

EMP 차폐를 위한 비상발전기 연도의 최적 형상 결정

방승기[†] · 김재훈

경민대학교 건축과

(2015년 11월 17일 접수, 2015년 12월 19일 수정, 2015년 12월 19일 채택)

A Design Optimization on Coupling Joint between Exhaust Chimney of Electricity Generator and Electromagnetic Pulse (EMP) Shield

Seung-Ki Pang[†], Jae-Hun Kim

Department of Architecture, KyungMin College, Uijeongbu, 11618, Korea

(Received 17 November 2015, Revised 19 December 2015, Accepted 19 December 2015)

요 약

본 논문에서는 EMP 차폐를 위한 WBC 배열이 설치된 대형 비상발전기 연도의 최적형상을 결정하는 것을 목표로 연구를 진행하였다. 시뮬레이션은 WBC 배열의 외부관경이 800, 850, 900, 1050mm 및 1250mm를 대상으로 하였으며 기본연도와와의 접속길이를 150, 300, 450 mm, 연도의 유속은 15, 20, 25m/s로 하였다. EMP 차폐를 위한 WBC 배열을 연도에 설치하는 경우 WBC 배열의 외부관경, Main 연도와와의 접속길이가 배기가스 흐름에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. WBC 배열의 외부관경이 1050, 1250mm이고 접속길이가 300, 450mm이면 도파관 배열에서 배기가스의 평균속도와 최고속도를 만족시키는 것으로 나타났다.

주요어 : 전자기파, 비상발전기, 도파관, 도파관 배열, 전산유체역학

Abstract - The article presents a parametric study on geometrical design optimization for coupling the joint between a large exhaust air chimney and electromagnetic pulse (EMP) shield for gas turbine electricity generator. We conducted computational fluid dynamics (CFD) simulations on hydraulic diameters of waveguide below cutoff(WBC) ranges 800mm~1025mm, the connection distance ranges 150~450mm, and exhaust gas flow velocities at 15, 20, and 25m/s. The results show that the diameter of main chimney, connection distance, and exhaust gas velocity had impacts on flow stream at the EMP shield. To provide a fully developed stream line at three different flow velocity cases, the WBC diameter and distance of connection should be larger than 1050mm and longer than 300mm, respectively.

Key words : EMP, Generator, Waveguide Below Cutoff, WBC Array, CFD

1. 서 론

핵무기 또는 EMP 무기에 의해서 외부에서 공급되는 전원이 차단되는 경우를 대비해서 EMP 차폐시설에는 비상발전기를 설치한다. 비상발전기는 보일러와

는 달리 상시 운전이 되지 않으며 EMP 차폐시설의 비상발전기는 상시운전보다는 간헐운전으로 가정하여야 한다. 상시 운전하는 보일러는 자연배기식을 사용하기 때문에 연도내부의 배기속도는 3~5m/s 정도이며, 비상발전기는 강제배기식을 사용하고 배기가스의 속도는 20~25m/s로 속도를 설정한다.⁽¹⁾

비상발전기는 사용되는 엔진의 제작사, 발전기의 형식 및 용량에 따라 각각 특징이 다르며 이에 따라 배기 연도의 관경도 달라진다.

[†]To whom corresponding should be addressed.
Department of Architecture, Kyungmin College, Uijeongbu,
11618, Korea
Tel : +82-31-828-7322 E-mail : skpang@kyungmin.ac.kr

디젤 발전기는 비교적 연료비가 저렴하고 작은 엔진으로부터 출력이 높은 선박용까지 다양한 크기가 있으며 주로 다용도 건물, 선박 등에 사용된다. 가솔린 엔진의 경우는 디젤 엔진에 비해 소음이 적지만 높은 출력의 엔진이 없어서 소규모 건물에 적용하는 경우가 많다.

