

터널 특성과 화재 확산 - 단면적 및 형태의 영향 중심으로

김영섭¹⁾, 김정욱²⁾, 이창우¹⁾
¹⁾동아대학교, ²⁾(주)로알정보기술

1. 서론

국내 도로터널은 최근 설계의 다양화 경향을 뚜렷하게 보여 4차선 터널의 등장에 따른 광폭터널의 건설이 적극 추진되고 있으며 주로 환기방식의 결정에 좌우되는 터널 단면형태 역시 CROWN형, RECTANGULAR형 등으로 다양해지고 있다. 이와 같은 터널 형태의 다양화는 터널내 기류 유동에 직접적인 영향을 미치게 되어 화재발생시 화재 확산제어면에서 어려움을 가중 시키게 된다. 특히 최근 국내외에서 발생한 대형 지하공간내에서 화재 사고는 터널내 화재확산에 대한 높은 관심을 불러 일으키고 있다.

본 연구에서는 터널 설계의 다양화 측면에서 화재확산에 상대적으로 큰 영향을 미치게 되는 터널의 단면 형태 및 크기 (차선수)와 터널화재 확산과의 관계를 분석함을 목적으로 한다.

2. 화재 확산 시뮬레이션 분석

2.1 대상 터널

본 연구에서는 Table 1과 같이 차선수 2,3,4, 단면 형태 CROWN 및 RECTANGULAR형, 총 6가지의 터널 case를 분석 대상으로 하였다. 동일 차선수를 가진 터널의 경우는 단면 형태에 관계없이 같은 단면의 크기를 가진다.

Table 1. 시뮬레이션 대상 터널 종류

Tunnel No.	Shape of Cross-section	No. of Lanes	Cross-sectional Area (m ²)	Length (m)	Grade (%)
2-C	CROWN	2	73.2	1,800	0
2-R	RECTANGULAR				
3-C	CROWN	3	97.3	1,800	0
3-R	RECTANGULAR				
4-C	CROWN	4	154.0	1,800	0
4-R	RECTANGULAR				

2.2 시뮬레이션 분석 방법

2,3,4 차선, 단면 형태 CROWN 및 RECTANGULAR형의 총 6종류의 터널을 대상으로 화재 후 환기시설 (제트팬 4대)을 가동한 경우와 가동하지 않은 경우, 총 12 case를 CFD 분석 하였다. 화재 규모, 환기설비 종류, 용량 및 설치위치, 화재 시 터널 내 차량 점유 지역, 자연환기력 등은 동일하다고 가정하였다. 900m지점에서 발생한 20MW규모의 화재를 대상으로 한 CFD 분석은 전열방사량이 300초까지 선형으로 증가하는 경우를 가정하였으며 대상 변수는 온도, 화재연 농도 및 가시거리, 환기량 (체적 및 질량 기준 유량)이다.

2.3 시뮬레이션 분석 결과

화재 발생 후 시간 및 거리별 온도와 가시거리의 시뮬레이션 결과는 Table 2~7 및 Figure 1~4과 같다. 본 연구에서 온도는 단면상 평균온도(bulk temperature)를 사용하였다.

2.3.1 Case 1. 2차선-CROWN형 단면 터널

화재원(900m)에서의 온도는 전열 방사량이 최대가 되는 300초 까지 지속적으로 증가하고 있다. 그리고 제트팬을 가동하여 외부의 신선한 공기를 터널 내로 공급하여 환기한 경우에는 시간별로 온도의 상승폭이 약 20℃정도(30~50℃)이나 제트팬을 가동하지 않은 경우에는 약 50℃(30~80℃) 정도의 상승폭을 보여주고 있다. 화재 인접 지역인 1000m 지점에서의 가시거리는 시간이 경과 할수록 smoke의 발생량이 많아짐에 따라 짧아지고 있고, case 1의 경우에는 제트팬 가동에 따른 가시거리의 차이는 크게 발생하지 않는다. 또한 800m 지점에서의 가시거리가 제트팬 가동 여부와 상관없이 모두 ∞이므로 화재발생 지점에서 100m 후방 지점까지는 smoke의 역류가 발생하지 않음을 알 수 있다.

