

피난거리와 장애에 의한 피난시간 연장의 정량화를 통한 피난안전성의 정량적인 평가수법개발

Quantitative Evaluation of Escape Safety Considering Extension of Escape Time by Escape Distance and Escape Barrier

정군식*
Jeong, Gun Sik

Abstract

Escape distance and escape barrier are critical elements for the quantitative evaluation of escape safety. Through theoretical demonstration and modeling in precedent studies, they have been analyzed for their generality and applicability. To make more practical evaluation method, we should quantitatively analyze the influence of each barrier and escape condition on escape safety considering various barriers in escaping routes. In this study, to develop more accurate and applicable escape analysis model, we have focused on three research methods as below: First, we derived quantified function to predict various escape barriers in escaping routes by theoretical analyses of the escape barriers and conditions. Second, we substituted the derived quantified function for an evaluation tool of escape safety suggested by precedent studies. Third, we examined applicability and feasibility of the developed method by modeling with the consideration of the escape conditions and barriers.

Key words : Escape safety, Escape barrier, Escape condition, Escape time, Quantitative evaluation, Network model

요 지

피난안전성의 정량적인 평가를 위해 고려되는 정량적요소로는 피난거리와 피난장애를 대표적으로 들 수 있으며, 선행 연구에서 이론적인 증명과 단순모델 및 실제평면모델을 이용하여 일반성과 적용성에 대하여 검토되었다. 그러나 보다 현실적인 평가수법의 개발을 위해서는 피난경로상에 산재해 있는 다양한 피난장애에 대한 종합적인 검토가 가능해야 하며, 이를 위해서는 각 피난장애와 피난자의 피난조건이 피난안전성에 미치는 영향력에 대한 정량화가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 피난장애와 피난자의 피난조건에 대한 이론적 검토를 통하여 피난경로상에 예상되는 다양한 피난장애의 정량화 함수를 도출하고, 선행연구에서 제시된 피난안전성 평가수법에 대입하고, 단순모델을 이용하여 피난자의 피난조건과 피난장애를 동시에 고려한 평가법의 적용성과 타당성에 대한 검토를 행하는 것으로, 보다 현실적인 피난안전성에 대한 정량적인 평가수법개발로의 연구적 발전을 도모한다.

핵심용어 : 피난 안전성, 피난장애, 피난조건, 피난시간, 정량적 평가, 네트워크모델

1. 서 론

1.1 연구의 목적 및 의의

도시의 팽창 및 과밀화로 인한 건축물의 대형화, 복잡화, 복합화, 고층화는 화재나 지진 및 풍수해, 반사회세력에 의한 테러와 같은 현대사회가 안고 있는 재난에 대한 방재적 측면에서의 대책마련은 더욱 취약해져 간다는 문제점을 안고 있다. 따라서 현행건축법이나 소방법 등에서 규정된 안전규정 이상의 안전대책이 절실히 요구된다고 볼 수 있다.

도시 및 건축물의 안전성 향상을 위한 연구는 많은 연구자와 다양한 분야에서 진행 중에 있으며, 일정 수준이상의 성

과를 올리고 있으나 아직 충분 하다고는 할 수 없다.

예를 들어, 사용편의상 피난경로상에 방치된 물건 및 설치물에 의한 유효 폭의 감소나 문, 단차, 계단 등의 피난장애물이 어느 정도 피난에 장애가 되는가를 정량적으로 판단할 수 있으면 계획단계에서 참고가 되어 보다 안전한 도시 및 건축계획에 기여할 수 있을 것이며, 사용자 및 관리자의 의식변화에 영향을 줄 수 있어 사용상의 효율이나 편리함을 생각함과 동시에 안전성 및 방재성능 향상을 위한 방향으로의 사용성 개선을 위한 근거로써의 활용도 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 피난경로상의 피난장애를 피난조건(운동능력 및 피난형태, 이동형태)에 따라 조사 및 분석하고,

*정회원 · 부산대학교 건축공학과 BK21연수연구원 (E-mail: gunsik72@hanmail.net)

피난경로상에 존재하는 모든 피난장해를 종합적으로 정량화할 수 있는 이론적 검토를 통하여 함수를 도출하고, 피난장해에 의한 피난안전성 저하의 정량화 및 피난거리와 피난장해를 동시에 고려한 선행연구결과와의 접목을 통한 보다 현실적인 피난안전성의 정량적인 평가법 개발을 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구의 선행연구에서는 피난거리와 피난장해가 피난안전성에 미치는 영향에 대한 이론적인 고찰을 위해서, 피난거리의 변화와 피난장해의 유무에 의한 피난안전성의 변화양상의 수학적 증명을 행하고, 단순네트워크 모델을 대상으로 한 케이스스터디를 통하여 객관성을 부여하였으며, 기존의 네트워크의 연결성에 대한 분석법을 이용한 피난안전성의 평가수법(日本建築學會編, 1987)에 피난거리와 피난장해를 평가요소로 한 새로운 피난안전성의 평가수법을 제안하였다. (정군식, 2007, 2008) 그러나, 피난경로상의 장애 자체에 대한 정도의 정량화는 이루어 지지 못하였다.