상시운전의 경우 발전기와 보일러 연도의 배기속도를 거의 동일하게 맞추어야 하나 사용 중에 발생하는 하자로 인하여 많은 비용이 부담될 수 있다. 특히 발전기가 비상개념이 아닌 간헐적으로 동시에 가동되는 경우에는 연도 입상관을 분리하여야 한다. 비상발전기에 대한 내용은 건축법, 소방법 및 전기사업법에서 규정하고 있지만, 구체적인 시설에 대한 내용은 없고, 전기설비기술기준에서도 시설의무에 대한 규정은 없으며 예비전원은 사용전원과 전기적으로 분리되어야 한다²⁾고 되어있다. KOSHA CODE E-84-2011 “비상전원의 선정 및 설치에 관한 기술지침”에서도 비상발전기의 용량, 비상발전기의 운전을 위한 환기 및 연소용 공기 등에 관한 사항만 기술³⁾되어 있으며 EMP 차폐를 고려한 내용은 전혀 기술되어 있지 않다.

비상발전기의 연도는 보호시설의 EMP 차폐판을 관통하여 차폐효과를 떨어뜨리는 요인이 되고, EMP 차폐를 위하여 Waveguide Below Cutoff Array (WBC Array, 도파관 배열)를 설치하게 되면 연도의 유효 단면적이 줄어들게 된다.

따라서 본 논문에서는 WBC Array(도파관 배열)가 설치된 비상발전기 연도의 배기가스 배출특성을 고려하여 최적형상을 결정하는 것을 목표로 연구를 진행한다.

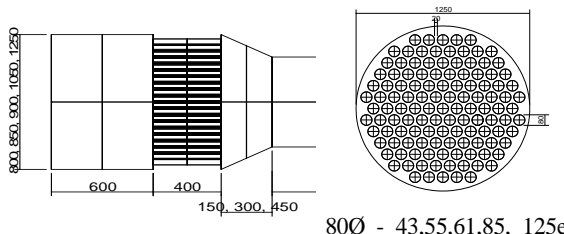
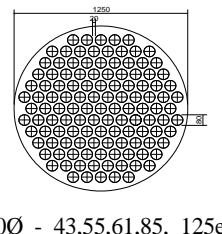
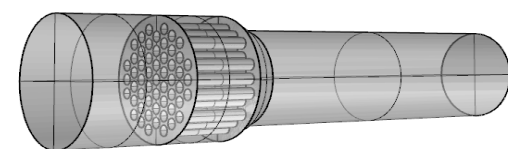
2. 시뮬레이션

2-1. 모델링 및 해석조건

비상발전기 연도 중간에 EMP 차폐를 위한 도파관이 설치되면 연도의 유효단면적이 줄어들게 되어 배기가스의 흐름이 원활하지 않게 된다. WBC 배열의 크기 및 형태의 최적화를 위해 CFD를 이용하여 해석을 실시하였다.

해석은 상용프로그램인 Star-CCM⁺ 10.04.009를 사용하였으며 이를 이용해서 도파관 배열의 입구, 중앙부 및 출구부분과 연도의 입구와 출구의 배기가스 유속을 해석하였다. 비상발전기의 연도는 발전기로부터 배기되는 부분인 Main 연도, EMP 차폐를 위한 도파관 배열이 설치되는 부분, Main 연도와 결합되는 접속부

Table 1. Geometrical conditions of WBC array.

Dim	WBC Array
	
	800Ø - 43,55,61,85, 125ea
	

위 및 외부로 배출되는 추가연도로 나누어 4부분으로 형태를 구분하였다.

Main 연도의 관경은 700mm, 추가연도의 관경은 800, 850, 900, 1,050mm 및 1,250mm으로 하고 접속관의 길이를 150, 300mm와 450mm의 3가지로 하여 유속등을 검토하였다. Table 1에 형태, Table 2에 시뮬레이션 케이스를 나타내었으며, Fig. 1에 해석을 위한 Mesh 작성을 나타내었다.

