

교량 스틸박스거더 도장공사의 유기용제 측정 실험

이정우* · 손기상†

*현대건설환경안전관리부 · 서울산업대학교 안전공학과
(2005. 4. 19. 접수 / 2005. 8. 18. 채택)

Measurement of Organic Solvent from Painting Work Inside the Steel Box Girder of Bridge

Jung Woo LEE* · Ki Sang Son†

*Safety & environment, Hyundai Construction Company
Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology
(Received April 19, 2005 / Accepted August 18, 2005)

Abstract : This study is to find out how organic solvent will be propagated from painting inside the steel box girder of bridge. 2.9m×3.0m of inside size of steel box girder is not suitable for painters to do his work comfortably and hygienically.

Substance density(ppm)inside the space of the box unsatisfactory hygienical condition.

Most of organic solvent(mainly toluene) came down to 0.5m in two minutes and 53sec. But personal protection for painter should be properly kept against flying this heavy organic solvent. longitudinally 27.1m in length is a cell unit of the whole length of bridge. Model XP-316A made in Japan is a main instrumentation adjusted to sense organic solvent especially toluene which can be measured up to 10,000ppm.

Scenario analysis by computer program, safer release 2.0 has been performed first to estimate how the organic solvent will be propagated. And then actual test was done as a model. This has been measured for approximately five(5) minutes, with 30 sec interval.

Actual measurement results showed much higher 10~20% than result analyzed by the computer program, meaning that this painting work can give worse effect to the worker who is painting inside the box girder of the bridge. The first measurement level over the floor set up at 30cm height from the floor, because organic solvent was estimated to stay at the level. and then, they were measured at 1.0m, 1.5m level respectively, more.

Key Words : organic solvent, painting work, steel box girder

1. 서 론

제조업을 위한 공장이나 밀폐장소의 공간내에서 작업자들에 대한 유해 물질로 부터의 폭로 방지를 위한 MSDS처리들이 체계적으로 되어 왔지만, 건설현장에서는 아직도 미비한 경우가 많다고 볼 수 있다¹⁾.

직업적으로 여러 가지 혼합유기 용제에 노출되고 있는 도장 작업자를 대상으로 MSDS 활용과 화학물질 인지의 수준을 파악하고 이들 변수와 이와 관련된 인지 특성 및 작업관련 특성 간의 연관성이 검토되었다²⁾.

도장 작업시에 발생하는 유해물질의 발생량 특히 제조업을 대상으로 업종별, 도장 형태별로 구분하여 각 유해물질들의 공기 중 발생을 파악하여 작업여건을 평가하고 이를 근거로 도장작업이 이루어지는 단위 작업장에 대한 유해 물질들을 보다 체계적으로 관리하기 위한 기초자료를 제시하고 있다³⁾.

또한 유해인자 노출 수준 등이 근로자의 작업환경 만족도에 영향을 미치는 정도를 밝히는 것으로 유해인자의 노출수준과 근로자의 작업환경 만족도 사이의 상관성을 규명하고 있다⁴⁾.

본 연구에서는 확산경로를 측정하고자 하기 때문에 기존 연구와는 추진 방향이 다르다 하겠다.

† To whom correspondence should be addressed.
ksson@snut.ac.kr

그러나 건설현장에서 빈번하게 이루어지고 있고 또한 최근 도로의 건설이 증가하면서 도로 중 터널과 교량이 차지하는 비중 또한 증가하는 추세에 따라 강교 box로 이루어진 교량의 설치 후 현장에서의 부분 도색 작업이 시행되고 있는 것은 매우 중요한 부분을 차지하고 있음을 간과해서는 안된다.

이에 강교 도장작업의 현재 작업상태와 안전보건 문제점을 도출하여 현실적으로 접근 가능한 대책을 제시하여 작업안전 수준을 일정 수준까지 유지할 수 있도록 한다. 또한 강교 내부에서의 일부 도장작업 근로자에 대한 유기용제 폭로 실태와 안전한 작업조건 등 최적의 작업환경을 만드는데 필요한 요소 등을 제시하는데 주요 목적이 있다 하겠다¹⁻¹⁰⁾.

본 연구에서는 현재 공사중인 교량공사장의 스틸박스거더(STEEL BOX GIRDER) 2.9m × 3.0m 공간내에서 도장 작업시의 농도 확산에 대한 형태와 작업자 영향을 제시하고자 하며 작업 전 사전 확산 모델을 예측하여 제시함으로써 스틸박스거더(STEEL BOX GIRDER) 도장작업을 시행하는 기준의 기초를 제시하는데 있다.

연구결과는 효율적인 작업방법을 찾아 보다 안전하고 능률적인 작업이 이루어 질수 있도록 개선하는 계획을 세우는데 이용될 수 있다.

실험에 있어 가장 중요한 농도확산을 측정하여 폭발 상한계, 하한계를 측정하고 MSDS의 기준에 맞게 혼합유기용제의 특성을 살펴 실험에 안전과 최적의 실험이 되도록 하고자 하였다.

스틸박스거더 크기가 2.9m × 3.0m이므로 바닥에서 30cm레벨, 1.0m 레벨(level), 1.5m 레벨(level) 3가지 높이에서 페인트 작업개시 후 시간대별로 측정하여 확산 및 잔류 ppm을 측정하고 컴퓨터 해석 프로그램 세이퍼 릴리스(safer release) 3.2에 의해 해석하여 비교하는 것으로 하였다^{7,8)}.

2. 실험계획

2.1. 실험 시나리오 해석

본 실험에 앞서 사전에 실험시의 상황을 예측하기 위해 다음 순서와 같이 각 실험 실습 시나리오를 작성한다. 현장의 스틸박스거더의 27.1m구간을 하나의 셀(cell)로 보았다.

