

급기 가압 제연구역 출입문에 적용되는 개방력 기준의 적합성 여부에 관한 연구

이재오¹, 최충석^{*}

¹전주대학교 소방안전공학과

Verifying the Suitability or Unsuitability of the Opening Force Criteria Applied to Air Pressurized Access Door to a Smoke Control Zone

Jae-Ou Lee¹, Chung-Seog Choi^{*}

¹Department of Fire Safety Engineering, Jeonju University

요약 본 연구에서는 급기 가압 제연구역 출입문의 개방력 기준을 실측하여 한국인의 체형에 적합한지 여부를 검증하였다. 개방력 기준의 검증은 기술표준원의 인체표준정보를 근거로 NFSC 501A, NFPA 92A 및 BS-EN 12101-6와 비교하였다. 개방력을 측정할 때 인체의 자세는 일어서서 오른손으로 출입문을 미는 것을 기준으로 하였다. 실측한 값을 분석한 결과 30대 남성 및 여성이 미는 힘의 최대값을 나타냈고, 60대에서 최소값을 나타냈다. 또한 모든 연령에서 미는 힘의 편차가 크게 발생한 것으로 확인되었다. NFSC 501A 와 비교한 결과 남성은 20대, 30대, 50대를 제외한 모든 성별과 연령에서 기준보다 낮은 값을 나타냈다. 또한 NFPA 92A 의 기준과 비교할 때 모든 성별과 연령에서 측정치의 평균이 기준보다 낮다. 그리고 BS-EN 12101-6 의 기준과 비교할 때 남성은 모든 연령에서 기준보다 높았으며, 여성은 모든 연령에서 기준보다 낮은 것으로 측정되었다. 따라서 신체적 조건이 외국인과 다른 한국인의 체형을 고려할 때 현재 적용되고 있는 제연구역 출입문의 개방력의 국내 기준 110N은 하향 조정할 필요가 있는 것으로 판단된다. 또한 국제 기준을 임의로 사용하는 것도 문제가 있으므로 건축물과 사용자의 특성을 고려한 기준의 적용이 필요하다는 것을 제안하고자 한다.

Abstract The aim of this study was to verify the suitability or unsuitability of Korean body types by measuring the opening force criteria of an air pressurized access door to a smoke control zone. The opening force criteria were verified by comparing the NFSC 501A, NFPA 92A and BS-EN 12101-6 based on the body standards information from the Korean Agency for Technology and Standards. When measuring the opening forces, the posture of the body should be standing upright and pushing an access door with the right hand, which is a criterion for designing doors. As a result of analyzing the actual measurement results, the pushing force of men and women in their 30's was the maximum value and the forces in those in their 60's was the minimum value. In addition, the deviations in the pushing forces varied considerably. As a result of comparing the NFSC 501A, the men showed lower values than the criteria in every gender and age variable except for the 20's, 30's and 50's variable. A comparison of the criteria of NFPA 92A showed that the mean of the measured values from every gender and age was also lower than the criteria. In addition, when comparing the criteria of BS-EN 12101-6, it was found that the men in every age variable were higher than the criteria. On the other hand, the women in every age variable were lower than the criteria. Therefore, considering the Korean body type against the Western body type, it was decided that the opening force of an access door to a smoke control area to make a downward adjustment should be 110 N in the local criteria. Furthermore, the criteria should consider the characteristics of buildings and users because an optional application of the international standard is not necessarily suitable for local situations.

Key Words : Differential pressure, Door Closer, Opening force, Optimum design, Smoke control zone

^{*}Corresponding Author : Chung-Seog Choi(Jeonju Univ.)

