

Prediction of Evacuation Time for Emergency Planning Zone of Uljin Nuclear Site

In-Young Jeon · Jai-Ki Lee

Department of Nuclear Engineering, Hanyang University

울진원전 방사선비상계획구역에 대한 소개시간 예측

전인영 · 이재기

한양대학교 원자력공학과

(2002년 8월 9일 접수, 2002년 9월 18일 채택)

Abstract - The time for evacuation of residents in emergency planning zone(EPZ) of Uljin nuclear site in case of a radiological emergency was estimated with traffic analysis. Evacuees were classified into 4 groups by considering population density, local jurisdictions, and whether they are residents or transients. The survey to investigate the behavioral characteristics of the residents was made for 200 households and included a hypothetical scenario explaining the accident situation and questions such as dwelling place, time demand for evacuation preparation, transportation means for evacuation, sheltering place, and evacuation direction. The microscopic traffic simulation model, CORSIM, was used to simulate the behavior of evacuating vehicles on networks. The results showed that the evacuation time required for total vehicles to move out from EPZ took longer in the daytime than at night in spite that the delay times at intersections were longer at night than in the daytime. This was analyzed due to the differences of the trip generation time distribution. To validate whether the CORSIM model can appropriately simulate the congested traffic phenomena assumable in case of emergency, a benchmark study was conducted at an intersection without an actuated traffic signal near Uljin site during the traffic peak-time in the morning. This study indicated that the predicted output by the CORSIM model was in good agreement with the observed data, satisfying the purpose of this study.

Key words : *emergency, evacuation, EPZ, traffic analysis, CORSIM, behavior*

요약 - 방사선 비상사고시 예상되는 주민행동특성 조사 및 교통분석을 통해 실제적인 가정에 기초한 울진원전 비상계획구역내 주민들에 대한 소개시간평가를 수행하였다. 본 연구에서 소개시간은 주민통보, 소개준비 및 차량소개시간으로 구성되었다. 소개대상인구는 비상계획구역내 인구밀도, 행정구역 및 일시체류인구 등을 고려해 4개의 그룹으로 분류하였다. 주민행동특성 조사를 위해 비상계획구역내 200가구에 대해 설문조사를 실시하였으며, 설문조사에는 가상사고상황을 설명하는 시나리오를 포함하여, 거주지, 소개준비 소요시간, 소개시 교통수단, 대피장소, 소개방향 등에 대한 질의를 포함하였다. 계산된 소개시작 시간분포 및 미시적 교통분석모델인 CORSIM을 이용하여 도로상에서 소개하는 각 차량들의 거동을 모사하였다. 본 연구결과에서 모든 소개대상차량이 비상계획구역 외부로 소개하는 데 있어서는 밤보다는 낮에 소개하는 경우에 더 오랜 시간이 소요되며, 반면에 교차로에서의 지체시간은 낮보다는 밤이 더 장시간 지체되는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 차량소개 시작분포에 의한 영향에 기인하는 것으로 분석되었다. CORSIM 모델이 비상사고시 나타날 수 있는 혼잡한 교통현상을 적절히 모사할 수 있는가를 검증하기 위해 오전 출근시간대에 울진원전 주변의 신호등이 없는 교차로에서 Benchmark Test를 수행하였다. 이 시험에서 CORSIM 모델의 예측치는 관찰된 통과차량 수와 잘 일치하여 본 연구 목적을 만족시키고 있음을 확인할 수 있었다.

중심어: 비상, 소개, 비상계획구역, 교통분석, CORSIM, 행동

서 론

원전의 중대사고와 같이 다량의 방사성물질이 환경으로 방출되는 방사선 비상사태에서 고려되는 가장 유력한 주민보호조치는 주민의 소개이다. 미국의 TMI 원전사고나 소련의 체르노빌 원전사고 때에도 주민소개가 이루어 졌다. 그러나 효과적인 보호조치수단이 되기 위해서는 대기 중으로 방출된 방사능이 피해지역에 도달하기 전에 소개가 완료되어야 하기 때문에 실제 사태에서 예상되는 다양한 상황을 고려한 소개 소요시간 및 소개에 따른 문제점들이 사전에 예측·평가되어야 한다. 미국원자력규제위원회(NRC)는 이러한 소개시간평가를 비상계획의 기반기술로서 요건화하였으며[1], 교통분석을 이용하여 소개에 대한 연구를 계속해오고 있다[2-5].