사용측정장비는 광이온화 검출기(XP 316) 조준형으로 휴대가 용이하고 펌프내장으로 샘플(sample) 흡입하고 3개 mode를 이용하여 기기 작동을 하며 외부나 현장으로 교환가능한 NMH충전용 배터리를 사용할 수 있으며 15000점 데이터 기로(point date logging)이 가능하며 PC로 데이터 다운로드(data down load)를 할 수 있으며, 농도를 ppm이나 mg/m³로 표시하고 있다.

측정기기는 XP-316A로 측정 범위(range)가 로우(low) 하이(high)로 분리되어 저농도에서 고농도까지 사용 가능하며 유기용제 특히 톨루엔을 특성화 하여 주문 구매된 장비로 하였다.

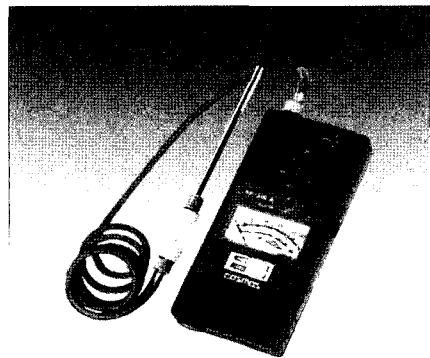


Fig. 2. XP-316A instrumentation.

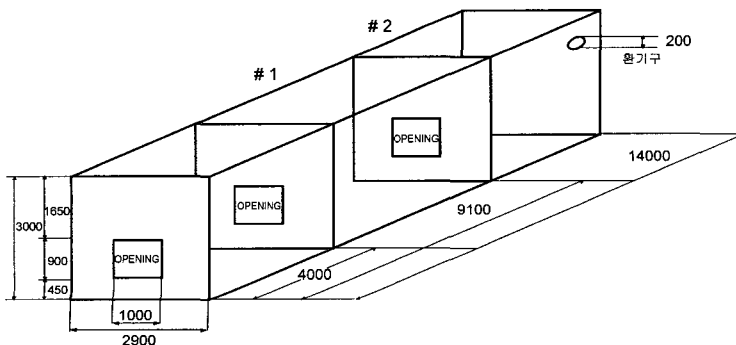
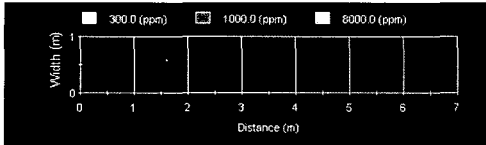


Fig. 1. Steelbox girder.

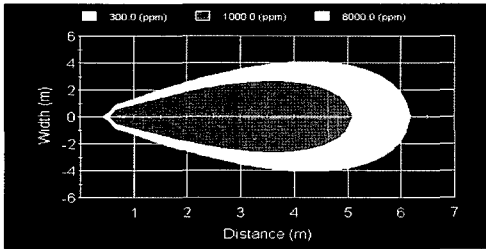
희석제 비중은 0.8이고 희석제에 포함된 XL의 양은 31~40%이며, 경화제에는 1~10% 포함되어 있으므로, 도장페인트 중 총 XL양은 835.2gm이다.

측정 시작 전 사전 예측을 위한 시나리오 해석은 다음과 같다.

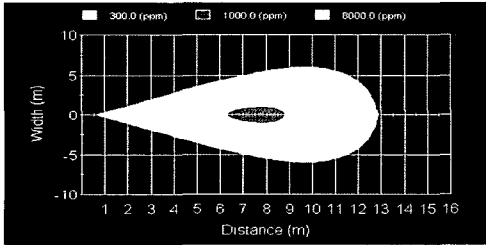
43초 후 높이 1.5미터



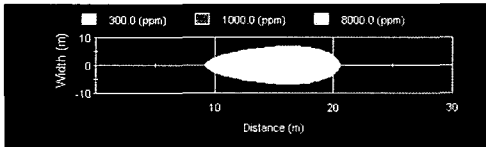
높이 0.3미터



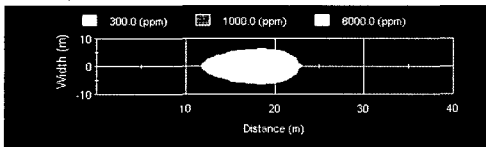
2분 10초 후 (높이 0.3미터)



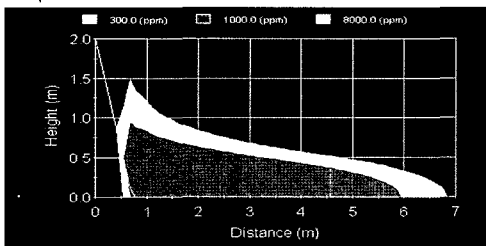
4분 20초 후 (높이 0.3미터)



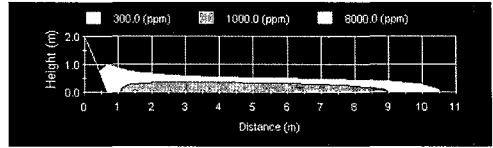
5분 3초 후



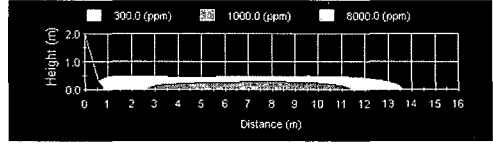
43초 후



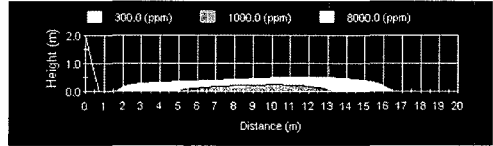
1분 26초 후



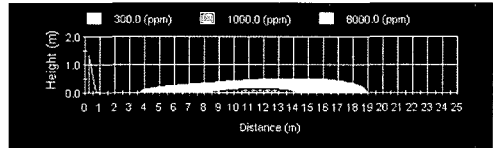
2분 10초 후



2분 53초 후



3분 37초 후



5분 47초 후

Fig. 3. Propagation diagram(ppm).