Tel: +82-10-3695-7460 email: enetek@naver.com

Received April 28, 2014 Revised (1st June 16, 2014, 2nd August 7, 2014, 3rd September 10, 2014) Accepted September 11, 2014

1. 서론

도심의 인구 집중화로 화재 발생에 따른 위험성은 증가되고 있는 것이 현실이다. 초고층 건축물은 생활의 편리성 측면을 고려하면 우수한 특성을 나타내고 있으나 시설 안전을 고려할 때 재해에 취약한 것으로 판단된다. 최근에 발생하는 화재 사례에서도 알 수 있듯이 소방 활동에 관련된 기준이 있음에도 불구하고 화재를 진압할 때 기술적인 어려움 및 접근성의 한계 등으로 효율적인 성과를 보이지 못하고 있다. 특히 화재가 발생하였을 때 인명 피해의 주요 인자는 연기이며, 연기의 적절한 제어가 인명의 손실을 최소화 할 수 있는 것이다. 그러므로 건축물의 화재에서 발생한 연기 제어에 대한 과학적인 설계 및 시공, 관리 및 유지 등이 필요한 것이다. 화재가 구획된 실에서 발생되었다 하더라도 연기는 건축물의 내·외부의 환경적 영향과 공간의 압력 등에 의해 인접한 공간으로 빠르게 확산되는 특징이 있다. 연기로 인한 인명 피해를 최소화하기 위해서는 연기의 수평 및 수직 특성을 고려한 입체적인 제어가 필요하다[1,2]. 연기의 제어 및 관리는 방연 구획을 통해 차단하는 방법, 연기와 열을 대기 중으로 배출하는 방법, 제연 구역에 차압과 방연 풍속을 형성하여 연기의 이동을 차단하는 방법으로 구분된다[3,4]. 국가화재안전기준(NFSC; National Fire Safety Code)에서는 NFSC 501 제연설비와 NFSC 501 A 특별피난계단의 계단실 및 부속실 제연설비로 구분하고 있으며, NFSC 501A의 경우 제연실과 거실 간의 차압을 통해 연기를 제어하기 때문에 출입문의 개방의 용이성에 대한 문제가 지속적으로 제기되고 있다[5].

NFSC 501A의 주요 설계 요소는 차압, 방연 풍속, 과압 방지 장치, 출입문의 개방력 등이 있다. 제연 설비 설계에서 차압, 방연 풍속, 과압 방지 장치는 적극적으로 반영하고 있으나, 출입문의 개방력 기준은 반영되지 못하고 있다. 제연 구역 출입문의 개방력은 자동 폐쇄 장치나 도어 클로저에 의해서 발생하는 개방력과 차압에 의한 개방력을 함께 고려하여야 한다. NFSC를 근거로 한 코드 위주의 설계는 다양한 형태의 대상물에 효율적으로 적용하기에는 한계가 있다. 그러므로 피난 유도과 공간 위험성을 예측하기 위해서는 공학적 해석이 필요하며, 제연 설비에 대한 중요성과 관심은 지속적으로 이뤄져야 한다. 특히 NFSC 501 A의 개방력 110 N은 자동 폐쇄 장치, 도어 클로저, 최대 차압의 적용을 위한 주요 인자이므

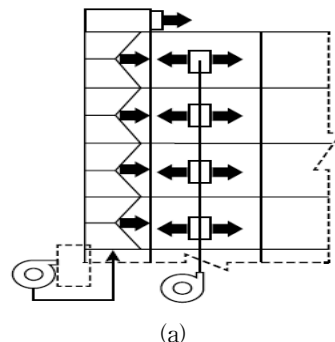
로 건축물의 특성과 환경에 적합하게 적용해야 하는 것이다. 그러나 개방력 기준에 대한 출처가 불분명하고, 한국인의 체형을 고려한 값이 아니기 때문에 이를 설계에 반영할 경우 피난 장애를 이룰까 뿐만 아니라 연기의 이동 경로 형성에 따른 문제를 야기할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 기술표준원의 인체표준정보 기초 데이터를 근거로 NFSC 501A, 미국방화협회기준(NFPA; National Fire Protection Association) NFPA 92A 및 유럽기준(EN; European Standard)의 BS-EN 12101-6등을 분석하여 제연구역 출입문에 적용되는 개방력 기준의 적합성 여부를 검증하고자 한다.