2-2. 해석 결과

2-2-1. 최대 배기속도

Fig. 2는 비상발전기의 배기속도를 15m/s로 한 경우 도파관 배열의 입구, 중앙부 및 출구에서의

배기가스 유속의 최대치를 계산한 결과를 나타낸 것이다. 각 결과를 비교하면 도파관 배열을 설치한 외부 관경이 800mm인 경우는 접속 길이에 관계없이 비상발전기의 배기속도인 15m/s의 2배 이상의 값을 보이는 것을 알 수 있다. 또한 도파관 배열의 외부 관경이 850, 900mm인 경우는 20~25m/s 내외, 1,050mm인 경우는 접속 길이가 150mm인 경우를 제외하고는 20m/s 정도의 값을 보이며 1,250mm인 경우도 1,050mm인 케이스와 유사한 값을 보이고 있다. 연도에서의 배기속도가 15m/s인 경우 도파관 배열에서의 배기속도가 10m/s 정도까지 빠른 것을 허용하면 도파관을 구성하는 외부관경이 800mm인 경우를 제외하고 대부분의 케이스가 만족하는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 비상발전기에서의 배기속도가 20m/s인 경우, 도파관 배열에서의 배기속도를 기본배기속도보다 10m/s 정도 빨라지는 것을 허용하면 기본연도와 도파관

Table 2. Design parameters for simulation.

Connection diameters [mm]	WBC Array	Connection length to the main line [mm]	Exhaust air velocity [m/s]	Case
800	80Ø 43ea	150	15	800-150-15
			20	800-150-20
			25	800-150-25
		300	15	850-300-15
			20	800-300-20
			25	800-300-25
		450	15	800-450-15
			20	800-450-20
			25	800-450-25
850	80Ø 55ea	150	15	850-150-15
			20	850-150-20
			25	850-150-25
		300	15	850-300-15
			20	850-300-20
			25	850-300-25
		450	15	850-450-15
			20	850-450-20
			25	850-450-25
900	80Ø 61ea	150	15	900-150-15
			20	900-150-20
			25	900-150-25
		300	15	900-300-15
			20	900-300-20
			25	900-300-25
		450	15	900-450-15
			20	900-450-20
			25	900-450-25
1,050	80Ø 85ea	150	15	1050-150-15
			20	1050-150-20
			25	1050-150-25
		300	15	1050-300-15
			20	1050-300-20
			25	1050-300-25
		450	15	1050-450-15
			20	1050-450-20
			25	1050-450-25
1,250	80Ø 125ea	150	15	1250-150-15
			20	1250-150-20
			25	1250-150-25
		300	15	1250-300-15
			20	1250-300-20
			25	1250-300-25
		450	15	1250-450-15
			20	1250-450-20
			25	1250-450-25

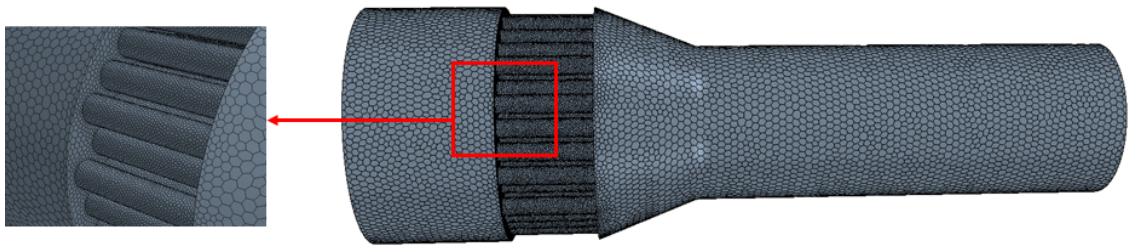


Fig. 1. Meshing details for connection joint between WBC and main chimney.