실험에 앞서 사용된 페인트 EH6270에 대해서 다음과 같이 가정하여 실험을 실시하는 것으로 하였다. 페인트 중 휘발성분의 함량은 60wt%이며, 희석제는 최대 30%까지 포함할 수 있다. 따라서 도포된 양의 약 72wt%가 휘발성분이라고 가정하였다.

휘발성분은 대체로 크실렌과 톨루엔으로 구성되나, 본 평가에서는 톨루엔으로 가정하였다.

페인트의 비중은 약 0.8~1.2로 특정 상품의 경우 0.97로 나타났으며, 톨루엔의 비중 0.87을 감안하여 희석제가 섞인 최종제품의 비중을 0.9로 가정하였다.

도포작업은 하도, 중도, 상도 작업으로 나뉘는데, 희석제의 비율이 가장 높은 것이 하도 작업이므로, 하도 작업을 대상으로 분석하였다. 하도 작업 시 도포두께는 약 50 μ m로 가정하였다.

따라서 “도포면적 × 도포두께(50 μ m) × 비중(0.9) × 휘발성분 질량분율(0.72)”를 적용하여 톨루엔의 총 누출량으로 산정하였다.

상기 비중, 도포두께, 휘발성분의 분율 등은 국내 페인트 제조회사에서 생산하는 특정제품을 예로 한 것이다.

2.2. 모델 테스트

농도측정 및 작업 여건 등을 사전에 파악하여 실험에 착수 하기전에 전반적인 실험 조건을 사전 점검 하였다.

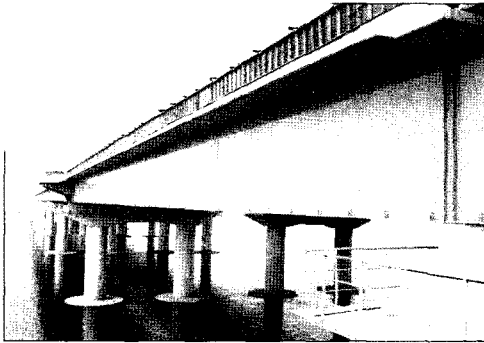


Fig. 4. Sideview of the steelbox bridge.

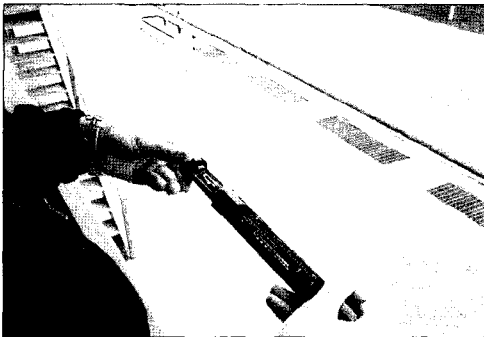


Fig. 5. Temperature measurement.

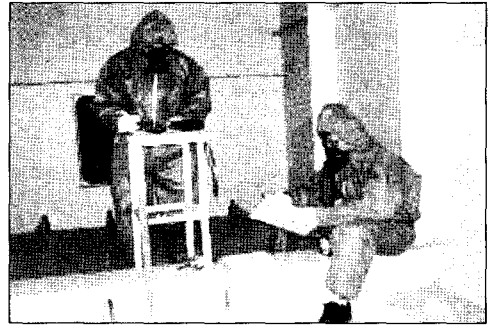


Fig. 7. Measurement of each height.

- 1) 현장내 작업 진행 정도
- 2) 실험장소 접근성 (가설 사다리 및 진입로)
- 3) 실험 당일 날씨 및 온, 습도
- 4) 필요시 풍향 및 풍속 등

3. 실험결과

도포가 진행 중인 영역은 외부에 노출된 곳이 아니므로, 태양의 복사열과 바람의 영향은 거의 무시하였다. 실내 온도는 25℃를 기준으로 하였다.

Fig. 9에서 6시간정도에 수평거리 4.5m까지 도장 공사시 발생된 물질이 확산되었다. 그림 (b)에서 농도는 시간에 따라 희석되는데 작업개시 6시간 후에는 180ppm까지 농도가 낮아졌다. Fig. 10(c)에서 작업지점에서 수평거리 2.5m에서의 시간별 농도변화는 3시간 50분정도에서 410ppm으로 최고점을 이루고 6시간 후에는 110ppm으로 낮아졌다. Fig. 10(d)에서 풋 프린트(foot print)에서는 같은 2.5m에서의 시간별 농도변화는 최고 농도에 이르는 시간은 3시간 50분으로 같지만 그 이후 농도가 계속 낮아지는 것

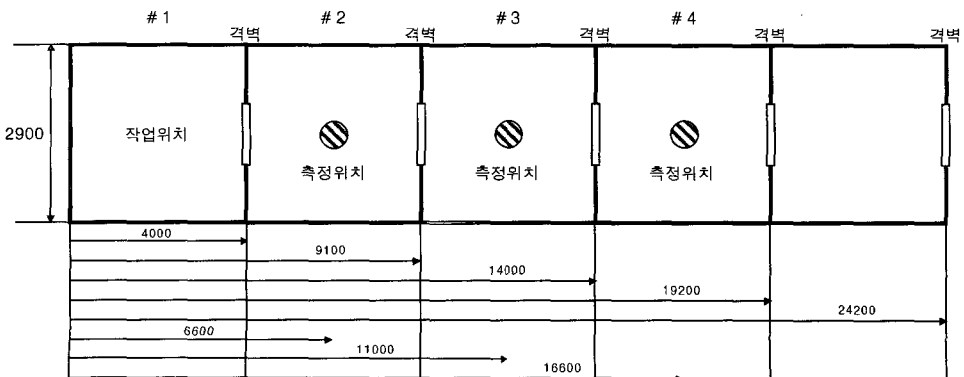


Fig. 6. Measurement configuration.