따라서 본 연구에서는, 피난경로상에 산재하여 있는 피난장해의 종류 및 피난자의 운동능력과 피난형태를 고려하여 피난장해가 피난안전성의 변화에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 이론적 정리를 행하여, 선행연구에서 제시된 피난거리와 피난장해에 따른 피난안전성의 변화함수에 본 연구의 성과를 대입하는 것으로 보다 현실적인 피난안전성의 평가수법을 위한 기초함수를 제시하고, 단순네트워크모델을 이용하여 적용성과 타당성을 검토한다.

2. 문헌고찰과 선행연구

2.1 피난안전성평가에 관한 연구

피난안전성의 정량적인 평가에 관한 연구는 크게 피난시물레이션을 이용한 연구와 피난시물레이션을 이용하지 않는 연구로 나눌 수 있다.

피난시물레이션을 이용한 연구는 컴퓨터 기술과 성능의 향상으로 현실에 가까운 피난안전성의 평가가 가능 하다. 그러나 시물레이션을 위한 프로그램소스의 미공개 및 데이터입력의 오류 등이 해결대상으로 남아있고, 실제계획이 일정수준 이상 진행된 상태에서 평가가 실시되므로 피드백(Feed back)이 어려움 등에 대한 개선이 필요하다고 할 수 있다.

이러한 피난시물레이션에 의존하지 않고, 비교적 용이하게 피난안전성의 평가가 가능하도록 하는 연구를 피난시물레이션을 이용하지 않는 연구로 칭할 수 있는데, 여기에는 수치해석법을 병행한 네트워크해석법을 그 대표적인 연구방법으로 들 수 있으며, 본 연구 또한 위와 같은 맥락상의 연구로서 그 정체성을 설명할 수 있다.

2.2 관련연구에 대한 고찰

피난안전성의 정량적인 평가수법에 대한 연구와 실적 중 본 연구와 밀접하게 관련이 있다고 판단되는 연구는, 먼저 국내의 경우는 가시성 그래프 분석 기법(Visibility Graph Analysis; VGA)기반으로, 피난거리와 공간의 시각적 속성을

피난비용으로 설정하여, 특정 공간이 가진 피난안전성의 평가 모델을 제안하고, 실제 건물을 대상으로 기존의 피난시물레이션의 결과와 비교 분석하여 모델의 일반성을 제시한 연구(최재필, 2006)와, 네트워크이론을 바탕으로 실내공간의 네트워크모델화 방법에 대하여 제안하고 자동연산을 통한 피난경로의 검색가능성에 대하여 논한 연구(오정우, 2007)가 있으며, 복합영화관에서의 화재발생시 문제가 될 수 있는 피난인원의 집중으로 인한 피난과부하에 착안, 화재나 재난의 발생 시에 가장 기본적으로 고려해야 하는 재실자의 피난이라는 조건을 만족시키는 건축계획을 목표로, 화재시물레이션과 피난시물레이션을 이용하여, 화재시물레이션의 CO농도 분포시간과 피난시물레이션의 전원피난시간을 비교하여 피난안전성을 평가한 연구(김중훈, 2007) 등이 있다.

이어, 국외의 경우는 피난포텐셜(Escape Potential)의 평가에 관한 연구(N.B.Berlin, 1980)를 비롯하여, 네트워크해석법에 기초를 둔 연구로서 네트워크에 관한 지수를 정하여 지하가의 분석을 행한 연구(高木幹朗, 1991) 및 뉴럴네트워크(Neural Network)모델을 이용하여 네트워크의 절대치(Value of Weight)의 자동수정을 제안한 연구(青木義次, 2001)를 대표적으로 들 수 있다. 그리고 피난위험도개념을 네트워크에 적용한 연구(岡田成幸, 2003)와 인간의 행동능력과 피난장해의 관계를 피난안전성의 평가요소로 고려한 연구(志田弘二, 1986)를 들 수 있다.

2.3 피난거리와 피난장해에 의한 신뢰도의 변화모델

여기서는 본 연구의 선행연구에서 제시한 피난거리와 피난장해에 의해 변화하는 피난안전성의 변화모델에 대해서 간단히 정리 한다.