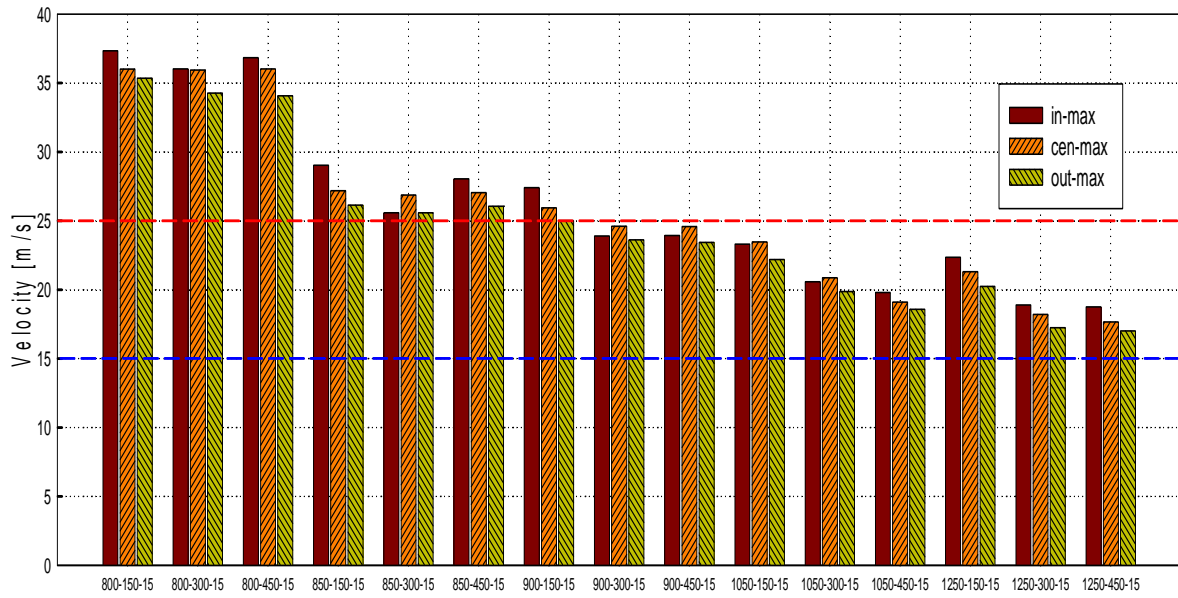


Fig. 2. Maximum flow velocities at the inlet-center-outlet of WBC (15m/s).

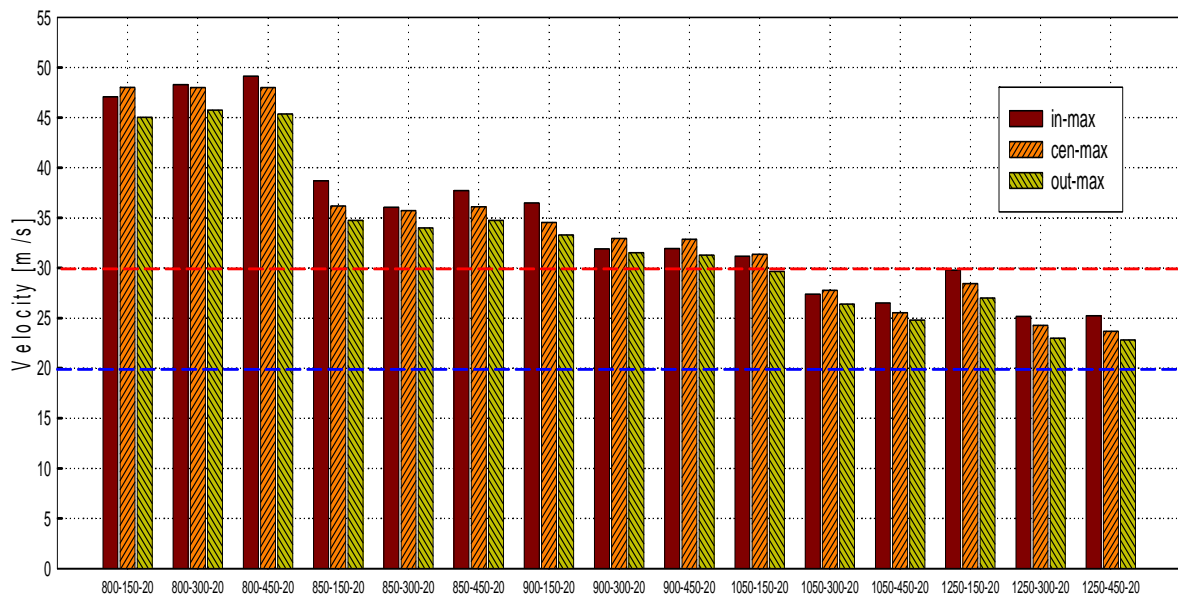


Fig. 3. Maximum flow velocities at the inlet-center-outlet of WBC(20m/s).