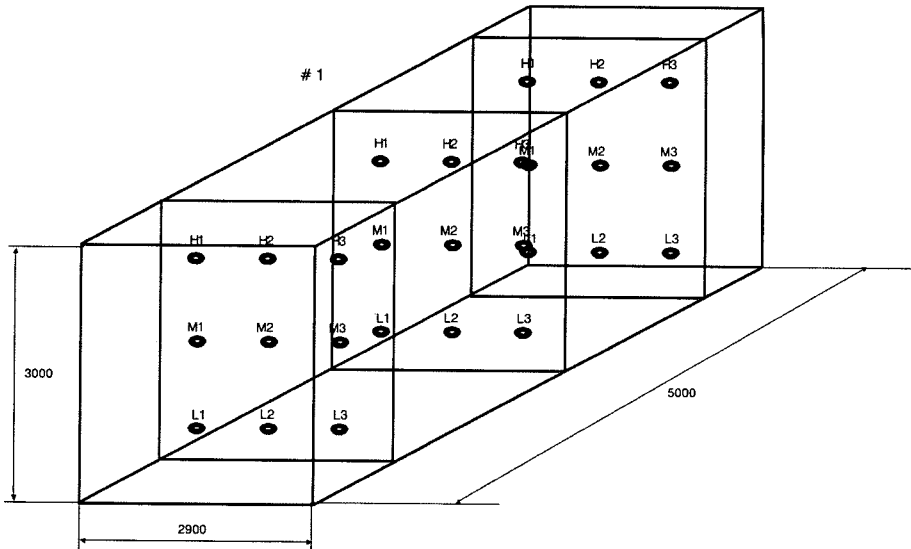
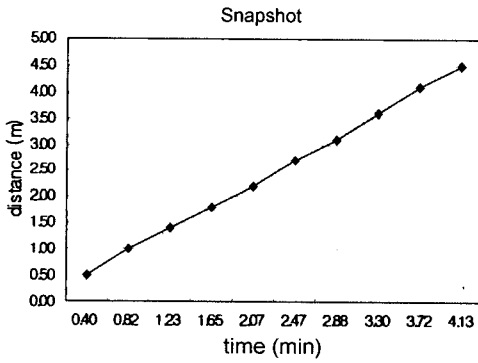
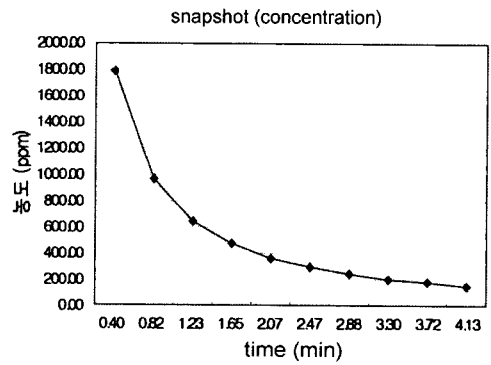


Fig. 8. Measurement points in steelbox girder.

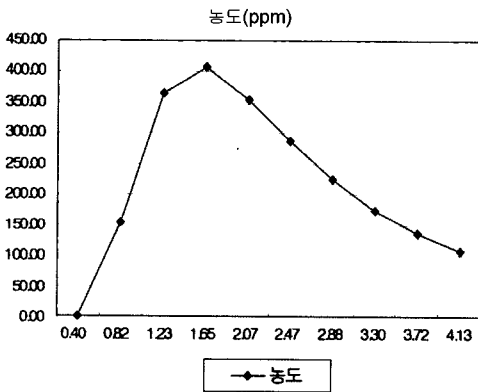
시간별 최고농도를 나타낸 거리



시간별 최고농도



시간별 농도변화(2.5m거리): Snapshot



시간별 농도변화(2.5m거리): Footprint

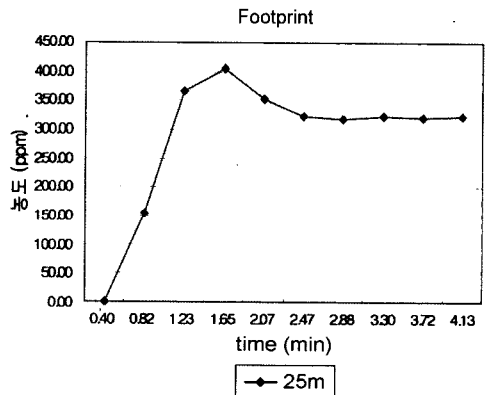


Fig. 9. Density(ppm) change varying with time and distance 1st test.

이 아니라 4시간부터는 320ppm으로 일정하게 잔류 되어 있음을 보였다.

