

사용 이력에 따른 파이프서포트의 내력에 관한 연구(II)

노민래 · 백신원*

한국산업안전공단 산업안전보건연구원 · *한경대학교 안전공학과

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

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 동바리는 정확한 구조계산에 의해 시공되었더라도 전용횟수가 많고, 사용기간이 오래된 파이프서포트를 사용하여 붕괴될 수도 있다.

따라서, 본 연구는 성능검정품인 네 종류의 파이프서포트 중에서 4m 파이프서포트를 선택하여 대부분을 건설업체에 무상으로 대여하고, 일부는 야외에 야적한 후 일정기간마다 샘플링, 내력을 측정하여 사용기간, 전용횟수, 하중이력에 따른 내력변화 추이를 알아보는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위

본 연구에서는 현장에서 가장 많이 사용되는 4m 파이프서포트의 전용횟수와 사용기간에 따른 내력변화를 측정한다.

본 연구에서는 또한 실험의 신뢰도를 높이기 위해 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 2,857본의 파이프서포트를 공개입찰로 한 회사로부터 구매를 한후 이중 2,337본은 건설업체 및 개인업자 등에게 대여해 주고, 나머지 520본은 야외에 야적보관하여 이력을 관리하고 일정기간 후에 각각에 대해 시험체를 샘플링하여 내력변화를 측정하는 장기적인 연구과제이다.

1.3 연구의 내용 및 방법

- ① 현장실태조사
- ② 참여건설업체 조사 선정
- ③ 파이프서포트 이력관리
- ④ 내력실험(연간 3회)
- ⑤ 실험결과 분석

2. 거푸집동바리 붕괴재해 분석

최근 6년 동안 거푸집동바리 붕괴재해건수는 총 재해조사건수 2,887건중 34건으로 표

2.1과 같고, 1998년부터 2000년까지 점점 감소하다가 2003년까지 점점 증가하는 경향을 보였다.

표 2.1 최근 6년간의 거푸집동바리 붕괴재해 현황

동바리붕괴재해건수/재해조사건수(단위: 건)

계	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년
34/2,887	9/461	4/394	-/409	5/504	7/517	9/602

3. 파이프서포트의 내력실험

3.1 실험 개요

본 연구에서는 총 2,857본의 V₄ 파이프서포트를 구매하여 대여용과 보관용으로 나누어 일정기간마다 전용횟수, 재령, 하중부담이력에 따른 내력을 측정하여 그 내력변화를 알아보는 연구로서 앞으로 5년 동안 연구를 진행할 예정이다.

파이프서포트는 여러 회사에서 제작하여 판매하고 있으나 본 연구에서는 자동화가 되어 있어 제품의 신뢰도가 높은 (주)○○공업에서 파이프서포트의 품질의 균일성을 확보하기 위해 실험에 사용되는 총 2,857본의 파이프서포트를 하루에 제작하였다.

3.2 실험 방법

본 연구에서는 총 2,857본의 파이프서포트를 제작하여 이중 2,337본은 건설회사에 대여용으로 사용하였고, 나머지 520본은 보관용으로 나누어 사용하였다. 표 3.1은 본 연구에 사용된 파이프서포트에 부여된 시험체 번호 및 용도를 나타낸 표이다.

표 3.1 파이프서포트에 부여된 시험체 번호 및 용도

구분	시험체 번호	시험체수	비고
대여용	0001~2,000	2,000본	• 1차: 한경대학교 인문사회관 현장 ((주)삼은토건, 2003.5~11) • 2차: 한경대학교 기숙사 현장 ((주)동인종합건설, 2004.3~11)
	2,201~2,400 2,601~2,737	337본	• 1차: LG양주자이 현장 (영미건설(주), 2003.6~현재)
보관용	2,001~2,200	520본	한경대학교
	2,401~2,600		
	2,738~2,857		

본 연구에서는 보관용 파이프서포트 520본중 120본에 대해 파이프서포트를 제작한 직후 신제품에 대한 내력측정을 길이 3.5m와 4.0m로 하여 나이프에지시험과 평압시험을 실시하였고 6개월 후에 40본에 대한 실험을 실시하였으며, 약 3, 6개월이 지난 후에 대여용 파이프서포트 2,337본중 40, 80본을 샘플링하여 내력을 측정하였다.