2.3.2 Case 2. 2차선-RECTANGULAR형 단면 터널

화재 지점인 900m 지점에서의 평균온도는 제트팬을 가동하지 않은 경우에는 300초 후 최대 260℃에 달하고, 제트팬을 가동 할 경우에는 300초 후 최대 50℃ 정도이다. 터널 입구에서 800m 지점에서 가시거리는 제트팬을 가동하지 않는 경우에는 가시거리가 100초에서 300초 사이에 7~10정도의 분포를 보이고 있다. 즉 100초 이후 부터는 화재 발생 지점에서 입구쪽으로 100m 지점까지 smoke의 역류가 발생하고 있음을 알 수 있다. 화재 발생 지점에서 출구쪽으로 100m 상류 지점인 1000m 지점에서의 가시거리는 제트팬을 가동하지 않을 경우 그렇지 않을 경우 보다 높은 가시도를 보이는데 이는 제트팬을 가동하여 화재시 발생하는 smoke의 이동방향을 모두 출구쪽으로 형성하였기 때문이다.

Table 2. 화재 발생 후 시간별 온도 및 가시거리 농도 분포
(2-C: 2차선, CROWN형 터널)

거리 (m)	시간 (sec)	50		100		150		300		400	
		on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
0	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	25.1	12.8	40.1
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
800	온도	12.8	12.8	12.8	23.8	12.8	36.6	12.8	74.1	12.8	97.2
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
900	온도	30.9	66.1	38.1	108.2	40.5	94.3	80.3	243.7	51.0	264.3
	가시거리	16.0	16.2	30.6	29.4	43.4	39.4	67.5	79.2	70.6	96.3
1000	온도	20.8	21.8	6.5	6.6	4.7	4.8	3.2	3.4	3.2	3.3
	가시거리	12.8	12.8	13.6	12.8	20.8	12.8	47.9	32.0	57.5	44.8
1200	온도	∞	∞	46.7	47.0	9.3	9.6	3.6	3.8	3.1	3.3
	가시거리	12.8	12.8	12.8	12.8	13.3	13.3	32.6	12.8	44.5	19.3
1400	온도	∞	∞	∞	∞	53.8	37.8	4.5	4.5	3.3	3.4
	가시거리	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	22.9	12.8	34.3	12.8
1600	온도	∞	∞	∞	∞	477.6	378.6	6.1	6.1	3.7	3.8
	가시거리	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	16.1	12.8	25.2	12.8
1800	온도	∞	∞	∞	∞	∞	∞	11.9	10.9	4.6	4.7
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Table 3. 화재 발생 후 시간별 온도 및 가시거리 농도 분포
(2-R: 2차선, RECTANGULAR형 단면 터널)

거리 (m)	시간 (sec)	50		100		150		300		400	
		on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
0	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	571.0
600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	24.8	12.8	36.9
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	6.5	∞	4.9
800	온도	12.8	12.8	12.8	21.9	12.8	34.6	12.8	71.1	12.8	91.1
	가시거리	∞	∞	∞	10.4	∞	8.0	∞	6.7	∞	8.5
900	온도	29.0	63.9	33.3	104.0	36.6	142.0	50.5	259.0	49.5	292.0
	가시거리	15.9	13.4	30.9	27.5	42.7	38.4	65.1	76.3	67.9	99.7
1000	온도	21.8	68.2	6.6	8.6	4.7	7.7	3.4	7.6	3.3	5.8
	가시거리	12.8	12.8	13.7	12.8	21.3	12.8	47.6	30.5	56.6	44.7
1200	온도	∞	∞	47.0	∞	9.5	∞	3.7	5.6	3.3	4.6
	가시거리	12.8	12.8	12.8	12.8	13.5	12.8	33.6	12.8	44.5	18.8
1400	온도	∞	∞	∞	∞	50.7	∞	4.5	∞	3.4	8.2
	가시거리	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	24.2	12.8	34.9	12.8
1600	온도	∞	∞	∞	∞	378.6	∞	6.1	∞	3.8	∞
	가시거리	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	17.0	12.8	26.3	12.8
1800	온도	∞	∞	∞	∞	∞	∞	10.9	∞	4.6	∞
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Table 4. 화재 발생 후 시간별 온도 및 가시거리 농도 분포
(3-C: 3차선, CROWN형 터널)