교량 스틸박스거더 도장공사의 유기용제 측정 실험

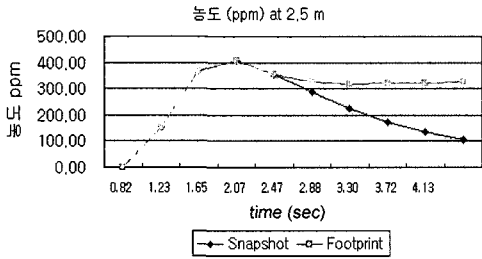
Table 1. Measurement result at each point of each time

구분	1 회		2 회		3 회		4 회		5 회		6 회	
일시	2005/03/27 11:00~12:00		2005/03/27 15:30~16:30		2005/04/05 09:48~10:48		2005/04/05 11:17~12:17		2005/04/05 13:34~14:34		2005/04/05 16:33~17:33	
기온/습도	12.5 ℃ /		15.0 ℃ /		14.0 ℃ / 35%		15.0 ℃ / 35%		19.0 ℃ / 43%		19.0 ℃ / 43%	
기기번호	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
경과시간	#2, 30cm	#4, 30cm	#2, 30cm	#3, 30cm	#2, 30cm	#3, 30cm	#2, 100cm	#2, 30cm	#1, 30cm	#2, 100cm	#2, 100cm	#2, 30cm
0'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30'	25	-	-	-	25	-	10	7.7	1,000	0.3	-	-
1'00'	50	-	-	-	50	-	-	5.9	1,600	3.6	-	0.3
1'30'	25	-	25	-	100	-	-	0.9	1,900	7.8	-	27.4
2'00'	100	-	25	-	125	-	25	24.6	2,200	15.5	50	241.0
2'30'	350	-	50	-	200	-	25	36.4	2,400	19.3	400	324.0
3'00'	650	-	150	-	250	-	50	139.0	2,500	23.7	1,250	199.0
3'30'	750	-	300	-	800	18.7	500	297.0	2,750	122.0	750	335.0
4'00'	900	-	600	-	500	252.0	300	333.0	3,000	183.0	1,000	295.0
4'30'	1,000	-	900	-	800	280.0	450	312.0	3,200	91.0	1,050	409.0
5'00'	1,200	-	1,000	-	900	247.0	1,250	346.0	3,200	82.8	1,500	462.0
5'30'	1,500	-	1,200	-	2,250	155.0	1,200	356.0	3,200	81.0	1,500	405.0
6'00'	1,500	-	1,450	-	2,400	129.0	1,100	209.0	3,200	159.0	1,550	404.0
6'30'	1,670	-	1,550	1.6	2,450	39.2	900	318.0	3,300	148.0	2,000	430.0
7'00'	1,750	-	1,900	0.6	2,900	56.2	900	411.0	3,200	151.0	2,000	348.0
7'30'	1,750	-	1,750	8.3	1,750	61.5	900	368.0	3,100	157.0	1,500	282.0
8'00'	1,500	-	1,750	12.5	1,900	62.4	800	344.0	2,700	177.0	1,450	308.0
8'30'	1,900	-	1,800	12.0	1,250	61.4	750	351.0	2,700	147.0	1,550	255.0
9'00'	1,900	-	1,500	82.8	1,000	42.6	900	402.0	2,700	163.0	1,400	301.0
9'30'	1,750	-	1,750	86.8	1,400	33.5	900	332.0	2,500	227.0	1,500	314.0
10'00'	1,900	-	1,750	34.1	1,450	59.6	780	206.0	2,400	185.0	1,500	254.0
10'30'	1,750	-	1,500	58.7	1,250	77.2	900	178.0	1,900	162.0	1,600	320.0
11'00'	1,900	-	1,950	67.1	900	85.1	900	94.9	1,750	162.0	1,600	295.0
11'30'	1,800	-	1,800	108.0	1,200	90.9	700	107.0	2,000	156.0	1,600	275.0
12'00'	2,000	-	1,800	102.0	1,100	92.6	350	211.0	1,750	164.0	1,550	270.0
12'30'	1,800	-	1,750	115.0	1,100	65.0	275	251.0	1,500	150.0	1,600	272.0
13'00'	1,800	-	1,400	91.9	1,100	68.6	300	244.0	2,000	154.0	1,600	271.0
13'30'	1,750	-	1,250	51.0	1,000	80.7	550	164.0	1,500	174.0	1,550	287.0
14'00'	1,750	-	1,400	93.1	1,250	86.9	700	290.0	1,500	164.0	1,550	285.0
14'30'	1,750	-	1,450	118.0	1,250	128.0	750	259.0	1,500	161.0	1,550	262.0
15'00'	1,750	-	1,400	101.0	1,100	65.8	700	276.0	1,300	151.0	1,500	261.0
15'30'	1,900	-	1,600	108.0	1,250	77.9	750	130.0	1,300	147.0	1,500	247.0
16'00'	1,600	-	1,450	91.9	1,100	65.0	750	105.0	1,400	125.0	1,250	241.0
16'30'	1,500	-	1,250	103.0	1,000	84.8	700	91.6	1,800	96.4	1,250	223.0
17'00'	1,500	-	1,200	121.0	1,000	74.1	400	71.4	1,300	98.9	1,300	203.0
17'30'	1,500	-	1,200	116.0	800	72.3	280	66.0	1,600	97.0	1,200	220.0
18'00'	1,500	-	1,100	115.0	800	82.7	225	45.4	1,600	187.0	1,100	222.0
18'30'	1,450	-	880	104.0	1,050	96.2	325	33.1	1,500	129.8	1,200	201.0
19'00'	1,450	-	1,000	90.9	1,050	99.8	200	33.0	1,250	123.0	1,200	194.0
19'30'	1,300	-	950	98.5	1,000	110.0	150	36.2	1,250	122.0	1,100	197.0
20'00'	1,500	980	92.8	600	85.0	150	150	33.4	1,400	123.0	1,100	195.0
20'30'	1,300	-	1,200	99.0	750	68.5	150	32.2	1,250	122.0	1,200	191.0