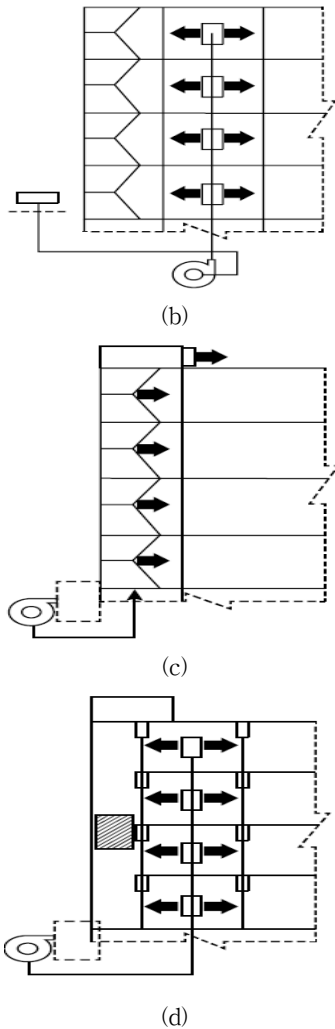
2. 이론 및 시험 조건

국내의 제연 관련 법령은 건축과 소방으로 구분되며, 국내의 NFSC 501A 기준은 1995년 5월 9일 내무부고시 제1995-7호 “특별피난계단 및 비상용승강기의 승강장 제연 설비 설치에 관한 기준”에 의해 도입되었다. 건축법령의 경우 재실자의 피난을 목적으로 제연 설비를 설치하나 소방법령에서는 소방대의 활동을 위한 소화 활동 설비로 구분하고 있다. NFSC 501A에서는 특별피난계단의 계단실 및 부속실, 비상용 승강기의 승강장에 국한된 제연 설비를 적용하고 있으나 NFPA 92A나 BS-EN 12101-6는 피난 경로 및 대피 구역도 급기 가압 대상으로 포함하고 있다.

NFSC 501A에서 적용하고 있는 제연 구역 설정은 계단실 및 부속실 동시 제연, 부속실 단독 제연, 계단실 단독 제연, 승강장 단독 제연으로 구분되나 설계 및 시공상의 용이성을 위해 대부분 부속실 단독 제연이나, 승강장 단독제연을 적용하고 있으며 차압 및 방연 풍속에 의해 압력 전달 방향은 Fig. 1과 같다[6].



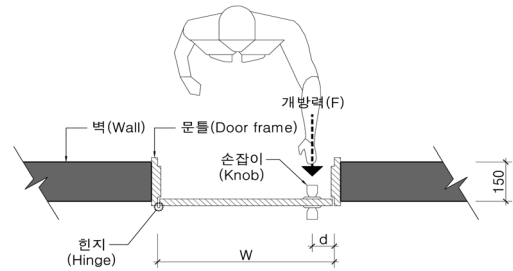
(a)



[Fig. 1] Conceptual diagram formation of pressure difference

- (a) Simultaneous smoke control of Stairwell and ancillary room
- (b) Smoke control of ancillary room
- (c) Stairwell pressurization systems
- (d) Smoke control of elevator platform

그러나 거실에서 제연 구역으로 들어가는 출입문의 개방력 문제, 제연 구역에서 계단실로 들어가는 출입문의 폐쇄 문제, 제연 구역의 과압 문제, 방연 풍속의 분포 문제, 자동 폐쇄 장치의 작동 등의 문제점이 지속적으로 발생되고 있어 문제 해결을 위한 정확한 분석이 필요하다. 건축물의 거실에서 제연설비가 설치된 구역으로 들어가기 위해서는 Fig. 2와 같이 출입문을 개방하는 것이 바람직한 것이다.



[Fig. 2] The direction of a door's opening force when a smoke control system operates

제연 구역 출입문의 개방력을 정확하게 산출하기 위해서는 식 (1)을 적용하여 계산할 수 있다. 또한, 계산된 값이 개방력 기준을 상회하지 않도록 자동 폐쇄 장치 및 도어 클로저의 개방력, 거실과 제연 구역의 압력차, 문의 크기 및 손잡이의 위치 등을 고려하여야 한다. 하지만 설계 시 다른 조건들은 무시하고, 차압 만을 반영하고 있어 출입문의 개방력 과대로 인해 피난요구자가 개방이 불가능한 상태가 될 수도 있다[7,8].

$$F = F_{dc} + \frac{WA \Delta P}{2(W-d)} \quad - (1)$$

F = 제연구역 출입문의 개방력[N]

F_{dc} = 자동폐쇄장치 및 도어 클로저의 개방력[N]

W = 출입문의 폭[m]

A = 출입문의 면적[m²]