거리 (m)	시간 (sec)	50		100		150		300		400	
		on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
0	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	20.7
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	8.5
600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	33.2	12.8	48.4
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	6.5	∞	6.2
800	온도	12.8	12.8	12.8	23.2	12.8	35.2	12.8	63.9	12.8	80.7
	가시거리	∞	∞	∞	11.3	∞	9.2	∞	7.4	∞	9.1
900	온도	26.6	59.1	32.2	94.6	35.3	112.0	43.4	200.0	41.5	206.0
1000	온도	14.9	15.1	25.3	27.9	35.7	37.0	55.0	66.1	56.7	85.0
	가시거리	29.2	27.4	8.7	10.1	5.9	8.8	4.0	7.4	3.9	7.4
1200	온도	12.8	12.8	13.2	12.8	18.7	12.8	43.2	35.3	51.8	48.7
	가시거리	∞	∞	80.4	∞	13.3	595.4	4.6	6.4	4.0	5.8
1400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	13.1	12.8	31.6	13.0	43.6	25.2
	가시거리	∞	∞	∞	∞	105.9	∞	5.9	91.4	4.3	7.0
1600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	23.1	12.8	35.9	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	8.3	∞	5.0	654.0
1800	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	16.0	12.8	27.9	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	17.3	∞	6.2	∞

Table 5. 화재 발생 후 시간별 온도 및 가시거리 농도 분포
(3-R: 3차선, RECTANGULAR형 단면 터널)

거리 (m)	시간 (sec)	50		100		150		300		400	
		on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
0	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	23.0	12.8	36.7
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	7.0	∞	5.3
800	온도	12.8	12.8	12.8	19.7	12.8	31.9	12.8	56.7	12.8	70.1
	가시거리	∞	∞	∞	12.1	∞	9.0	∞	7.4	∞	8.7
900	온도	25.5	59.2	31.3	93.3	34.7	124.0	43.3	194.0	41.5	199.0
1000	온도	14.7	13.2	25.1	25.1	35.6	35.6	55.0	63.1	57.1	79.0
	가시거리	30.7	81.6	8.6	9.5	5.7	8.9	3.9	7.2	3.8	19.3
1200	온도	12.8	12.8	13.2	12.8	17.7	12.8	40.8	27.3	49.3	39.9
	가시거리	∞	∞	83.2	∞	14.2	∞	4.5	6.4	3.8	5.6
1400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	13.0	12.8	28.4	12.8	39.2	17.2
	가시거리	∞	∞	∞	∞	110.8	∞	5.8	∞	4.1	9.7
1600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	20.0	12.8	30.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	8.8	∞	4.7	∞
1800	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	14.6	12.8	23.0	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	21.0	∞	6.2	∞

Table 6. 화재 발생 후 시간별 온도 및 가시거리 농도 분포
(4-C: 4차선, CROWN형 터널)

거리 (m)	시간 (sec)	50		100		150		300		400	
		on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
0	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	16.5
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	11.3
600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	25.6	12.8	35.3
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	7.6	∞	7.8
800	온도	12.8	12.8	12.8	20.6	12.8	30.1	13.6	49.3	12.8	55.5
	가시거리	∞	∞	∞	12.8	125.4	10.9	48.4	9.8	∞	18.6
900	온도	28.4	54.7	34.5	85.6	38.8	115.0	46.8	191.0	43.2	158.0
	가시거리	40.5	28.2	9.4	11.2	6.8	10.7	4.1	9.4	3.9	25.4
1000	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	15.4	12.8	33.9	28.4	43.2	35.5
	가시거리	∞	∞	293.7	∞	20.4	∞	5.2	7.1	4.2	7.4
1200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	21.8	12.8	31.3	19.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	732.4	∞	7.6	314.4	5.0	8.5
1400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	15.5	12.8	23.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	15.4	∞	6.1	∞
1600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	13.0	12.8	17.2	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	85.6	∞	10.0	∞
1800	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	13.0	12.8	17.2	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	85.6	∞	10.0	∞

Table 7. 화재 발생 후 시간별 온도 및 가시거리 농도 분포
(4-R: 4차선, RECTANGULAR형 단면 터널)