21'00'	1,400	-	1,200	124.0	750	122.0	150	75.7	1,300	108.0	1,000	190.0
21'30'	1,400	-	1,250	113.0	800	106.0	140	100.0	1,200	101.0	900	126.0
22'00'	1,400	-	1,050	106.0	800	115.0	140	75.4	1,000	132.0	850	175.0
22'30'	1,400	-	980	121.0	800	103.0	250	71.6	1,000	108.0	750	171.0
23'00'	1,100	-	1,050	111.0	850	103.0	200	64.6	1,000	128.0	850	194.0
23'30'	1,300	0.6	900	113.0	750	126.0	220	61.4	900	107.0	850	149.0
24'00'	1,300	0.2	900	105.0	740	115.0	230	27.3	900	107.0	900	187.0
24'30'	1,900	0.3	800	113.0	740	108.0	175	20.1	1,000	99.8	1,000	162.0
25'00'	1,900	0.1	750	117.0	740	114.0	130	19.7	1,300	97.5	1,000	172.0
25'30'	900	0.1	760	113.0	600	110.0	110	146.0	900	85.2	1,000	180.0
26'00'	800	0.1	750	116.0	500	110.0	90	81.6	1,000	97.5	1,000	181.0
26'30'	900	0.1	700	110.0	600	111.0	80	70.7	1,200	96.7	1,050	180.0
27'00'	1,000	0.1	700	109.0	550	109.0	300	109.0	1,400	97.1	1,000	179.0
27'30'	800	0.1	900	112.0	420	110.0	250	115.0	1,000	98.2	950	150.0
28'00'	800	-	800	112.0	500	106.0	275	66.5	900	98.1	900	145.0
28'30'	800	-	800	111.0	600	93.2	300	73.8	900	100.0	850	154.0
29'00'	700	-	800	110.0	550	95.8	350	54.3	900	111.0	800	186.0
29'30'	700	-	800	109.0	550	89.3	550	50.9	1,100	97.5	980	155.0
30'00'	700	-	740	110.0	550	82.8	325	27.7	1,000	91.2	900	156.0
30'30'	900	-	730	108.0	510	95.8	250	24.8	1,000	92.2	900	158.0
31'00'	950	-	700	108.0	600	95.3	190	27.3	1,000	82.2	850	155.0
31'30'	1,000	-	700	106.0	700	90.7	175	29.5	1,200	92.5	900	155.0
32'00'	750	-	700	106.0	725	92.4	150	30.1	1,100	93.0	780	132.0
32'30'	800	-	650	106.0	700	86.3	150	81.2	1,000	84.3	800	146.0
33'00'	750	-	800	103.0	650	78.5	140	93.2	900	86.2	760	143.0
33'30'	750	-	900	103.0	650	79.8	160	25.6	1,000	90.4	750	139.0
34'00'	900	-	650	102.0	600	82.5	120	53.8	900	89.4	750	119.0
34'30'	1,000	0.4	700	100.0	500	81.3	190	116.0	900	88.7	745	106.0
35'00'	900	0.2	600	102.0	600	79.7	225	91.2	950	87.6	740	103.0
35'30'	900	-	475	103.0	550	74.4	120	80.6	900	85.9	700	109.0
36'00'	900	-	470	100.0	500	77.8	250	50.4	900	83.1	700	110.0
36'30'	900	0.3	475	100.0	600	110.0	240	66.1	900	85.2	600	100.0
37'00'	900	0.1	480	101.0	480	71.6	240	30.6	800	83.3	520	81.3
37'30'	1,000	0.2	465	98.2	700	77.5	175	85.2	800	78.2	455	144.0
38'00'	1,000	0.3	475	95.8	650	81.7	150	57.7	800	79.1	700	64.7
38'30'	900	0.1	550	97.7	600	82.6	140	35.3	850	77.1	600	100.0
39'00'	1,000	0.1	500	93.2	550	89.5	150	81.6	900	76.3	500	107.0
39'30'	800	0.5	440	95.0	480	76.1	180	72.6	900	71.6	550	107.0
40'00'	800	0.4	430	92.5	440	72.5	140	39.6	900	76.4	600	101.0
40'30'	740	0.1	425	91.2	450	68.0	250	44.1	1,100	85.5	500	80.5
41'00'	750	0.3	440	92.2	475	79.8	200	45.5	1,000	81.5	460	80.8
41'30'	750	0.6	700	87.7	460	61.9	150	75.4	900	82.7	400	79.7
42'00'	750	0.9	600	86.0	470	76.2	170	34.5	800	87.6	380	81.2
42'30'	700	1.1	600	84.3	470	72.3	180	25.3	800	75.6	425	89.1
43'00'	700	0.3	475	80.7	475	69.0	300	36.9	900	73.0	435	105.0
43'30'	600	0.2	450	83.3	460	74.1	150	25.3	900	77.3	470	91.7
44'00'	700	0.1	430	85.9	450	72.3	100	21.3	900	66.7	510	99.7
44'30'	600	0.2	425	85.2	460	67.6	110	21.6	900	94.5	475	97.1
45'00'	600	0.2	400	85.4	450	61.8	120	55.6	900	78.5	475	100.0
45'30'	550	0.1	375	83.0	475	64.2	100	36.8	800	78.4	430	96.3
46'00'	600	0.1	375	81.3	440	68.4	75	27.6	750	78.5	490	97.3
46'30'	620	0.1	410	81.3	425	60.2	150	26.4	750	77.9	450	96.5
47'00'	470	0.1	390	77.8	450	61.4	190	72.9	750	72.4	450	89.5
47'30'	425	-	390	79.4	480	55.1	75	57.6	800	72.4	430	77.5