배열의 접촉 길이가 150mm이고 도파관 배열의 외부 환경이 900mm인 경우를 제외하고 도파관 배열의 외부 환경이 900, 1,050 및 1,250mm인 경우가 이 조건을 만족하는 것으로 나타났다. Fig. 4에서 비상발전기의 배기속도가 25m/s인 경우는 도파관 배열의 외부 환경이 1050, 1,250mm인 경우가 동일한 조건을 만족시키는 것으로 나타났다.

2-2-2. 평균 배기속도

Fig. 5는 비상발전기의 배기속도가 15m/s인 경우 시뮬레이션 각 케이스의 도파관 배열의 입구, 출구 및 중앙부에서의 배기속도의 평균값을 계산한 결과를 나타낸 것이다. 평균값은 배기속도 $\pm 5m/s$ 를 범위를 기준으로 하면 도파관 배열을 구성하는 외부 환경이 850, 900, 1,050mm인 케이스가 기준을 만족하는 것을 알 수 있다. 또한 도파관 배열을 구성하는 외부 환경이

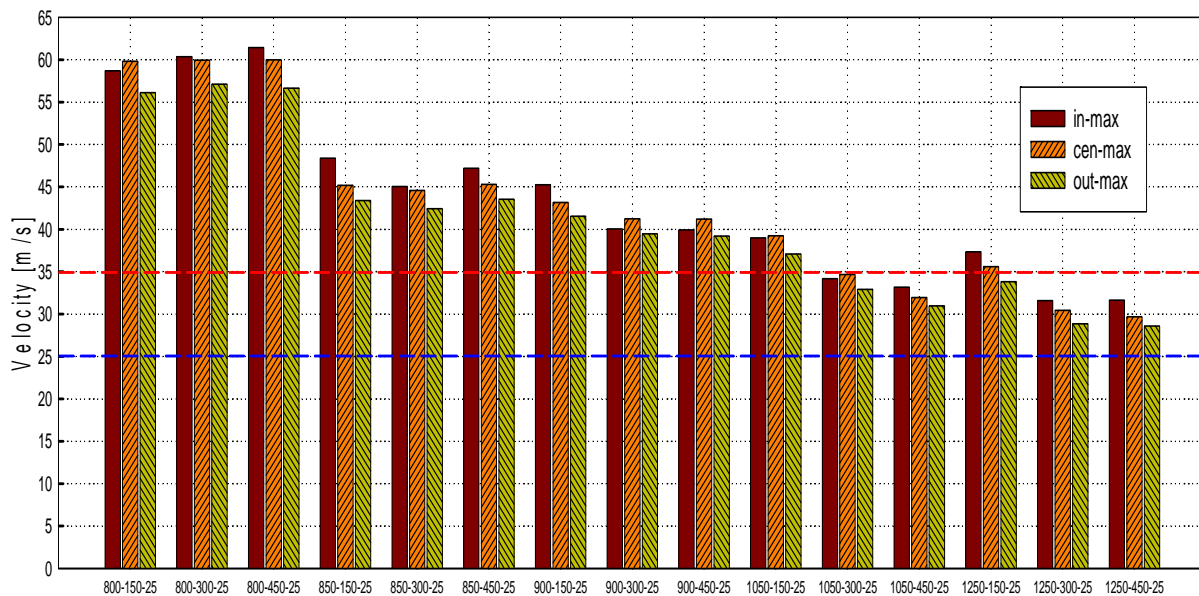


Fig. 4. Maximum flow velocities at the inlet-center-outlet of WBC (25m/s).