2.3.1 피난안전성과 신뢰도

본 연구에서 피난안전성의 평가척도는 확률론적인 개념인 신뢰도로 한다. 신뢰도에 대한 정의는 분야와 연구자에 따라 조금씩 차가 있지만, 신뢰성공학분야(三根 久, 1984)와 시스템엔지니어링분야(近藤次郎, 1970)에서는 신뢰도를, (1)대상이 되는 제품이나 시스템이, (2)일정의 환경(일정의 사용상태)에서, (3)일정기간(또는, 일정의 사용횟수)동안, (4)고장 없이, (5)그 능력을 발휘 할(사명을 달성 할), (6)확률로 정의 하고 있다. 이상의 내용을 근간으로 하여 본 연구에서의 신뢰도는, “재난의 발생시, 피난시작장소에서 안전한 피난완료장소까지의 피난경로가 확보될 확률”로 정의 하였다. 단, 본 연구에서의 신뢰도는 실험이나 시물레이션 등에 의한 일반적 결과치를 근거로 하고 있지 않는다는 연구의 한계성을 이유로 상대적인 척도에 지나지 않는다. 즉, 신뢰도가 2배라고 하여, 안전성도 2배라고 판정 할 수는 없는 실정이다. 그러나 차후 연구 성과의 축적으로 보다 현실적인 신뢰도치의 도출이 가능해 지면 본 연구의 이론에 대입이 가능하며, 보다 현실적인 척도를 구할 수 있다.

2.3.2 변의 신뢰도와 네트워크신뢰도

그림 1은 정점(Node)과 변(Link)으로 피난시작정점(정점S)

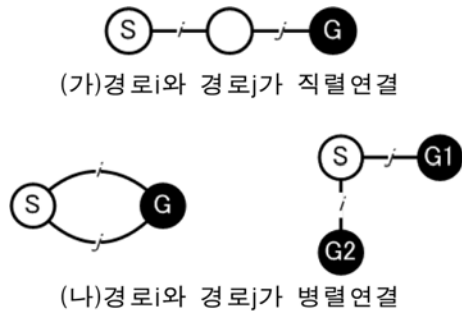


그림 1. 정점S와 정점G(G1,G2)의 연결성을 나타낸 네트워크그래프.

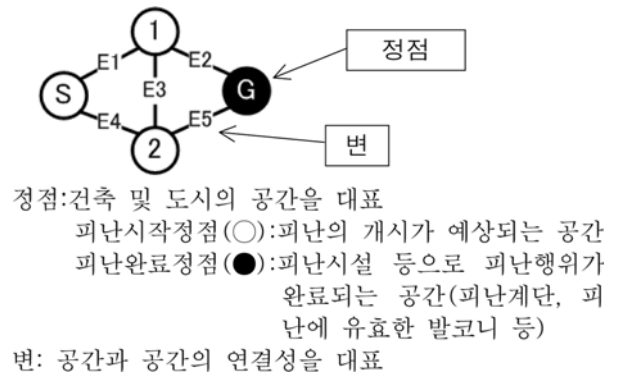


그림 2. 네트워크그래프의 구성.

과 피난완료정점(정점G, 정점G1, 정점G2)의 연결성을 나타낸 네트워크그래프의 일례이다. 이때에, 각 변이 가진 통행가능 확률을 변의 신뢰도(Link Reliability)라 하고, 임의의 출발정점에서 피난정점까지의 피난경로상의 모든 변의 신뢰도를 고려하여 계산한 합성신뢰도를 네트워크신뢰도(Network Reliability)라 정의 한다.

이러한 네트워크모델의 네트워크신뢰도의 계산방법은, 피난 개시정점과 피난완료정점 사이의,

①경로*i,j*가 직렬연결의 경우(그림 1.의 가),

$$R_{ij} = r_i \times r_j \quad (1)$$

②경로*i,j*가 병렬연결의 경우(그림 1.의 나),

$$R_{ij} = 1 - (1 - r_i)(1 - r_j) \quad (2)$$

R_{ij} : 경로*i,j*의 합성신뢰도(네트워크신뢰도)
 r_i : 경로*i*의 변의 신뢰도
 r_j : 경로*j*의 변의 신뢰도
 로 구할 수 있다.

2.3.3 피난거리에 따른 피난안전성의 변화모델
 기존의 네트워크해석법을 이용한 피난안전성의 평가모델(日本建築学会編, 1987)은 네트워크그래프의 규모나 형태의 변화에 영향을 주지 않는 정점의 가감에 의해 네트워크신뢰도의 결과치가 변하고, 네트워크그래프의 연결성이 같으면 규모의 차이에 상관없이 같은 네트워크신뢰도의 결과치가 얻어지는 계산상의 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여, 선행연구에서는 거리에 따라 달라지는 변의 신뢰도의 분포를 지수변화로 가정하고, 이론적인 고찰과 수학적 접근을 통하여 식(3)으로 정리하였다. 이는 임의의 사건이 랜덤하게 발생할 확률에 대하여 증명된 아오키요시즈구(靑木義次, 2006)의 전개이론과 동등한 것으로 객관성을 입증하였다.

$$r(d) = r_0^{d/d_0} \quad (3)$$

$r(d)$: 거리*d*에 대한 변의 신뢰도
 r_0 : 기준거리 d_0 에 대한 변의 신뢰도, 기준변의 신뢰도
 d_0 : 기준거리

2.3.4 피난장애에 따른 피난안전성의 변화모델
 피난거리를 고려한 피난안전성의 평가법은 기존의 네트워크해석법이 안고 있던 문제점들을 해결 할 수 있었다. 그러나 보다 현실적인 평가법을 위해서는 피난경로상에 산재한 장애에 대한 고려가 필요하였다. 따라서 선행연구에서는 피난 경로상의 피난장애를 네트워크신뢰도의 계산에 반영하는 모델을 제안하고, 단순네트워크모델을 이용하여 그 타당성과 일 반성을 증명하였다.