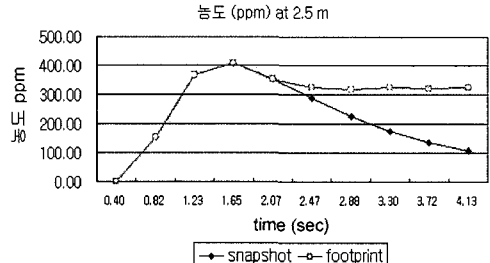
Table 2. Density(ppm) measured at each time each horizontal distance

snap						
시간		시간		거리(m)	농도(ppm)	2.5m 농도(ppm)
분	초	초	분			
	24	24	0.40	0.50	1787.40	0.70
	49	49	0.82	1.00	967.10	153.80
1	14	74	1.23	1.40	640.50	366.30
1	39	99	1.65	1.80	466.90	407.20
2	4	124	2.07	2.20	361.00	353.70
2	28	148	2.47	2.70	290.20	287.30
2	53	173	2.88	3.10	239.60	225.80
3	18	198	3.30	3.60	201.90	173.60
3	43	223	3.72	4.10	173.50	135.90
4	8	248	4.13	4.50	151.60	106.10

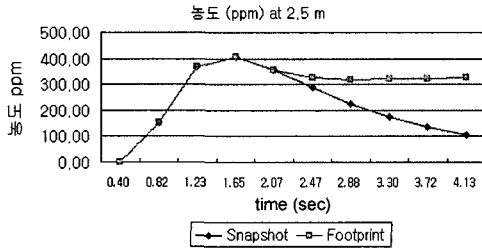
Footprints							
시간		시간		농도(ppm)			
분	초	초	분	0.0m	1.0m	2.0m	2.5m
	24	24	0.40	999987.30	817.10	0.40	0.0003
	49	49	0.82	999987.30	968.30	415.50	153.80
1	14	74	1.23	999987.30	952.40	543.10	366.30
1	39	99	1.65	999987.30	975.30	459.90	407.20
2	4	124	2.07	999987.30	954.80	428.20	353.70
2	28	148	2.47	999987.30	903.30	416.70	324.20
2	53	173	2.88	999987.30	962.60	421.90	318.50
3	18	198	3.30	999987.30	965.50	418.70	322.70
3	43	223	3.72	999987.30	885.50	426.10	320.10
4	8	248	4.13	999987.30	916.30	414.70	324.00



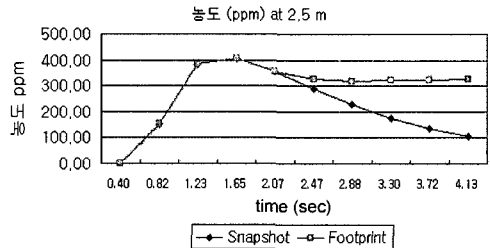
(a) Scenario A: 12.5 C, 35%



(b) Scenario B: 14.0 C, 35%



(c) Scenario C/E: 15.0 C, 35%



(d) Scenario D/F: 19.0 C, 43%

Fig. 10. Time-dependant density change.

두 번째 테스트에서는 바닥에서 30cm 레벨과 100cm 레벨에서 측정된 결과를 세이퍼(safer)에서 해석하였다. 1단계실험에서의 결과에 기초한 것으로 2분 이후는 대부분 바닥에서 100cm 레벨 이하로 가라앉는 현상이 있기 때문에 잔류되는 위치에서 시간 대별 측정을 하고자 하였다.

각각의 시간별 농도변화는 다음 Fig. 10과 같으며, 온도에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

이는 실험에서 나타난 바와 유사하며, 실험에서도 온도에 따른 측정농도 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 실험결과와는 Fig. 11과 같다.

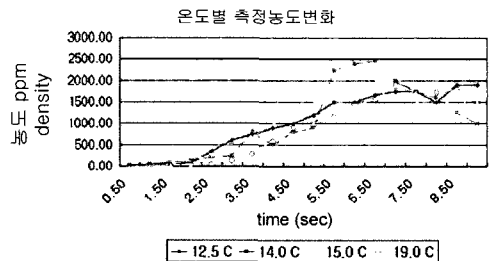
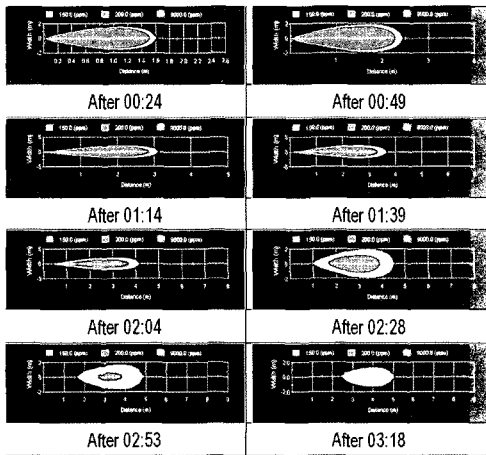
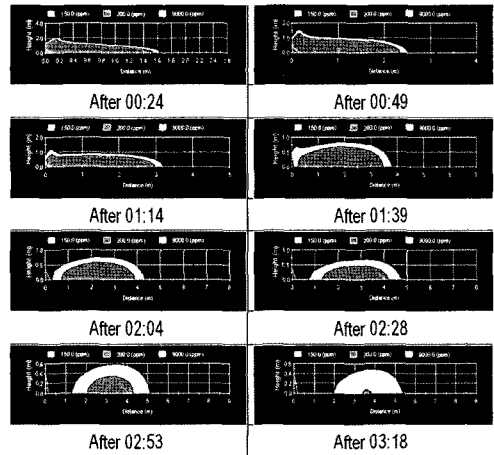


Fig. 11. Density change by temperature.

프로그램의 분석에 따르면, 온도의 차이가 크지 않으므로, 온도에 따른 확산양상은 거의 유사하게



Scenario A Snapshot: Width vs. Distance



Scenario A Snapshot: Height vs. Distance

Fig. 12. Dispersion width and height of each time each dispersion distance of scenario A.

나타났다. 따라서, Fig. 12에 시나리오(Scenario) A (12.5 C, 35%)의 확산 그래프를 제시하였으며, 나머지 Scenario에 대해서도 유사한 형태를 나타낸다.