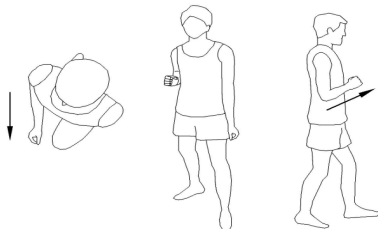
ΔP = 거실과 제연구역과의 압력차[Pa]

제연 구역 출입문의 개방력에 대한 국가별 기준은 Table 1과 같이 제시되고 있다. NFPA 92A와 BS-EN-12101-6의 경우 자국민들의 신체 특성과 안전성을 고려하여 기준을 적용하고 있다. 하지만 NFSC 501A의 경우 BS-EN-12101-6보다 더 큰 값을 개방력 기준으로 적용하고 있어 한국인의 신체적인 특성을 고려해 보았을 때 과도한 값이라 생각된다[9,10].

[Table 1] Comparison of opening forces of a fire door under a smoke control zone

Installation standard	Maximum force permitted for opening a door
NFSC 501A	Less than 110 [N]
NFPA 92A	No more than 133 [N]
BS-EN-12101-6	Less than 100 [N]

국가별 최소 차압의 기준은 화재에 의해서 발생하는 열방출률(HRR; Heat Release Rate)에 의한 압력의 변화에 따라 다르게 적용하고 있다. NFSC 501A에서 최소 차압은 40 Pa 이상으로 하고 있다. 스프링클러가 설치된 경우에는 화재에 의한 열방출률을 제어한다는 개념을 적용하여 12.5 Pa 이상으로 하고 있다. 일반적으로 제연구역에는 자동차압·과압조절형댐퍼를 설치하기 때문에 최소 차압 기준만을 고려하여 설계를 하고 있지만 NFSC 501A의 개방력 기준인 110N을 차압과의 관계를 분석해 보면 차압의 최대값과 관련이 있음을 알 수 있다. 한국인의 제연구역 출입문의 개방력 기준에 대한 측정 자료는 현재까지 발표된 바가 없다. 하지만 산업통상자원부의 기술표준원에서 한국인의 인체표준정보를 구축하기 위한 조사를 2010년 3월부터 2010년 11월까지 실시하였다. 측정 표본은 20대에서 60대까지 남녀를 대상으로 전국 28개 시, 도, 구에서 인체 치수 및 형상을 측정하도록 하였다. 연령별로 20대 187명, 30대 149명, 40대 146명, 50대 149명, 60대 144명을 대상으로 하였다. 이들의 자료 중에서 Fig. 3과 같이 문을 개방할 때의 자세와 유사한 형태로 일어서서 오른손으로 미는 힘을 측정할 값을 이용하여 국가별 개방력 기준과의 차이를 분석하였다[11].



[Fig. 3] A right-handed man has the right direction for pushing force on the three-dimensional measurement method

3. 결과 및 고찰

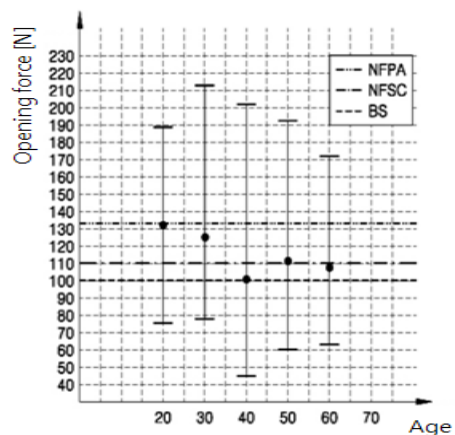
일어서서 오른손으로 미는 힘의 측정 결과는 Table 2과 같다. 연령별 미는 힘의 최대값은 30대 남성에서 214.2 N, 최소값은 50대 여성에서 41.5N이 측정되었다. 또한 측정치의 연령대별 평균값을 확인한 결과 최대값은 30대 남성에서 123.5N이었으며, 최소값은 60대 여성에서 73.8 N이 측정되었다. 미는 힘의 분포 차이는 남성의 경우 20대는 113.7 N, 30대는 135.9 N, 40대는 128.3 N, 50대는

133.4 N, 60대는 108.7N으로 측정되었다. 그리고 각각의 연령대에서의 분포 차이는 30대, 50대, 40대, 20대, 60대 순서로 나타났다. 여성의 경우 20대는 82.6 N, 30대는 64.6 N, 40대는 78.5 N, 50대는 82.8 N, 60대 59 N으로 측정되었다. 분포 차이는 50대, 20대, 40대, 30대, 60대 순으로 해석되었다. 남성과 여성을 모두 고려하여 연령대별 평균 미는 힘의 분포는 105.3 N에서 91.8 N을 나타내는 것을 알 수 있다.