피난경로상의 피난장애와 피난거리에 따른 피난안전성의 변화, 즉 변의 신뢰도 변화는 식(4)로 정리 할 수 있다.

$$r(d) = r_0^{d/d_0} \cdot \prod h_k \quad (4)$$

$r(d)$: 거리*d*에 대한 변의 신뢰도
 h_k : 피난경로상의 k 번째 문의 통과신뢰도($0 \leq h_k \leq 1$)

따라서 식(4)는 문의 통과에 의해 감쇠된 변의 신뢰도치가 결과적으로 장애가 없을 경우와 비교하여 감쇠된 분만큼 피난거리가 늘어난 것과 같은 개념을 설명하고 있다.

2.3.5 네트워크신뢰도계산
 도시 및 건축공간의 연결성을 모델화 한 네트워크모델이 복잡하여 식(1)과 식(2)로 구할 수 없는 경우(그림2의 네트워크그래프의 경우)에는 확률의 가법정리*를 기본알고리즘으로 하는 기계적인 계산이 필요하다. 본 연구에서는 계산의 신속성과 정확성을 위하여 자체개발 한 계산프로그램을 이용하여 네트워크신뢰도를 구한다.

네트워크신뢰도의 계산을 위해서는 기계적인 계산이 가능하도록 네트워크그래프를 행렬(Matrix)로 나타낼 필요가 있다. 본 연구의 네트워크 신뢰도 계산 프로그램은 네트워크 그래프의 피난시작정점에서 피난완료정점까지의 피난경로를 계산하여 피난경로행렬(Path Matrix)을 작성하고, 각 변의 신뢰도를 나타낸 신뢰도행렬(Reliability Matrix)을 작성하여, 계산

*수학분야에서는, 확률의 가법정리를 다음과 같이 정의 하고 있다. n 개의 사상이 있다고 할 때, $A_1 \sim A_n$ 이 배반사상이 아니면, $A_1 \sim A_n$ 의 안에 적어도 하나 이상 발생할 확률은, $\Pr(A_1 + A_2 + \dots + A_n) = \sum \Pr(A_i) - \sum \Pr(A_i A_j) + \dots + (-1)^{n-2} \sum \Pr(A_1 A_2 \dots A_{n-1}) + (-1)^{n-1} \Pr(A_1 A_2 \dots A_n)$ 이다.

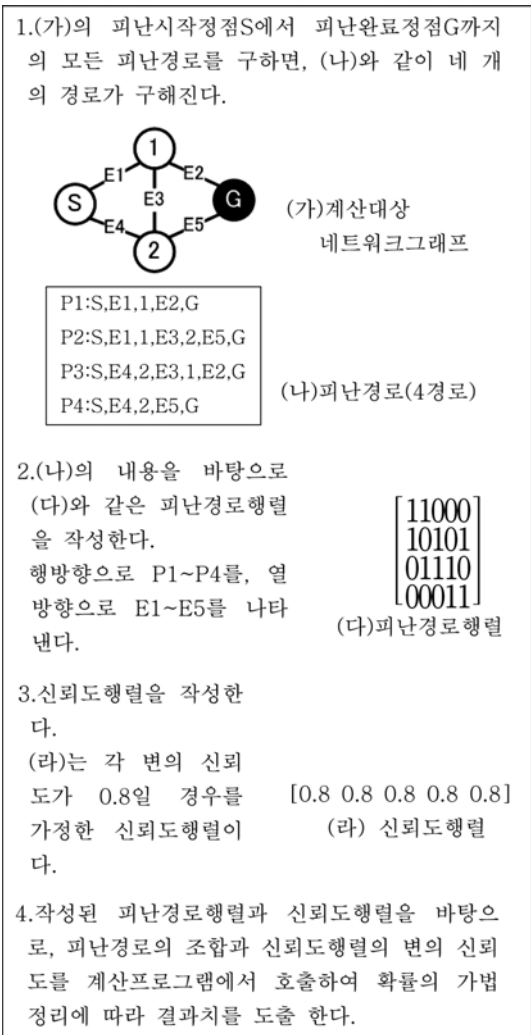


그림 3. 네트워크신뢰도의 계산과정.

프로그램에서 호출하여 자동 연산한다.

그림 3은 네트워크신뢰도의 기계적 계산과정을 설명하고 있다.

3. 피난장해의 정량화

3.1 피난장해와 피난형태 조사 및 분류

본 연구에서는 피난경로상에 존재하고 어떠한 형태로든 피난자에게 피난상의 장애가 되는 요인을 조사 및 분류하여 정량화를 위한 기초자료로써 활용 한다.