4. 결과 및 고찰

스프레이로 페인트 도장작업 공사시에는 여기에 혼합된 페놀등 추가물질이 섞여서 액적(msit) 형태로 뿌려지므로 일종의 조그만 알갱이가 뿌려지는 것으로 바닥레벨에 더 빨리 더 많은 양이 잔류하게 될 수밖에 없다.

앞에서 살펴본 화와 같이 컴퓨터 해석 프로그램 세이퍼 버전(safer version)을 이용한 해석에 의하면 프로그램 해석값 보다 훨씬 높은 값으로 측정되었다. 프로그램 해석값 보다 낮게 나타나는 것이 일반적이기 때문이다.

이것은 작업자들에게 다른 작업에 의한 유기용제 작업보다 도장공사에서 더 큰 작업자 폭로가 이루어 질수 있어 더 큰 인체 피해를 입을 가능성을 제시해 주고 있는 것이다.

#2영역의 맞은 편 벽면에 도달하는 톨루엔의 증기는 누출지점에서 약 0.5미터 떨어진 곳에서만 높이 1.5미터까지 영향을 미치며, 거리가 멀어질수록 영향 높이는 0.5미터 미만인 것으로 나타났다. 따라서, 총 9개의 관측지점 중에서 측정이 가능한 곳은 0.5미터 미만의 높이에 위치한 지점이다.

0.3미터 높이에서의 영향을 분석한 결과에 따르면 영향거리가 12.5미터를 넘어설 경우, 농도의 영

향은 좌우가 거의 동일하게 나타난다.

1분 26초 후 누출지점에서 2.0m까지는 높이 1.5m까지 영향이 크게 확산농도를 갖는다.

2분 10초에서는 높이 1.0m이하로 확산이 현격히 낮아지고 누출지점에서 10.5m까지 확산되었다.

측정높이에 따른 농도 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 시나리오 D와 F는 거의 동일한 결과를 나타냈으며 시나리오(scenario) C와 E도 동일한 결과를 나타내었다. 총 3회에 걸친 실험결과, 온도에 따른 농도 분포특성은 크지 않은 것으로 나타났다.

세이퍼(SAFER) 분석결과와 비교해보면, 실제 측정된 농도가 더 크고, 더 오랜 시간동안 영향을 나타내는 것으로 나타났는데, 이는 작업방식의 차이에서 비롯된 것으로 추정된다.

세이퍼(SAFER) 분석은 동일한 조건에서 액체 톨루엔(toluene)이 누출된 상태에서의 확산양상을 나타낸 것이나, 실제 작업은 스프레이 방식으로 이루어졌기 때문에 액체상태가 아닌 미스트형태의 톨루엔(toluene)이 확산되었다. 액적(mist)은 액체에 비해 표면적이 넓고, 가볍기 때문에 액체보다는 멀리 확산될 수 있으며, 확산되는 동안 계속해서 증발(휘발)하여 측정농도를 증가시킬 수 있기 때문이다.

5. 결론

결과 및 고찰에서 세이퍼버전을 통한 결과를 비

교, 분석하여 제시된 내용들을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 누출시간 1분 26초 후의 확산농도는 2분 10초 후 수평거리는 약 2배까지 확산되고 높이는 약 60% 까지 낮아서 서서 작업하는 안전성이 확보 될 수 있다.

2) 작업 후 약 6분에서 농도는 시작점에서 20m지점에 300ppm 이내로 집중되어 소멸된 상태가 될 수 있다.

3) 노출 후 300ppm 높이 1.5m가 2분 지나면 0.5m 이내로 낮아져 위험도가 크게 감소된다.

4) 도장공사는 액적으로 뿌려지므로 바닥레벨에 장시간 잔류하여 낮은 자세 작업시는 위험이 커지므로 정밀 방호장비를 장착해야 한다.

참고문헌

- 1) 한국산업안전공단, “물질안전보건자료”, MSDS, kosha.net, 2004.
- 2) 조재성, “도장 작업자의 MSDS 활용과 화학물질 인지에 관한 연구”, 연세대학교 보건 대학원, pp. 1~3, 2004.
- 3) 이세기, “도장작업시 유해인자들의 노출수준과 작업환경관리 실태”, 인제대학교 보건대학원, 석사 산업안전보건학, pp. 1~3, 2002.
- 4) 임남규, “도장근로자의 작업환경 만족도에 영향을 미치는 요인”, 연세대학교 보건대학원, 석사 산업보건학, pp. 1~2, 1998.
- 5) 구민호, “부분 개방공간에서의 폭발이 개구부 외부에 미치는 영향범위”, 서울산업대 산업대학원, 석사 안전공학, pp. 1~3, 2004.
- 6) 류호열, “자동차 도장공정에서 발생하는 유기용제에 의한 작업환경오염에 관한 연구”, 부산대 환경대학원, pp. 1~3, 1998.
- 7) 노호상, “일부 건설업 근로자의 건강장해 및 산업보건 관리방안에 관한 연구”, 고려대 대학원, pp. 1~3, 2001.
- 8) 이정린, “단시간 노출농도 측정을 통한 옵션 인쇄 작업장의 유기용제 노출 평가”, 고려대 대학원, pp. 1~3, 2001.
- 9) 변상훈, 오세민, 이창하, “공기중 유기용제 측정을 위한 활성탄 섬유 포집기와 3M 확산 포집기의 시료 포집 효율에 대한 연구”, 한국위생학회지, 제7권, 제1호, pp. 21~29, 1997.
- 10) 백남원, “공기중 유기용제 혼합물 측정방법 연구”, 한국위생학회지, 제1권, 1호, pp. 26~28, 1997.