표 3.2 내력측정

구분	측정일	시험체 구분	시험체 번호	시험체수	시험체총수	
1차 내력측정	2003.5.20	보관용	나이프에지	길이 3.5m	30본	120본
				길이 4.0m	30본	
			평압	길이 3.5m	30본	
				길이 4.0m	30본	
2차 내력측정	2003.8.19	대여용	나이프에지	길이 4.0m	20본	40본
			평압	길이 4.0m	20본	
3차 내력측정	2003.11.19	대여용	나이프에지	길이 3.5m	20본	80본
				길이 4.0m	20본	
			평압	길이 3.5m	20본	
				길이 4.0m	20본	
		보관용	나이프에지	길이 4.0m	20본	40본
			평압	길이 4.0m	20본	

3.3 실험 결과

가. 진폭측정 결과

신품에 대한 진폭을 측정한 결과는 표 3.3과 같다. 표에서 보는 바와 같이 KS F 8001의 허용진폭을 만족함을 알 수 있다.

표 3.3 진폭측정결과

최대길이	진폭(mm)	평균(mm)	비고
4.0m	55,65,72,69,71,70,70,70,71,70, 67,65,65,70,51,64,58,50,68,71	65.6	허용진폭: 4000/55=72.7mm

나. 1차 시험(신품의 내력시험)

(1) 나이프에지 시험

신품의 4m 파이프서포트 40본에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 나이프에지 시험에 의해 각각 20본의 강도를 측정하였다. 이때 표 3.4a는 길이 3.5m에 대한 표로서 이들 측정값들은 KS F 8001의 최소값 1,255.5kgf보다 모두 크며, 평균값 1,508.0kgf도 KS F 8001의 평균값 1,381.1kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다. 표 3.4b는 길이 4.0m에 대한 표로서 측정값들이 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 모두 크며, 평균값 1,015.3kgf도 KS F 8001의 평균값 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하는 것을 알 수 있었다.

표 3.4a 나이프에지 시험에 의한 강도(길이 3.5m)

실험 방법	길이	측정값
나이프에지 시험	3.5m	1555, 1435, 1645, 1510, 1520, 1470, 1575, 1555, 1545, 1440, 1460, 1550, 1530, 1405, 1595, 1615, 1435, 1515, 1355, 1545, 1635, 1390, 1600, 1300, 1560, 1465, 1460, 1475, 1555, 1545

표 3.4b 나이프에지 시험에 의한 강도(길이 4.0m)

실험 방법	길이	측정값
나이프에지 시험	4.0m	895, 1020, 1020, 1055, 945, 940, 1070, 990, 940, 895, 995, 1075, 1065, 940, 1095, 1025, 1035, 1090, 980, 990, 1050, 1030, 995, 985, 1060, 1030, 1045, 1140, 1055, 1010

(2) 평압시험

신품의 파이프서포트 40본에 대해 길이 3.5m와 4.0m로 하여 평압시험에 의해 각각 20본의 강도를 측정하였다. 이때 표 3.5a는 길이 3.5m에 대한 표로서 이들 측정값들은 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 모두 크며, 평균값도 4,348.5kgf로 KS F 8001의 평균값 4,000kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족함을 알 수 있었다. 표 3.5b는 길이 4.0m에 대한 표로서 평균값은 2784.8kgf임을 알 수 있었다.

표 3.5a 평압시험에 의한 강도(길이 3.5m)

실험 방법	길이	측정값
평압시험	3.5m	4990, 4860, 4275, 4640, 4485, 3900, 4165, 4130, 4420, 4150, 4295, 4335, 4420, 4160, 4465, 5015, 4560, 4150, 4170, 4000, 4435, 4425, 4245, 4225, 4480, 3745, 4315, 4585, 4290, 4125

표 3.5b 평압시험에 의한 강도(길이 4.0m)

실험 방법	길이	측정값
평압시험	4.0m	2675, 2405, 3055, 2175, 2775, 3095, 2895, 3090, 2600, 2890, 2460, 2965, 2775, 2745, 2460, 2575, 2830, 2550, 2875, 2770, 2525, 2790, 2780, 3240, 2395, 2895, 2790, 3395, 3230, 2845

다. 2차 시험(재사용품의 재령 91일 내력시험)

(1) 나이프에지 시험

표 3.6 나이프에지 시험에 의한 강도(길이 4.0m)