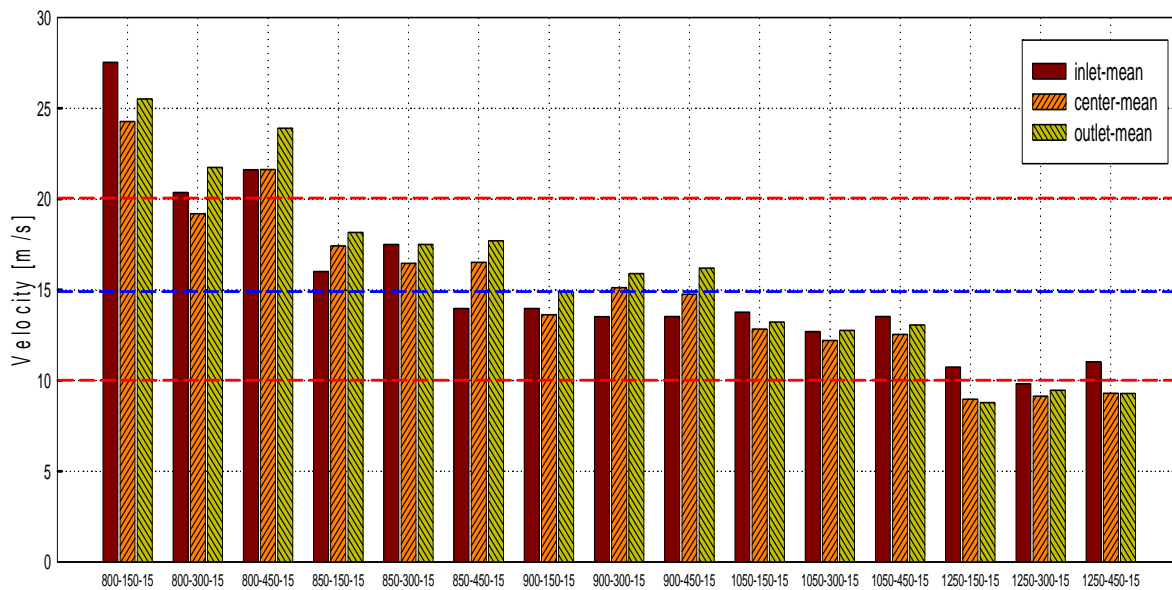


Fig. 5. Mean flow velocities at the inlet-center-outlet of WBC(15m/s).