국내에서도 주민소개의 중요성을 인식하여 원전사업자 및 주민보호에 책임이 있는 지방자치단체는 원전인근에 거주하는 주민들을 소개시키는데 얼마의 시간이 소요될 것인가에 높은 관심을 가지고 있다. 그러나 현재 국내에 수립되어 있는 소개시간 평가방법은 소개특성이나 교통분석 등이 고려되지 않은 단순가정에 근거하고 있어 실제사고시의 상황을 적절히 반영하고 있다고 보기 어렵다. 소개시간평가에 있어서 기술적인 측면 외에 또한 고려해야 하는 것이 비상사고시 나타날 수 있는 개인적, 사회적 행동특성이다. 이러한 행동특성에 대해서는 경험이 적은 원자력사고에서 보다는 자연재해나 기타 인위 재난에 대한 연구에서 잘 나타나 있다[6-8]. 본 연구에서는 울진원전 지역을 대상으로 사고시 주민들의 행동특성 및 교통분석 등을 통해 가능한 한 실제적인 가정에 기초한 소개시간을 평가하고자 하였다.

소개시간 평가방법

평가방법

소개 대상인구에 대한 소개시간은 이들의 탑승 차량에 의한 이동시간에 의해 평가되게 된다. 이러한 소개 시간 평가를 위해 교통분석코드 CORSIM[11]을 이용하였다. 미국의 경우 원자력 분야에서 주민소개 평가를 위해 사용해 온 대표적인 컴퓨터 코드는 1980년대에 만들어진 I-DYNEV[4-5]이나 현재의 진보된 컴퓨터 기술에 비해 너무 노후한 프로그램이라는 평가를 받고 있다[12]. 본 연구에서 사용된 CORSIM은 미

국 FHWA(Federal Highway Administration)에서 개발한 TRAF중 하나인 미시적 교통통제 시스템으로 도심가로를 시뮬레이션 할 수 있는 NETSIM을 포함하고 있다. NETSIM은 주로 도심교차로에서의 신호제어, 회전교통량, 버스노선 시뮬레이션 분석 등에 적용되는 모형이나, 교통표지(정지, 양보 표지 등)를 이용한 교통제어기능도 포함하고 있어 이를 적절히 활용하면 본 연구대상지역인 울진원전 주변지역과 같이 대부분의 도로에 신호등이 설치되어 있지 않은 경우에도 적용 가능하다. 오히려 원전사고와 같은 비상사태시에는 신호등에 의한 통제는 현실적으로 기대하기 어려운 측면이 있다. 본 연구에서는 이러한 교통표지에 의한 교통제어가 교차로에서의 병목현상들을 시뮬레이션 하는 데에 적용될 수 있음을 확인하기 위해 벤치마크 시험을 수행하였으며 시험 결과는 결과 및 논의에서 나타나듯이 본 연구목적에 적절히 만족하고 있다.

CORSIM의 입력자료로서는 도로의 기하학적 구조, 도로상태, 지역·시간별 소개차량 분포 등이 필요하다. 이를 위해 링크와 노드로서 그림1의 비상계획구역 도로에 대한 기하학적 구조를 구성하였으며, 도로 현장답사를 통해 도로 및 교차로 상태, 예상자유속도 등에 대한 자료를 수집하였다. 지역별 소개차량 분포자료는 마을분포, 지역별 소개대상인구 및 소개차량 수를 조사함으로써, 시간별 소개차량 분포자료는 사고통보시간 분포, 소개준비시간 분포 및 소개시작시간 분포를 조사·평가함으로써 입력자료를 구하였다. CORSIM의 출력결과는 교차로에서의 병목현상으로 인한 지체시간 및 비상계획구역을 벗어나는 시간대별 차량의 수로서 나타난다.

소개대상지역의 특성자료

울진원전은 울진군 북면에 위치하고 있으며 비상계획구역(원전주변 8km 내외)에는 그림1에 보인 것처럼 북면 및 죽변면 전체와 울진읍 및 원덕읍 일부 행정구역을 포함하고 있다. 이 가운데 북면의 부구리와 나곡리, 죽변면의 죽변리와 후정리는 비상계획구역내 전체인구(7000세대, 21,000여명)의 약 70%(그림 2), 차량은 전체(5100여대)의 74%(그림 3)를 포함하는 인구 밀집지역으로 본 연구에서는 이들을 각각 소개그룹 I, II로 분류하였다. 그 외 인구밀도가 낮은 기타 지역은 소개그룹 III로, 일시체류자에 대한 소개평가를 위해 연간 80만명의 관광객이 찾는 덕구온천[9]이 위치한 북면의 덕구리는 소개 그룹 IV로 분류하였다.