남자가 일어서서 오른손으로 미는 힘의 연령대별 이산 분포도와 국가별 제연구역 출입문의 미는 힘 기준을 Fig. 4에 나타냈다. 측정 결과의 분석에서 NFSC 501A 보다 20대, 30대, 50대에서는 기준보다 큰 것으로 확인되었고, 40대 및 60대는 기준보다 낮은 것으로 분석되었다. 또한 NFPA 92A 보다 모든 연령대에서 기준보다 낮게 측정되었고, BS-EN-12101-6보다 모든 연령대에서 기준을 큰 값을 나타냈다.

[Table 2] The pushing force measurement by standing up and pushing by right-hand men & women [N]

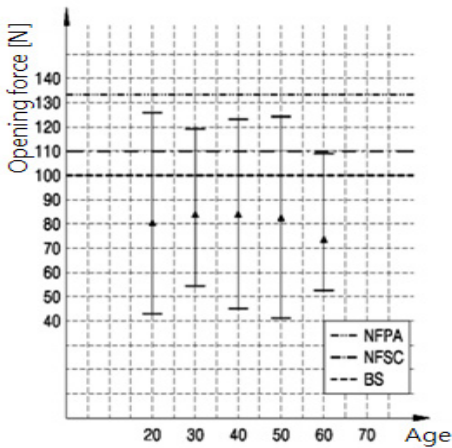
Division		20's	30's	40's	50's	60's
Women	min	43.2	54.4	45	41.5	50.2
	ave	76.4	83.7	85.5	81.1	73.8
	max	125.8	119	123.5	124.3	109.2
Men	min	75.7	78.3	77	60.3	63.3
	ave	130.5	126.5	100.9	111.8	108.8
	max	189.4	214.2	205.3	193.7	172
Average	min	43.2	54.4	45	41.5	50.2
	ave	103.3	105.3	92.9	97	91.8
	max	189.4	214.2	205.3	193.7	172



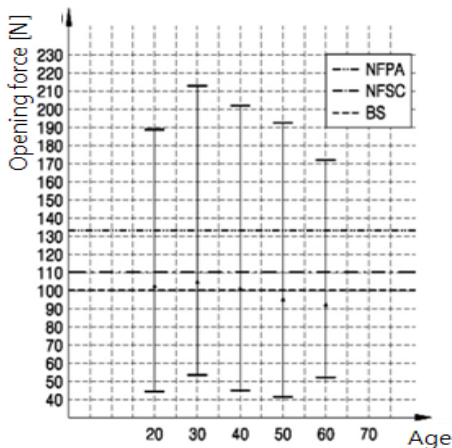
[Fig. 4] The discrete distribution of forces by standing up and pushing by right-handed men

Fig. 5는 일어서서 여성이 오른손으로 미는 힘의 연령대별 이산 분포도와 국가별 제연 구역 출입문의 미는 힘을 비교한 것이다. 모든 연령대의 평균값이 NFSC 501A, NFPA 92A, BS-EN-12101-6 기준보다 낮은 것으로 분석되었다.

Fig. 6은 모든 성별에서 일어서서 오른손으로 미는 힘의 평균에 대한 연령대별 이산 분포도와 국제 기준별 제연구역 출입문의 미는 힘을 분석한 결과이다. NFSC 501A 및 NFPA 92A의 기준보다 모두 낮게 해석되었다. 또한 BS-EN 12101-6보다 20대, 30대, 40대에서는 높은 값을 나타냈으며, 50대 및 60대에서는 적은 값을 나타냈다.



