.0m로, 재사용품용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 3.5m와 4.0m로 하여 측정하였고, 재령 797일에 재사용품에 대해 나이프 에지 시험과 평압시험을 길이 4.0m로 하여 강도를 측정하였으며, 재령 878일에 보관용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 4.0m로, 재사용품용의 파이프서포트에 대해 나이프에지시험과 평압시험을 길이 3.5m와 4.0m로 하여 측정하였는데, 이러한 실험결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 재령 710일에 재사용품 나이프에지 길이 4.0m 측정값들 중 두개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 971.3kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작아 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

2) 재령 710일에 보관용 나이프에지 길이 4.0m에 대한

측정값들 중 두개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 980.8kgf는 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 약간 커 강도규정을 만족시킴을 알 수 있었다.

3) 재령 710일에 재사용품 평압 길이 3.5m 측정값중 7개의 측정값들이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작은 결과를 보여 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 3645.5kgf도 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작은 결과로 강도규정을 만족하지 못함을 알 수 있었다.

4) 재령 797일에 재사용품 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들 중 두개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었고, 평균값 963.0kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작은 결과로 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

5) 재령 878일에 재사용품 나이프에지 길이 4.0m 측정값들 중 다섯개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 953.8kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작아 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

6) 재령 878일에 보관용 나이프에지 길이 4.0m에 대한 측정값들 중 세개의 측정값이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 965.0kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 작아 강도규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

7) 재령 878일에 재사용품 평압 길이 3.5m 측정값중

열개의 측정값들이 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 작은 결과를 보여 규정을 만족시키지 못함을 알 수 있었으며, 평균값 3501.8kgf도 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 작은 결과로 강도규정을 만족하지 못함을 알 수 있었다.

8) 분석프로그램 SPSS 12.0을 이용하여 선형회귀분석

을 통해 보관용 및 재사용품, 나이프에지 및 평압, 서포트길이에 따른 내력식을 유도해 낼 수 있었는데, 이 내력식은 슬래브 거푸집 설계시 파이프서포트의 간격을 결정하는데 있어 중요한 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 6m 파이프 서포트의 구조성능 및 안전성 평가, 가설기자재 시험연구소, 1998. 8
2. 백신원, 최순주, "A Study on the Safety Model of Temporary Structures," 제1회 한·일 안전공학 학술발표대회, 1999. 11
3. 최순주, "거푸집·동바리 붕괴재해 사례분석을 통한 재해원인과 예방대책," 한국콘크리트학회 제19회 구술강좌, 1999. 12
4. 가설구조물의 구조계산입문, 건설문화사, 조병구 외, 1990
5. 가설구조물의 해설, 건설문화사, 조병구 외, 1990
6. 백신원, 노민래, "재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(Ⅰ)," 한국안전학회지, 제19권 제2호, 2004
7. 백신원, 노민래, "재사용 파이프서포트의 내력변화 연구(Ⅱ)," 한국안전학회지, 제20권 제3호, 2005
8. 쌍용건설기술연구소, "거푸집설계 및 시공지침안", 1994. 2
9. 강구조 한계상태 설계기준 및 해설, 대한건축학회, 1999
10. 강구조계산규준 및 해설, 대한건축학회, 1983
11. C.G. Salmo and J.E. Johnson, Steel Structures, Harpers & Collins, 4th Ed., 1996.
12. Code of Practice for Falsework, BS 5975, 1996
13. Formwork for Concrete, Hurd, M.K., 1992
14. C.F. Salmo and J.E. Johnson, Steel Structures, Harpers & Collins, 4th Ed., 1996