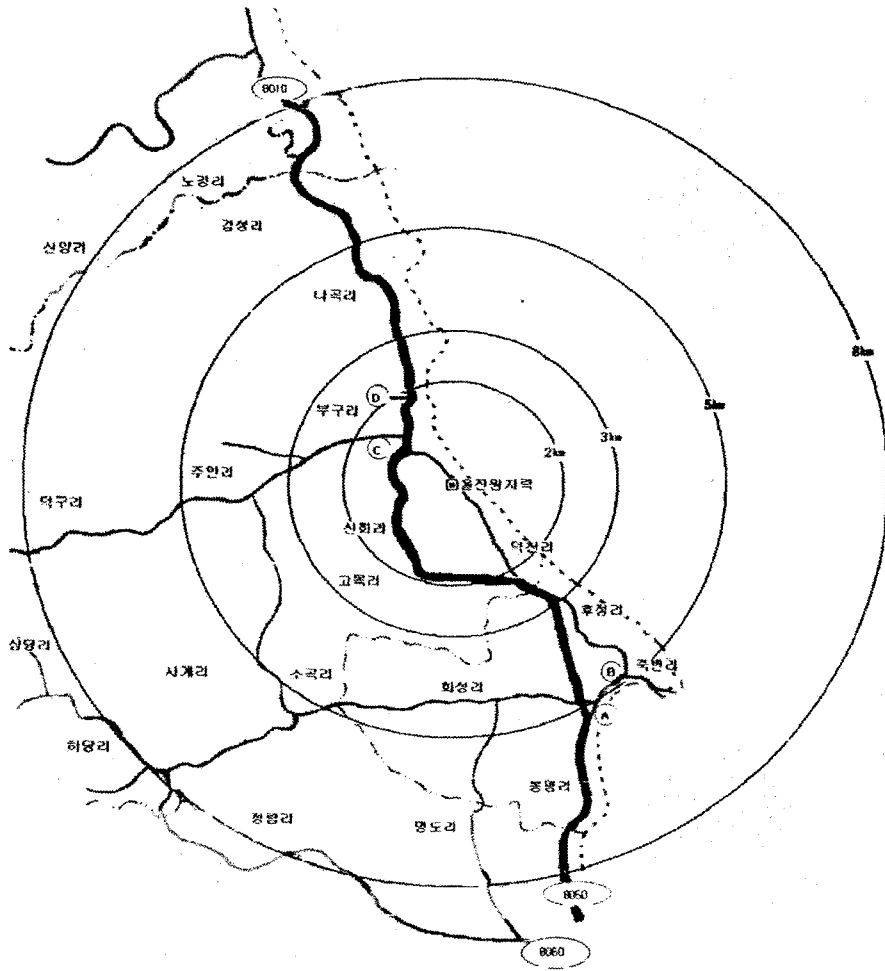


Fig. 1. Schematic map of Emergency Planning Zone of Uljin Nuclear Power Plants

설문조사 결과 차량을 보유하고 있는 가구의 경우 소개를 위해 대중교통을 이용하겠다는 가구는 전체의 1%에 불과했으므로 본 연구에서는 비상계획구역내 전체 차량이 비상계획구역 밖으로 이동하는 것으로 가정하였다. 소개그룹 II는 어선을 200척 보유하고 있으나 소개시점과 당시의 환경여건이 불확실하므로 어선에 의한 소개는 고려하지 않았다.

사고통보시간 분포

원전에서 사고가 발생되면 비상계획구역내의 주민들은 관계기관(원전사업자 및 관할 지방자치단체)으로부터 비상정보 방송을 통해 사고 사실을 접수한 후, 소개준비를 거쳐 차량으로 비상계획구역을 벗어나게 된다. 즉, 주민소개는 사고통보 접수, 소개준비 및 차량소개 등 일련의 3단계

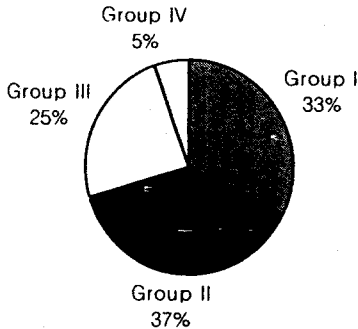


Fig. 2. Population distribution by group in EPZ. Group I: Bugu ; Group II:Jukbyun ; Group III:Remainder; Group IV: Dukgoo.