[Fig. 5] The discrete distribution of forces by standing up and pushing by right-handed women



[Fig. 6] The discrete distribution of force by standing up and pushing as per each gender variable

4. 결론

산업통상자원부 기술표준원의 인체표준정보 데이터를 기초로 일어서서 오른손으로 미는 힘의 측정 자료와 NFSC 501A, NFPA 92A, BS-EN 12101-6의 개방력 기준을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 남성이나 여성은 공통적으로 30대에서 미는 힘의 최대값을 나타냈으며, 60대에서 최소값을 나타냈다. 즉, 모든 연령에서 미는 힘의 분포 차이가 큰 것을 알 수 있었다.
- 2) 성별 측정치의 평균을 고려하여 NFSC 501A와 비교 분석한 결과 남성의 20대, 30대, 50대를 제외한 모든 성별과 연령에서 기준보다 낮게 측정되었다.
- 3) NFPA 92A의 경우 모든 성별과 연령에서 측정치의 평균이 기준보다 낮았다. BS-EN 12101-6의 경우 남성은 모든 연령에서 기준보다 높은 것으로 해석되었고, 여성은 모든 연령에서 기준보다 낮았다.
- 4) 평균 측정치를 NFSC 501A 및 NFPA 92A와 비교 분석한 결과 모든 연령에서 기준보다 낮았다. BS-EN 12101-6의 경우 20대, 30대, 40대는 기준보다 높게 해석되었으나 50대 및 60대는 기준보다 낮았다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 NFSC 501A의 제연구역 출입문의 개방력 110N은 한국인의 체형을 고려할 때 과도한 값으로 판단되며, 건축물 및 사용자의 특성 등을 고려하지 않고 국제 기준을 임의로 적용하여 설계에 적용하는 것도 적절하지 못한 것으로 판단된다.

References

- [1] J. O. Lee, C. S. Choi, "Study on the Analysis of Differential Pressure of the Access Door for a Smoke Control Zone and the Effectiveness of the Measurement Criteria of its Opening Force", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 04, pp. 24-30, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.4.024>
- [2] J. O. Lee, C. S. Choi, "Study on the Assessment of the Criteria on a Door Closer for the Optimum Design of the Access Door of a Smoke Control Zone", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 27 No. 03, pp. 66-71, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2013.27.3.066>

- [3] SFPE, "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering", Third Edition, Section 4, Chapter 12 Smoke Control, Chapter 13 Smoke Management in Covered Malls and Atria, pp. 274-310, 2002.
- [4] Dougal Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", Second Edition, Chapter 11, The Production and movement of smoke, pp. 386-401, 2002.
- [5] NEMA, National Fire Safety Code, "NFSC 501A of stair cases of specific fire escape stairs and smoke control systems of ancillary rooms", Administrator at National Emergency Management Agency, 2012.
- [6] Korea Fire Safety Association, "Fire Technician-job training", 2013.
- [7] Korean Industrial Standard, "KS F 2806 Test methods or checking floor-hinges and door-closers method", Korean Standards Association, 2005.
- [8] Korean Industrial Standard, "KS F 4505 Door closer", Korean Standards Association, 2005.
- [9] NFPA 92A, "Standard for smoke-control system utilizing barriers and pressure differences", 2009.
- [10] BS EN 12101-6, "Smoke and heat control systems", Specification for pressure differential systems, 2005.
- [11] Ministry of Industry usual, "Human Dimensions Research", 2010.

최 충 석(Chung-Seog Choi)

[정회원]



- 1993년 2월 : 인하대학교 공과대학 전기공학과 (공학석사)
- 1996년 8월 : 인하대학교 공과대학 전기공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 2008년 2월 : 한국 전기안전공사 전기안전연구원 과장/부장/수석연구원/부원장
- 2008년 3월 ~ 현재 : 전주대학교 소방안전공학과 정교수

<관심분야>

전기설비, 전기화재, 전기안전, 제품안전

이 재 오(Jae-Ou Lee)

[정회원]



- 2009년 8월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학석사)
- 2014년 2월 : 전주대학교 공과대학 소방안전공학과 (공학박사)
- 2006년 2월 ~ 2013년 6월 : (주)도원엔지니어링 부장
- 2013년 6월 ~ 현재 : (주)이린엔지니어링 이사

<관심분야>

화재예방, 건축방재, 소방설비