본 조사는 불특정 다수의 사용자가 있으며 공공성이 높고, 피난약자(신체적인 부자유를 가진 대상자, 노약자, 임산부 등)의 피난이 예상되는 취침계시열인 병원을 대상으로 실제 도면과 문헌을 바탕으로 행하였다.

조사결과 장애의 종류는 단차, 구배(경사), 통로폭, 문, 군집으로 크게 분류할 수 있으며 이에 대한 구체적인 내용은 표 1에서 정리하고 있다.

각 장애에 대한 특징을 간략히 정리하면 아래와 같다.

①단차는 전도의 위험성을 가지고 있으며 피난 속도의 저하를 초래한다.

표 1. 피난장해의 종류와 내용

종류	내용
단차	전도의 위험이 있다. 피난능력 및 피난형태에 의해 정도의 차이가 있으나 피난 속도의 저하에 영향을 준다. 휠체어 사용자나 운반용 침대의 경우는 단차의 높이에 의해 통과불가능의 상황을 초래할 수도 있다. 계단의 경우는 전도나 휴면어러(계단의 헛디딤)의 위험성이 있다. 또한 피난안전성의 계산을 위해 모델화 할 경우에는 유효폭이 감소하는 것으로 환산 가능하므로 병목현상을 유발하는 것으로 인식되며, 군집유동의 정체 발생 가능성이 있다.
구배(경사)	일반인의 경우 구배가 4°를 넘을 경우에 보행속도에 변화가 발생한다.(日本建築学会編,1980)휠체어 사용자의 경우는 일반인에 비해 변화의 폭이 크다. 특히 오르막의 이동거리가 길어지는 경우에는 피난자체가 불가능한 경우도 있으며, 내리막의 경우는 가속도의 증가로 전도나 충돌 등의 위험이 예상된다.
통로폭	통로의 유효 폭 감소는 군집밀도와 상관관계가 크다. 또한 통로가 좁아있는 경우는 피난자가 통로를 따라 방향을 전환할 때에 피난 속도의 저하를 초래하여 피난시간에 영향을 주게 되고, 통로에 방치물이 존재하는 것은 심각한 피난장해를 초래할 수도 있다. 폭의 관점에서 보게 되면 유효폭의 감소로써 피난시간의 지연을 초래한다.
문	문은 통로의 폭과 관계없이 문의 폭이 통과 폭이 됨으로 피난 속도에 영향을 주게 되며, 문의 형태에 따라 개폐시에 걸리는 시간에 차이는 있으며, 피난유동에 체류를 발생시킨다. 또한 문틀이 바닥면으로부터 솟아나 있는 경우는 피난자의 전도에 위험이 있으며, 휠체어 사용자의 경우는 일반인에 비하여 더욱 많이 시간이 소요된다. 기존의 연구에 의하면 높이 2cm를 초과할 경우 통과 가능한 사람이 줄어든다. 비상용 출입구 등의 단위 폭에 따라서는 휠체어, 이동용 침대 등이 통행불가의 경우가 발생할 수 있다.
군집	다수의 피난자가 동시에 피난을 하게 되는 경우, 결과적으로 피난자 개개인이 피난장해가 된다. 또한 군집밀도에 따라 피난 속도에 영향을 주게 된다.

②구배(경사)는 바닥면의 경사가 4°를 넘으면 피난 속도의 저하를 초래한다.

③통로 폭은 유효 폭의 변화로 군집밀도가 증가하여 피난 속도의 저하를 초래하고, 군집전도의 위험성을 안고 있다.

④문은 통과하는데 소요되는 시간이 결과적으로 피난시간의 연장을 가져오며, 문자체가 가지는 통과가능률에 의해 피난안전성의 변화를 가져온다.

⑤군집은 타피난자가 피난장해가 되는 경우로 피난 속도의 저하 및 앞에서 열거한 바와 같이 군집으로 인해 발생할 수 있는 피난장해가 염려된다.

이 외에도 피난경로의 조도, 화재시 수반되는 열과 유독성 연기, 피난자의 심리적 불안감, 지진 발생 시의 흔들림, 적설 등과 같은 여러 요인의 피난장해를 들 수 있으나 본 연구에서는 대상 외로 하고, 차후의 연구 결과를 기대한다.

피난자의 운동능력과 피난형태의 관계는 그림 4와 같이 피난자의 속성, 자력피난의 가부, 피난형태로 나누어서 각각의 관계를 나타낼 수 있다. 그림과 같이 피난자의 속성은 피난자의 특성에 의해 크게 일반인(건강자)과 피난약자(노약자, 임산부, 신체장애자, 개호가 필요한 환자 등)로 나눌 수 있다.