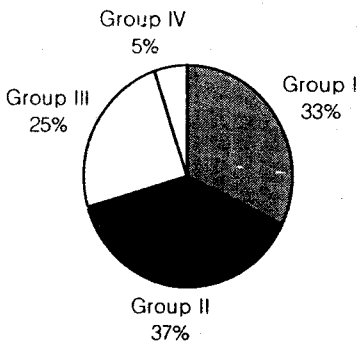


Fig. 3. Vehicle possession distribution by group in EPZ

로 구성되며, 소개시간도 결국 각 단계별로 소요되는 시간을 합산함으로써 산정된다. 그러나 각 단계별 소요시간은 사고통보 체계에 의한 통보 접수시간의 차이 및 소개준비에 있어서의 개인별·가구별 시간차이 등 때문에 단일 시간이 아닌 시간분포로 나타나게 된다.

사고통보에는 주민들에게 사고사실의 전파뿐만 아니라 사고에 따른 주민의 대응행동을 유도하는 정보도 포함되며, 사고통보에 소요되는 시간은 원전 및 지방자치단체의 사고통보 체계에 따라 동일한 비상계획구역 내에서도 지역간에 차이가 있다. 즉, 비상이 발령되면 원전을 중심으로

반경 8km 내외로 설정되어 있는 비상계획구역 중 반경 2km 이내의 지역은 각급 행정단위(읍, 면,리) 방송과 마을방송과 연계한 방송망[9]을 통해 원전에서 직접 송출하는 비상경보방송을 청취할 수 있어 외곽 지역 주민들 보다 대응단계(소개준비)로의 이행시간을 그 만큼 절약할 수 있다. 소개그룹 가운데 그룹II가 직접통보가 가능한 지역에 해당된다. 이러한 시간차이에 의한 통보접수 시간분포를 평가하기 위해 울진군 통보체계 및 현지조사를 수행하였다. 여기에는 통보메시지 접수시간 및 방송 준비시간 등에 소요되는 시간을 고려하였으며, 조사결과를 토대로 평가한 통보 시간분포는 표1과 같다.

소개준비시간 분포

가족구성원중 일부가 소개에 적용을 받지 않을 때를 제외하고는 소개는 가족단위로 이루어진다고 보는 것이 일반적이다. 따라서 소개준비에 소요되는 시간은 언제(낮, 밤 또는 공휴일) 소개통보를 받는가에 따라 큰 차이를 보이게 된다. 즉, 가족구성원 대부분이 함께 있는 밤 또는 휴일의 경우에는 평일 낮에 비해 가족 구성원이 모이는 시간이 생략되므로 그 다음 단계인 차량 이동으로의 이행시간이 그만큼 절약된다. 또한 가족 구성원들의 직업, 성별, 연령, 노약자 유무 등에 따른 가구별 차이와 원전사고에 대한 개인적, 지역 사회적 민감도 차이 등도 소개준비시간에 영향을 미칠 것이다. 이러한 복합적 요소들에 대한 가구별 차이를 조사하기 위해 비상계획구역에 거주하는 200가구에 대해 인터뷰 및 설문조사를 실시하였다. 설문조사 내용에는 가상 사고상황을 설명하는 시나리오를 포함하여 소개에 영향을 줄 수 있는 나이, 성별, 가족 수, 거주지, 소개준비시간, 소개시 교통수단, 소개방향, 대피장소 등에 대한 질의가 포함되었다. 그림4는 준비 소요예상시간에 대한 설문조사 결과를 보여주고 있다. 그림4에서 보는 바와 같이 소개준비시간을 1~2시간으로 응답한 가구가 가장 많았으며, 원전 인근에 있는 그룹 I이 상대적으로 거리가 멀어져 있는 그룹 II, III보다 소개준비시간에 있어서 더 적게 예상하고 있음을 알 수 있다.

소개시작시간 분포

차량들이 도로상에 들어서는 시점에 따라 교통

Table 1. Notification time distribution by group

Information transfer stage	Time distribution (min)	
	Group I	Group II, III, IV
From NPP to residents(I) or County(II,III,IV)	No delay	No delay
From County to local districts(Eup/Myun)		10
From Eup/Myun to village(Ree)		20±10
Village broadcasting to residents		20±10
Total time	No delay	50±20