번호	328	1805	1063	1302	1126	1877	1311	1303	391	1987
측정값	1000	970	935	975	1075	1070	1105	990	1015	1035
번호	376	1977	1980	701	1578	1866	1312	778	1313	359
측정값	1120	1085	1085	1055	1055	1040	1030	915	905	820

(2) 평압시험

표 3.7 평압시험에 의한 강도(길이 4.0m)

번호	818	1891	1361	1821	860	366	815	1806	1416	1086
측정값	3175	2365	2430	2290	3285	2850	3305	2225	2405	2900
번호	315	385	1970	364	304	1969	887	377	356	1127
측정값	2830	2530	2855	3125	2650	2630	3805	2860	2565	2640

라. 3차 시험 I (보관용 재령 183일 내력시험)

(1) 나이프에지 시험

표 3.8 나이프에지 시험에 의한 강도(길이 4.0m)

시험 방법	길이	측정값
나이프에지 시험	4.0m	1045, 1080, 1025, 1165, 1070, 1110, 1010, 950, 1000, 1070, 985, 1020, 1005, 1025, 1025, 1065, 1020, 995, 1005, 990

(2) 평압 시험

표 3.9 평압 시험에 의한 강도(길이 4.0m)

시험 방법	길이	측정값
평압 시험	4.0m	2120, 2365, 3150, 2845, 3075, 3330, 2905, 3320, 2365, 2255, 3755, 2900, 3325, 2490, 2550, 2560, 2805, 2965, 2965, 1760

마. 3차 시험 II (재사용품의 재령 183일 내력시험)

(1) 나이프에지 시험

표 3.10a 나이프에지 시험에 의한 강도(길이 3.5m)

시편번호	1938	634	1048	719	1945	716	762	1872	23	1851
측정값	1585	1525	1540	1415	1510	1585	1445	1515	1560	1500
시편번호	67	1228	86	21	18	1012	723	1730	1050	1801
측정값	1515	1565	1440	1605	1600	1530	1460	1615	1520	1335

표 3.10b 나이프에지 시험에 의한 강도(길이 4.0m)

시편번호	1002	1031	1087	1300	407	1071	1750	1032	1119	439
측정값	1000	1075	995	1170	965	1015	1000	1080	965	965
시편번호	829	1861	1025	1889	85	285	1892	565	853	36
측정값	985	960	1005	965	1000	1040	725	990	990	960

(2) 평압 시험

표 3.11a 평압 시험에 의한 강도(길이 3.5m)

시편번호	44	57	1865	1069	1098	1563	842	1973	1874	1301
측정값	3800	3890	2530	4225	3700	2965	4550	4150	2965	4155
시편번호	5	34	1123	1795	7	1991	503	470	66	42
측정값	3780	3985	4040	3175	3860	3500	4210	3680	3735	4010

표 3.11b 평압 시험에 의한 강도(길이 4.0m)

시편번호	1818	1835	1995	1756	1581	714	441	438	1042	1985
측정값	2240	1830	2395	2620	3405	2230	3480	2735	3455	2495
시편번호	1873	711	429	1645	1712	55	1986	824	1984	1386
측정값	2980	3045	2460	3190	2395	2915	3030	2475	2135	2630

4. 실험 결과분석

4.1 1차 시험(신품 시험)

표 4.1 1차 시험결과의 평균값, 표준편차, 변동계수

구분	길이	본수	평균값(kgf)	표준편차(kgf)	변동계수(%)
나이프에지 시험	3.5m	15	1519.3	66.2	4.4
		20	1512.8	74.2	4.9
		25	1509.6	88.8	5.9
		30	1508.0	82.7	5.5
	4.0m	15	996.0	67.3	6.8
		20	1003.0	62.4	6.2
		25	1007.2	57.7	5.7
		30	1015.3	58.7	5.8
평압시험	3.5m	15	4379.3	286.9	6.6
		20	4379.3	310.3	7.1
		25	4375.8	280.3	6.4
		30	4348.5	286.4	6.6
	4.0m	15	2737.3	275.1	10.1
		20	2733.0	245.9	9.0
		25	2735.6	255.7	9.3
		30	2784.8	276.4	9.9

4.2 2차 시험(재사용품의 재령 91일 시험)