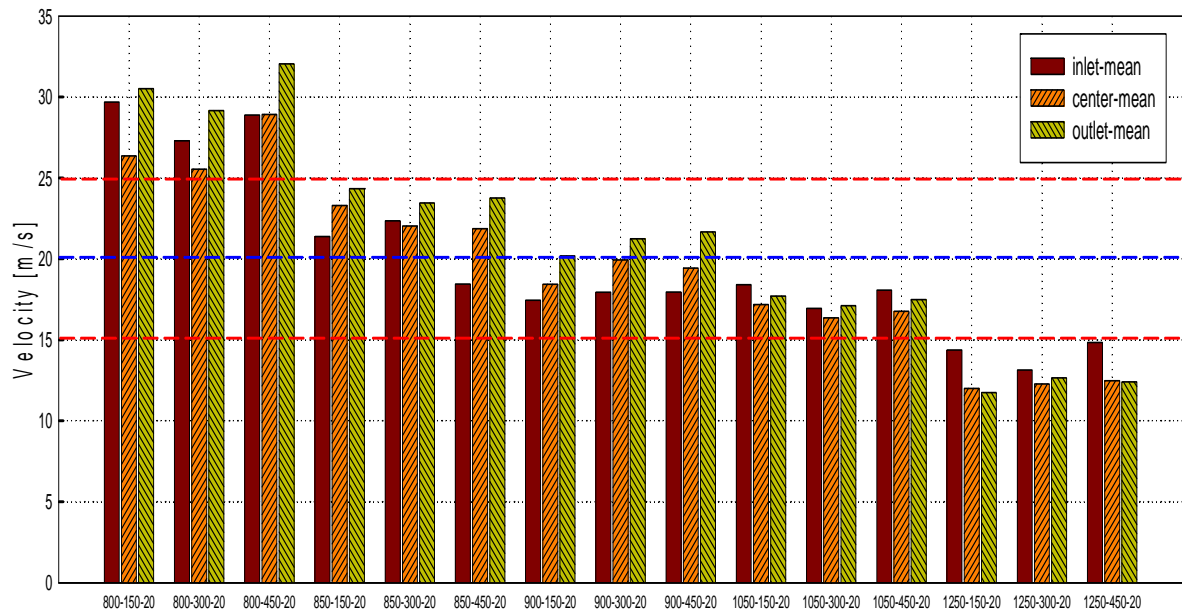


Fig. 6. Mean flow velocities at the inlet-center-outlet of WBC(20m/s).

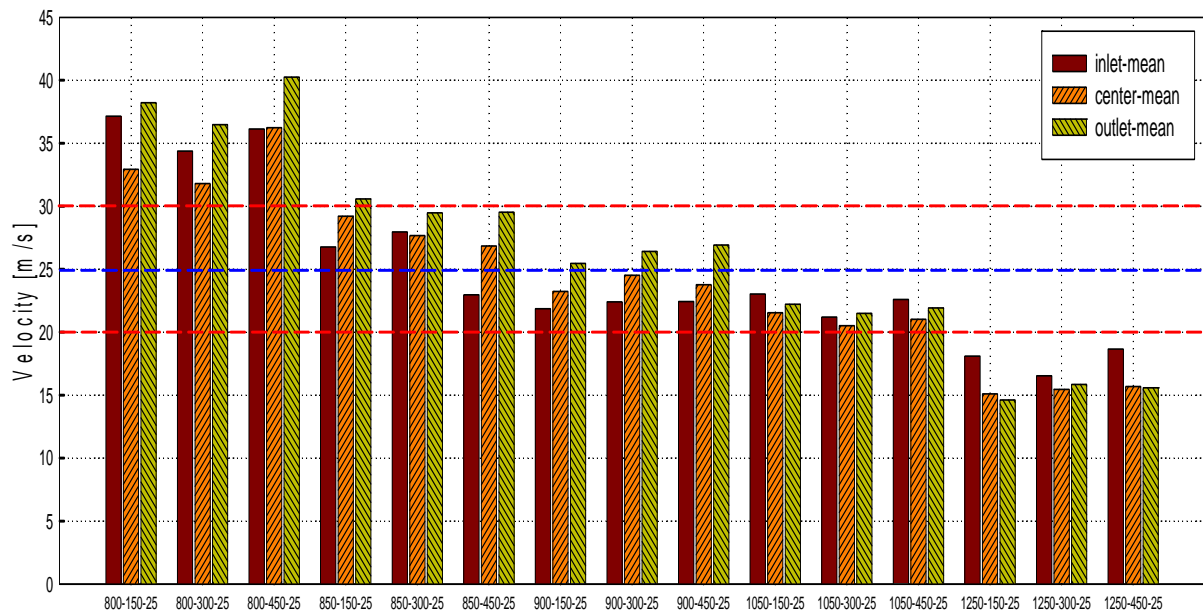


Fig. 7. Mean flow velocities at the inlet-center-outlet of WBC(25m/s).

900mm인 경우가 비상발전기의 배기속도인 15m/s와 유사한 값을 보이는 것으로 나타났다.