거리 (m)	시간 (sec)	50		100		150		300		400	
		on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
0	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
200	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	15.1
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	17.0
600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	26.2	12.8	35.9
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	7.9	∞	8.4
800	온도	12.8	12.8	12.8	17.7	12.8	28.9	12.8	47.0	12.8	57.3
	가시거리	∞	∞	∞	16.1	∞	11.8	∞	8.6	∞	20.4
900	온도	24.3	51.3	29.7	80.8	34.0	105.0	42.7	173.0	38.6	150.0
	가시거리	49.3	153.4	11.3	12.2	7.3	11.7	4.4	8.5	4.2	21.8
1000	온도	13.8	13.0	21.0	21.7	28.8	31.3	48.0	52.1	51.2	58.5
	가시거리	49.3	153.4	11.3	12.2	7.3	11.7	4.4	8.5	4.2	21.8
1200	온도	12.8	12.8	12.9	12.8	14.9	12.8	33.2	27.8	42.4	37.0
	가시거리	∞	∞	255.3	∞	26.0	∞	5.6	7.6	4.5	8.0
1400	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	22.5	12.8	32.5	19.4
	가시거리	∞	∞	∞	∞	551.0	∞	8.1	∞	5.2	9.4
1600	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	15.7	12.8	25.2	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	17.0	∞	6.4	∞
1800	온도	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	13.1	12.8	18.2	12.8
	가시거리	∞	∞	∞	∞	∞	∞	81.6	∞	10.2	∞

2.3.3 Case 3. 3차선-CROWN형 단면 터널

Case 3의 경우는 Case 1에 비해 단면이 확장된 경우인데 제트팬을 가동하지 않을 경우 화재원에서의 평균온도는 60~200℃의 분포를 보이고, 제트팬을 가동 할 경우에는 25~43℃의 분포를 보이고 있다. 800m 지점에서의 가시거리는 제트팬을 가동하여 smoke의 역류를 억제할 경우에는 모두 ∞값을 보이고 제트팬을 가동하지 않을 경우에는 100초에서 300초 사이에 backlayering 현상이 일어나고 있음을 알 수 있다. 1000m 지점에서의 가시거리 분포 경향은 Case 1과 유사한 형태를 보이고 있다.

2.3.4 Case 4. 3차선-RECTANGULAR형 단면 터널

이 경우 화재원에서의 평균 온도 분포는 제트팬을 가동하지 않는 경우 60~200℃ 정도의 분포를 보이고 제트팬을 가동 할 경우에는 26~44℃ 정도의 분포를 보이고 있다. 팬을 가동하지 않을 경우 역시 100초 이후부터 smoke의 역류가 후방 100m 지점까지 발생하고 있다. 1000m 지점에서의 가시거리는 제트팬을 가동하지 않을 경우가 그렇지 않은 경우보다 높은 값의 분포를 보인다.

2.3.5 Case 5. 4차선-CROWN형 단면 터널

화재원에서의 평균온도는 제트팬을 가동하지 않을 경우 55~190℃ 정도의 분포를 보이고 있고, 가동 할 경우에는 28~46℃ 정도의 분포를 보이고 있다. 제트팬을 가동하지 않을 경우 입구쪽으로 100m 지점까지 smoke 역류 현상이 발생하고 있으며, 1000m 지점에서는 출구쪽으로의 강제 환기에 의해 smoke의 이동이 출구쪽으로 형성되고 있음을 알 수 있다.

2.3.6 Case 6. 4차선-RECTANGULAR형 단면 터널

화재원에서의 평균온도는 제트팬을 가동 할 경우 25~43℃ 정도의 분포를 보이고 있고, 제트팬을 가동 하지 않을 경우에는 52~173℃ 정도의 분포를 보이고 있다. 화재 발생 100초 이후 팬을 가동하지 않을 경우에는 입구쪽으로 smoke의 역류가 발생하고 있다.