표 4.2 2차 시험결과의 평균값, 표준편차, 변동계수

구분	길이	본수	평균값(kgf)	표준편차(kgf)	변동계수(%)
나이프에지 시험	4.0m	10	1,017	53.7	5.3
		15	1,038	54.8	5.3
		20	1,014	76.4	7.5
평압시험	4.0m	10	2,723	429.1	15.8
		15	2,748	366.5	13.3
		20	2,836	466.7	16.5

4.3 3차 시험(재사용품의 재령 183일 시험)

표 4.3 3차 시험결과의 평균값, 표준편차, 변동계수

구분		길이	본수	평균값(kgf)	표준편차(kgf)	변동계수(%)
보관용	나이프에지	4.0m	5	1077	53.7	5.0
			10	1052.5	60.7	5.8
			15	1039	53.4	5.1
			20	1033	49.0	4.7
	평압	4.0m	5	2711	450.6	16.6
			10	2773	458.6	16.5
			15	2850	479.5	16.8
			20	2790.3	483.9	17.3
재사용품	나이프에지	3.5m	5	1515	62.5	4.1
			10	1518	55.4	3.6
			15	1527	59.2	3.9
			20	1518.3	71.3	4.7
		4.0m	5	1041	82.7	7.9
			10	1023	66.3	6.5
			15	1009.7	57.6	5.7
			20	992.5	81.4	8.2
	평압	3.5m	5	3629	645.3	17.8
			10	3793	609.8	16.1
			15	3784.7	523.0	13.8
			20	3795.3	467.6	12.3
		4.0m	5	2498	583.3	23.4
			10	2688.6	577.9	21.5
			15	2730.3	505.8	18.5
			20	2707	465.9	17.2

4.4 내력 변화

표 4.4 재령별 내력 평균값

구분		재령별 내력		0일 내력(kgf)	91일 내력(kgf)	183일 내력(kgf)
			길이			
보관용	나이프에지	길이 4.0m	1015.3	-	1033.0	
	평압	길이 4.0m	2784.8	-	2884.8	
재사용품	나이프에지	길이 3.5m	1508.0	-	1518.3	
		길이 4.0m	1015.3	1014.0	1006.6	
	평압	길이 3.5m	4348.5	-	3868.5	
		길이 4.0m	2784.8	2836.0	2655.7	

5. 결론

- (1) 신품의 길이 3.5m 나이프에지시험 결과는 KS F 8001의 최소값 1,255.5kgf보다 모두 크며, 평균값도 1,508.0kgf로 KS F 8001의 1,381.1kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하며, 신품의 길이 4.0m 나이프에지 시험 결과도 KS F 8001의 최소값 890.9kgf보다 모두 크며, 평균값도 1,015.3kgf로 KS F 8001의 980kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하는 것을 알 수 있었다.
- (2) 신품의 길이 3.5m 평압시험 결과는 KS F 8001의 최소값 3,600kgf보다 모두 크며, 평균값도 4,348.5kgf로 KS F 8001의 4,000kgf보다 큰 결과로 강도규정을 만족하며, 4.0m 평압시험 평균값은 2,784.0kgf임을 알 수 있었다.
- (3) 재사용품의 재령 91일 길이 4.0m의 파이프서포트에 대한 나이프에지시험에서 내력은 1014kgf로 신품의 내력 1015.3kgf과 거의 같은 결과를 보였으나 20개중 1개의 값이 820kgf로 KS F 8001의 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못했다. 4.0m 평압시험결과 평균값은 2,836kgf임을 알 수 있었다.
- (4) 재사용품의 재령 183일 길이 4.0m의 파이프서포트에 대한 나이프에지시험에서 내력은 1006kgf로 신품의 내력 1015.3kgf과 거의 같은 결과를 보였으나 20개중 1개의 값이 725kgf로 KS F 8001의 890.9kgf보다 작아 규정을 만족시키지 못했다. 3.5m 평압시험결과 평균값은 3,868kgf로 4,000kgf보다 작고 20개중 5개가 3,600kgf보다 작아 규정을 만족하지 못했음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 노민래, 백신원, “사용 이력에 따른 파이프서포트의 내력에 관한 연구”, 한국산업안전학회 2004 춘계학술발표회, 2004.
- [2] 노민래, “재사용 파이프서포트의 내력변화 연구”, 산업안전보건연구원, 2003.
- [3] 한국산업안전공단, 중대재해조사자료, 1998~2003.