Fig. 6은 배기속도가 20m/s인 경우의 결과를 나타낸 것으로 15m/s의 경우와 유사한 결과를 보이며 도파관 배열을 구성하는 외부 환경이 850, 900mm인 경우가 비상발전기의 배기속도인 20m/s와 유사한 속도를 보이는 것으로 나타났다. 또한 배기속도±5m/s를 기준으로 하면 도파관 배열의 외부환경이 850, 900mm 및

1,050mm인 경우가 그기준을 만족하는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 배기속도가 25m/s인 경우의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 도파관 배열의 평균속도를 25m/s를 기준으로 하면 850, 900mm인 경우가 거의 유사한 값을 보였으며 배기속도±5m/s를 기준으로 하면 도파관 배열의 외부환경이 850, 900mm와 1,050mm인 경우가 기준을 만족시키는 것으로 나타났다.

3. 결과분석

도파관배열을 구성하는 외부 관경 크기, 배기속도의 최대 및 평균값을 이용하여 비상발전기 연도의 중간에 WBC 배열을 설치하는 경우 형상의 적정성을 검증하였다. 최대 배기속도는 비상발전기에서 배기되는 속도보다 10m/s를 넘는 경우를 제외하였고 평균배기속도는 비상발전기의 배기속도 $\pm 5\text{m/s}$ 를 기준으로 하여 그 범위를 넘는 케이스는 제외하는 것으로 평가를 실시하였다. 평가결과 비상발전기의 연도가 700mm, 비상발전기의 연도와 도파관 배열과의 접속길이가 450mm 이고 발전기의 배기속도가 15m/s 인 경우는 도파관 배열의 외부관경은 900mm를 사용하는 것이 가능하나 발전기의 배기속도가 20, 25m/s인 경우, 최대 배기속도를 이용하여 평가한 결과, 기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 도파관 배열의 외부 관경 1,050mm, 접속길이 150mm, 발전기의 배기속도가 15m/s인 경우는 WBC 배열에서의 최대치와 평균값을 이용한 평가 모두 기준을 만족시키지만 비상발전기 배기속도가 20, 25m/s인 경우에는 그 기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.

또한 도파관 배열을 구성하는 외부관경이 1,050mm, 비상발전기 연도와와의 접속 길이가 300mm는 비상발전기의 배기속도가 15, 20, 25m/s일 때 최고속도에 의한 평가, 평균값에 의한 평가 모두 만족시키는 것으로 나타났다. 또한 동일한 조건에서 접속 길이가 450mm 인 경우도 각 조건을 만족시키는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 논문에서는 EMP 차폐를 위한 도파관 배열이 설치된 대형 비상발전기 연도의 최적형상을 결정하는 것을 목표로 연구를 진행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) EMP 차폐를 위한 도파관 배열을 연도에 설치하는 경우 도파관 배열의 외부관경, Main 연도와와의 접속 길이가 배기가스 흐름에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- (2) 도파관 배열의 외부 관경 1,050mm, 접속 길이 150mm, 발전기의 배기속도가 15m/s 인 경우는 도파관 배열에서의 최대 배기속도와 평균값을

이용한 평가 모두 기준을 만족시키지만 비상발전기 배기속도가 20, 25m/s인 경우에는 그 기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.

- (3) 도파관 배열의 외부관경이 1,050, 1,250mm 이고 접속 길이가 300, 450mm인 경우는 비상발전기의 배기속도가 15, 25m/s 및 25m/s인 경우 모든 조건을 만족시키는 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호 15CTAP-C098186-01)에 의해 수행되었습니다.

본 논문 중의 일부 결과는 한국지열에너지학회 2015년 동계학술발표대회에 발표되었습니다.

References

1. S.K.Pang, Y.T.Chae, J.G.Yook, Ynna Kim, Sangin Kim, 2015, Air Stream around EMP Protective Device for Emergency Power System, Proceedings of the Geothermal Energy Engineers, Vol. 1, Korea Society of Geothermal Energy Engineers, Daejeon, Korea, pp.41-44.
2. S. J. Lee, (2014), Demand Response Controls using On-site Electricity Generator for Emergency, KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE
3. KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY, KOSHA CODE E-84-2011, Technical Report for Design and Application of Emergency Electricity Supplier.