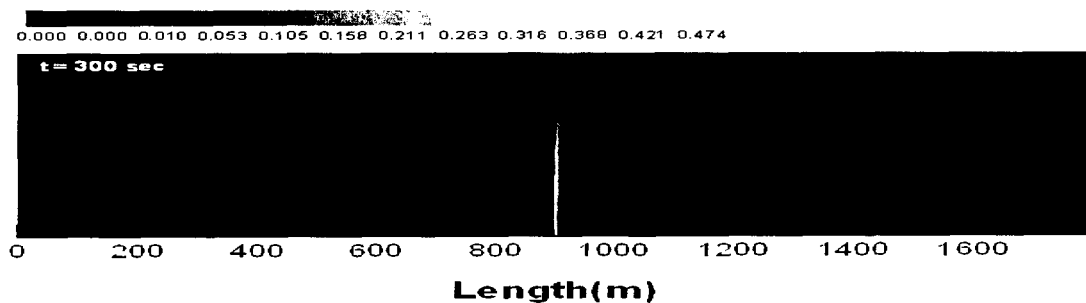


Figure 1. 2차선 CROWN형 터널 jetfan-on 상태의 smoke농도

<Figure 1>은 2차선 crown형 단면 터널에서 제트팬을 가동 했을 때 화재발생 300후의 축방향 smoke농도 분포를 나타낸 그림이다. 이 경우 화재 발생 직상부에서 입구쪽으로 약 30m 정도 smoke의 역류현상이 일어나고 있다.

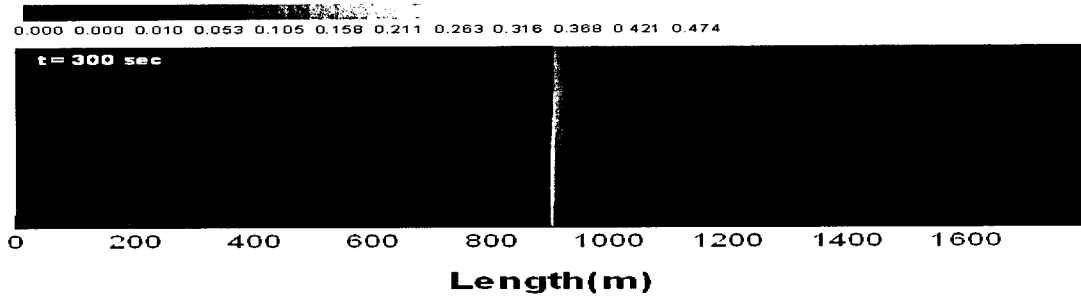


Figure 2. 2차선 RECTANGULAR형 터널 jetfan-on 상태의 smoke농도

<Figure 2>은 2차선 RECTANGULAR형 단면 터널에서 제트팬을 가동 했을 때 화재발생 300후의 축방향 smoke농도 분포를 나타낸 그림이다. 이 경우에는 smoke의 역류현상이 전혀 발생하지 않고 있다.

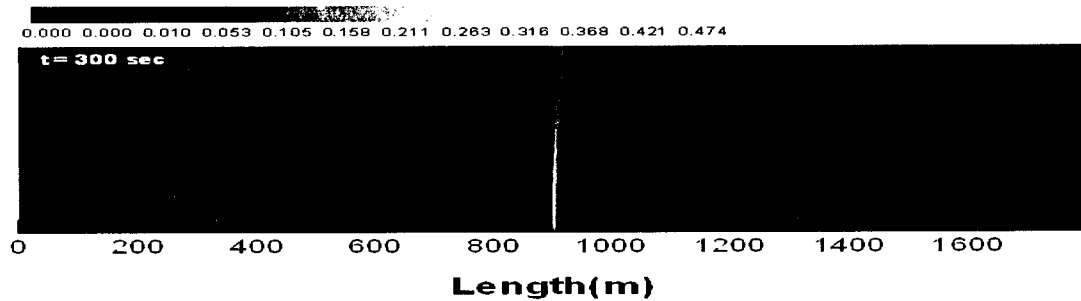


Figure 3. 3차선 CROWN형 터널 jetfan-on 상태의 smoke농도

<Figure 3>은 3차선 CROWN형 단면 터널에서 제트팬을 가동 했을 때 화재발생 300후의 축방향 smoke농도 분포를 나타낸 그림이다. 2차선 CROWN형 단면 터널과 비교했을때 입구쪽에서의 smoke의 역류가 더욱 우세하게 이루어지고 있다.