그러나 예를 들어 일반인 이지만 운동능력이나 판단능력이 결여된 음주자 등은 자력피난가부 부분에서는 자력피난이 곤

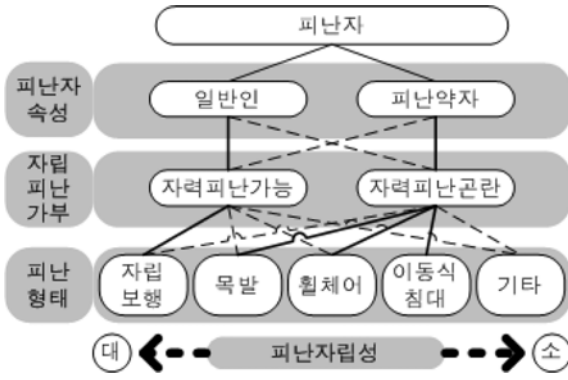


그림4. 피난자의 속성과 피난형태.

란한 상태로 볼 수 있기 때문에 점선으로 관계를 나타낸다. 또한 피난자의 속성에서는 피난약자로 분류되었으나 자립피난의 가부부분에서는 피난장해의 상황에 따라 자립피난이 가능한 경우에 대해서도 점선으로 관계를 나타낸다. 피난형태는 자립피난의 가부에 상관없이 자립보행, 목발, 휠체어, 이동식침대, 기타로 나눌 수 있다. 그림4의 좌측으로 갈수록 피난시에 대한 자립성이 커진다.

3.2 피난장해의 정량화

본 연구에서는 피난장해에 의한 피난안전성의 저하 정도를 장해도라고 정의한다. 예를 들어 문이라는 장해를 통과할 수 있는가 라는 관점에서의 통과신뢰도는 문이 가진 장해의 정도인 장해도에 의해 결정되는 것이다. 즉 장해도는 선행연구에서 정의된 신뢰도의 저하 비율을 의미한다. 따라서 장해도 $O_b = 1$ 의 경우는 피난장해에 의해 피난경로의 통과가 불가능한 것을 의미하며, 장해도 $O_b = 0$ 인 경우는 피난장해가 없다는 것을 의미한다. ($0 \leq O_b \leq 1$)

그림 5의 피난장해가 없는 거리의 최단피난시간을 T_s 로 하고, 같은 거리에 피난장해(계단)가 있는 경우의 피난시간을 T_d 라고 하면, 피난장해에 의해 연장된 피난시간은 식(5)가 된다.

$$T_d = T_e - T_s \quad (5)$$

여기서 피난 속도는 V_0 로 동일하다고 하였을 때, 피난장해에 의해 늘어난 피난시간 T_d 분의 이동거리는

$$D_d = T_d \cdot V_0 \quad (6)$$

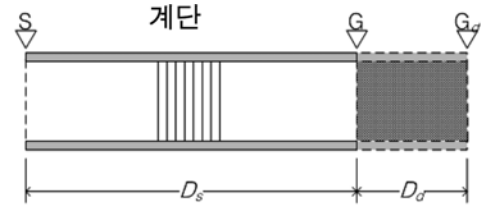
로 나타낼 수 있다.

따라서 피난시간의 지연은 피난거리가 $D_s + D_d$ 로 늘어난 것으로 표현할 수 있으며 식(7)로 정리할 수 있다.

$$(D_s + D_d) = V_0 \cdot T_e \quad (7)$$

그림 5는 계단이라는 피난장해가 결과적으로 피난거리를 D_s 에서 $D_s + D_d$ 로 연장시키게 된다는 관계를 설명하고 있다.

여기서 본 연구의 선행연구에서 정의된 변의 신뢰도 식(3)에 피난장해가 없는 경우(피난거리가 D_s 인 경우)의 변의 신뢰도는 식(8)로, 피난장해에 의해 피난거리가 늘어난 것으로 환산된 경우(피난거리가 $D_s + D_d$ 인 경우)의 변의 신뢰도는 식



계단을 거리로 환산하면 피난거리는 $D_s + D_d$ 가 된다
그림 5. 피난장해에 의해 증가된 피난거리 개념.

(9)로 나타낼 수 있다.

$$r(D_s) = r_0^{D_s/D_0} \quad (8)$$

$$r(D_s + D_d) = r_0^{(D_s + D_d)/d_0} \quad (9)$$

변의 신뢰도는 거리에 의해 지수함수적으로 감소한다고 선행연구에서 가정하였으므로, 장해도 O_b 는 식(10)으로 정의할 수 있다.

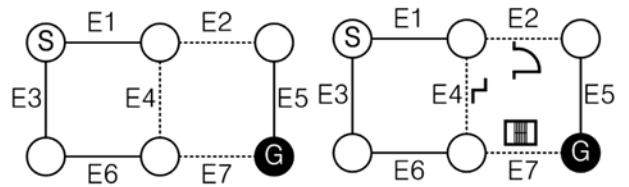
$$O_b = 1 - \frac{r(D_s + D_d)}{r(D_s)} \quad (10)$$

3.3 단순네트워크모델을 이용한 적용성 검토

피난거리와 피난장해를 고려한 기존의 피난안전성평가계산에서는 피난장해의 장해도를 일률적인 가정치로 하였으나, 본 연구에서는 피난경로상에 산재한 장해를 종류별로 나누어 종합적인 계산이 가능하다. 그림6은 기존의 네트워크그래프와 새롭게 제시된 네트워크그래프를 나타내고 있으며 본 계산의 대상으로 한다.