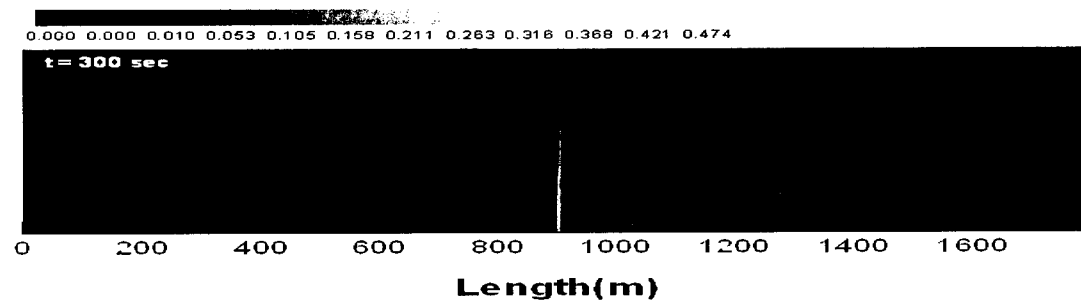


Figure 4. 4차선 CROWN형 터널 jetfan-on 상태의 smoke농도

<Figure 4>는 4차선 CROWN형 단면 터널에서 제트팬을 가동 했을 때 화재발생 300후의

측방향 smoke농도 분포를 나타낸 그림이다. 고정된 환기설비에 비해 단면이 훨씬 확장되어 출구쪽으로 충분히 기류를 형성하지 못하므로 입구에서 800m 지점까지 smoke의 역류가 발생하고 있다.

2.3.1 제트팬 가동에 따른 영향

제트팬의 가동으로 인한 환기량의 증가는 온도 및 가시거리에 직접적인 영향을 미치고 있다. 온도 분포를 보면 모든 분석 case에서 제트팬을 가동하지 않을 경우 제트팬을 가동할 경우보다 화재원에서의 최대 온도가 5배 이상의 온도 분포를 보이고 있다. 가시거리는 팬을 가동하여 출구쪽으로 강제 환기 시킬 경우 대피방향인 입구쪽에서의 smoke의 역류 현상을 억제 할 수 있으며 반대로 출구쪽에서의 smoke 농도는 증가해 가시거리가 짧아진다.

2.3.2 단면 형태 영향

내공 단면적의 크기가 같고 단면의 형태가 CROWN 형과 RECTANGULAR형으로 다를 경우에는 온도와 가시거리가 거의 유사한 형태의 분포를 보이고 있다.

2.3.3 단면적 영향

단면의 크기가 확장됨에 따라 화재원에서의 평균온도는 제트팬의 가동 여부에 상관없이 모두 감소하고 있고, 가시거리는 더 큰 값의 분포를 보이고 있다.

3. 결론

화재확산에 상대적으로 큰 영향을 미치게 되는 터널의 단면 형태 및 크기(차선수)와 터널 화재 확산과의 관계 분석 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

제트 팬을 가동함으로써 터널 내부 공기의 온도 특히 화재원 인접지역에서의 온도를 낮추는 효과가 있고 대피 방향인 입구 쪽에서의 smoke의 backlayering을 억제함으로써 가시거리의 확보에 유리한 효과가 있다.

CROWN 형과 RECTANGULAR형으로 단면 형태가 온도와 가시거리 분포에 미치는 영향은 미미하였다.

터널 단면의 크기가 확장됨에 따라 터널 내 온도 및 smoke 농도가 모두 감소하였고, 그 결과 가시거리는 더 큰 값의 분포를 보인다.

터널의 형태와 화재 확산에 대한 연구는 방재 시스템의 최적화를 위해 필수적인 과제이므로 추후 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. Innovative Research, 2000, User's Manual for SOLVENT
2. John D, Anderson, Jr. Computational Fluid Dynamics
3. PIARC Committee on Road Tunnels(C5), Fire and Smoke control in Road Tunnels
4. 김정욱, 김영섭, 이창우, 2002년 3, 터널 화재원에서의 온도 및 smoke 발생농도 변화 CFD 분석”, 한국암반공학회
5. 김정욱, 김영섭, 이창우, 2001년 3, 터널 화재원에서의 온도 및 smoke 발생농도 변화 CFD 분석, 한국암반공학회
6. 이창우 등, 2001년 4, 터널 화재시 온도 분포 CFD 분석연구 , 한국자원공학회