본 네트워크신뢰도 계산은 그림 6의 (나)모델의 각 변의 길이가 모두 같다고 가정하고, 정점S에서 정점G까지의 최단 경로만을 고려한다. 따라서 계산에 사용되는 경로는 표 2와 같다.

모델의 변2, 변4, 변7은 각각 문, 단차, 계단 이라는 장해를 나타내고 있으며 피난형태별 장해도는 표 3과 같이 가정한다.



실선:장해없는 변, 파선:장해있는 변,

⌋:문, ⌋:단차, ▣:계단

(가) 기존의 네트워크모델 (나) 새로운 네트워크모델
: 피난거리와 피난장해의 유무 계산 가능 : 피난거리와 피난장해의 종류별 계산 가능

그림 6. 피난장해의 종류를 나타낸 네트워크모델..

표 2. 최단경로의 매트릭스

링크 번호	1	2	3	4	5	6	7
Path1	1	1	0	0	1	0	0
Path2	1	0	0	1	0	0	1
Path3	0	0	1	0	0	1	1

표 3. 피난형태와 피난장해별 장애도 가정치

구분	자립보행	개호피난	목발피난	휠체어피난	이동식침대	노약자
단차	1.0	0.9	0.9	0.6	0.6	0.9
계단	0.8	0.7	0.6	0.0	0.0	0.7
문	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

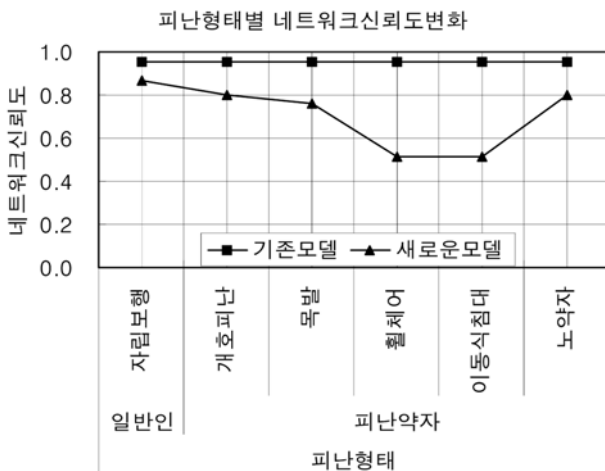


그림 7. 피난형태별 네트워크신뢰도의 변화.

따라서 계산에 사용되는 변의 신뢰도는 장애가 없는 변(변 1, 변3, 변5, 변6)은 0.9, 장애가 있는 변은 표3의 가정치에 0.9를 곱한 값으로 하여 계산을 행한다. 단, 휠체어 피난과 이동식 침대를 이용한 피난의 경우에 계단을 경유하는 피난은 불가능한 것으로 가정한다. 즉, 표2의 Path2와 Path3을 통한 피난은 계산에서 자동적으로 제외된다.

그림 7은 계산의 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서도 보이는 바와 같이, 기존의 모델계산에서는 피난장해의 종류 및 피난자의 피난형태별 차이를 확인 할 수 없으나, 새로운 모델계산에서는 표3의 가정치의 변화에 따른 피난안전성의 차이를 확인 할 수 있다.

자립보행에 비해 휠체어와 이동식침대를 이용한 피난이 현저하게 불리하다는 결과는 실제상황에서 정도의 차이를 나타낼 수는 있으나, 상식적인 범위 내에서 타당성 있는 결과로 볼 수 있다.

따라서 본 결과는 특히 병원이나 노약자 개호를 주로 하는 사회복지시설 등의 계획에서는 피난자의 피난형태를 고려한 계획의 중요성을 시사 한다고 할 수 있으며, 피난계획시에 적정성을 위한 판단기준이 되는 근거로써의 활용이 기대된다.

4. 결 론

본 연구에서는 보다 현실적인 피난안전성의 정량적인 평가수법의 개발을 목표로, 피난경로상의 피난장해가 피난자의 피난조건에 따라 피난안전성에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 문헌조사 및 이론적 고찰을 통한 결과를, 기존의 피난거리와 피난장해를 동시에 고려한 경우의 피난안전성 변화함수에 대입하는 것으로, 보다 현실적인 피난안전성의 정량적 평가함수의 제안 및 단순네트워크 모델을 이용한 적용성 및 타당성 검토를 행하였다.

본 연구에서의 성과는 아래와 같다.

- 1) 도면 및 문헌 조사를 통해 피난장해의 종류와 특징에 대한 분류 및 고찰.
- 2) 피난에 관련된 인간의 속성과 운동능력에 따른 피난형태에 대한 분류 및 고찰.
- 3) 이론적 전개 및 고찰을 통하여 피난장해에 의한 피난시간의 지연을 피난거리의 연장으로 환산할 수 있는 함수의 도출.
- 4) 피난시간의 지연을 피난거리의 연장으로 환산하는 함수를 기존 피난거리와 피난장해에 의해 변화하는 피난안전성 변화함수에 대입하는 것으로 보다 구체적이고 현실적인 피난안전성 평가수법 개발을 위한 이론적 기반 형성.

또한, 기존의 네트워크해석은 피난거리가 짧고 피난장해가 없는 모델이 피난안전성에 무조건 유리한 것으로 결과가 나왔으나, 본 연구의 결과로 피난거리가 짧더라도 피난장해의 종류와 피난형태에 따라 유효한 피난경로가 달라짐을 확인할 수 있다는 이점이 있다.

그러나 본 연구에서 도출된 장애도에 대한 현실적 데이터의 확립을 위해서는 모델적 실험과 시뮬레이션을 통한 객관적이고 일반적인 결과치가 필요하며, 이는 차후의 과제로 하고자 한다.

감사의 글

본 연구를 진행함에 있어 이론적 정리에 도움을 주신 오사카공업대학의 요시무라히데마사(吉村英祐)교수, 피난장해의 조사에 도움을 주신 아카기사키시(尾崎市) 소방서의 카메이케이타(亀井啓太)씨에게 지면을 빌어 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

- 김중훈, 주용성, 이정재 (2007) 화재 피난 시뮬레이션을 통한 복합영화관에서의 피난안전성 검토. 한국건축친환경설비학회 논문집, 한국건축친환경설비학회, Vol.1, No.1, pp. 7-13.
- 오정우, 김경환, 이운선, 김희을 (2007) 실시간 실내 공간관리를 위한 네트워크모델. 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 840-843.
- 최재필, 조형규, 김민석 (2006) 시각과 거리를 이용한 피난비용 분석 기법 개발. 대한건축학회논문집 계획계, 대한건축학회, 22권, 12호, pp. 115-122.

- 鄭軍植, 吉村英祐 (2007) 避難経路の信頼度の距離減衰を考慮した避難安全性の定量的評価について. 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 第616号, pp. 71-76.
- 鄭軍植, 吉村英祐 (2008) 避難障害による避難経路の信頼度の低下を考慮した避難安全性の定量的評価について. 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 第625号, pp. 551-557.
- 高木幹朗, 谷口汎邦, 金鍾石(1991) グラフ・ネットワーク指数の検討とその適用による地下街街路構成の分析. 日本建築学会計画系論文報告集, 日本建築学会, 第422号, pp. 37-44.
- 青木義次, 藤井晴行, 木下芳郎 (2001) 防災計画についてのエキスパートジャッジのモデル化. 日本建築学会計画系論文報告集, 日本建築学会, 第546号, pp. 149-154.
- 岡田成幸, 黒田誠宏 (2003) 地震時の室内変容に伴う人的被害危険度評価に関する研究. 日本建築学会構造系論文報告集, 日本建築学会, 第563号, pp. 83-89.
- 志田弘二, 柳澤忠 (1986) 火災発生時に伴う人命危険の評価法. 日本建築学会計画系論文報告集, 日本建築学会, 第368号, pp. 69-77.
- 村井裕樹, 志田弘二, 八藤後猛, 野村 歡 (2002) 特別養護老人ホーム・介護老人保健施設における火災時の避難安全性に関する研究. 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 第551号, pp. 181-187.
- 吉村英祐 (1987) 迷路状空間からの脱出しやすさの軽量化について. 日本建築学会計画系論文報告集, 日本建築学会, 第375号, pp. 49-56.
- 吉村英祐 (1989) 目標計画法による避難施設配置の有効性の定量的評価法について. 日本建築学会計画系論文報告集, 日本建築学会, 第403号, pp. 9-20.
- 吉村英祐 (1992) 階層分析による評価指標の重みの推定に基づく建築平面の避難安全性の定量的評価について. 日本建築学会計画系論文報告集, 日本建築学会, 第437号, pp. 87-96.
- 三根 久, 河合 一 (1984) 信頼度・保全性の基礎数理. 日科技連出版社, 日本
- 近藤次郎 (1970) システム工学. 丸善, 日本
- 日本建築学会編 (1987) 安全計画II 安全性の評価手法. 彰国社, 日本
- 日本建築学会編 (1980) 建築設計資料集成 単位空間, 丸善, p. 31, 日本
- 青木義次 (2006) 建築計画・都市計画の数学. 数理工学社, pp. 9-12, 日本
- Berlin, N.B. (1980) A Modeling Procedure for Analyzing the Effect of Design on Emergency Escape Potential. PB80-204738

◎ 논문접수일 : 09년 07월 15일

◎ 심사의뢰일 : 09년 07월 17일

◎ 심사완료일 : 09년 08월 11일