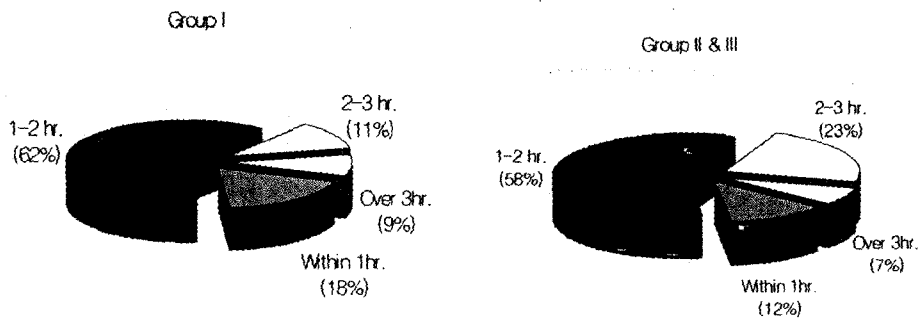


Fig. 4. Preparation time distribution for evacuation in Group I and II & III

체증의 발생 정도가 달라지게 되며, 이것은 결국 전체적인 소개시간에 영향을 미치게 된다. 이러한 차량들의 소개시점 분포는 위에서 조사한 사고통보시간 및 소개준비시간 분포에 의해 계산될 수 있다.

소개그룹 I의 경우는 통보에 소요되는 시간이 생략되므로, 차량 소개 전에 소요되는 시간분포는 소개준비시간 분포와 같게 된다. 소개그룹 II 및 III의 경우는 통보 시간분포와 소개준비 시간분포가 동시에 고려되어야 한다. 소개그룹 IV는 일시 체류자로 분류되는 여행객들로 이들은 대부분 자가용이나 관광버스 등 자체 교통수단을 가지고 있지만, 이들에 대한 적절한 통보수단이 마련되어 있지 않아 주민에 비해 사고통보시간이 지연될 것이다. 이에 반해 소개준비시간은 거주 주민에 비해 단축될 것이므로, 그룹IV에 대해 통보 시간은 30분 지연, 소개준비시간은 30분 단축되는 것으로 가정하였다. 낮의 경우 각 소개그룹별 소개시작 시간분포를 구성하면 그림5와 같다.

밤의 경우에는 가족들이 모이는 시간이 절약되며

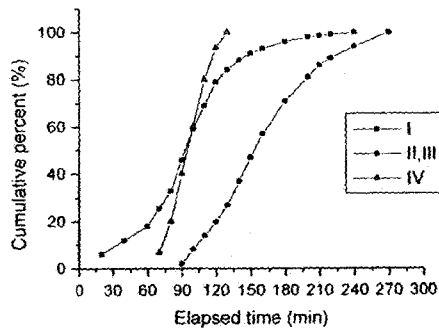


Fig. 5. Trip generation time distribution for evacuation in the daytime

로 소개그룹 I 및 II & III에 대해서는 앞에서 조사한 소개준비시간을 30분 짧게 잡았으며, 낮의 3시간 이상 소개준비시간은 밤의 경우 적용하기에 부적절하여 제외시켰다. 소개그룹 IV에 대해서는 낮의 경우와 같은 분포로 가정하였다. 밤의 경우

각 소개그룹별 소개시작 시간분포는 그림6과 같이 나타났다.

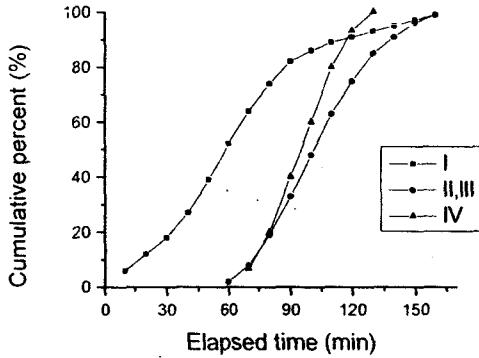


Fig. 6. Trip generation time distribution for evacuation at night

마지막으로 소개차량들의 소개방향이 또한 중요한 변수로서 작용한다. 그림1에서 해안을 따라 굵게 표시된 도로가 7번 국도이며, 대부분의 차량들이 7번 국도를 이용할 것으로 예상된다. 따라서 7번 국도변에 위치한 주거지의 소개그룹 I 및 소개그룹 II의 차량소개 패턴은 전체 비상구역내의 교통흐름에 절대적인 영향을 미치게 된다. 이 그룹들의 소개 방향에 대한 설문조사결과는 그림7과 같이 나타났다.

그룹 III에 대해서는 마을과 가까운 도로로, 그룹 IV에 대해서는 모두 울진 방향으로 대피하는 것으로 가정하였다. 7번 국도상의 배경차량(background traffic)은 낮과 밤에 대해 각각 120대/h, 60대/h로 가정하였다. 또한 비상이 발령된 1시간 후에는 비상계획 구역으로 진입하는 차량은 통제되고, 대신 대중차량을 이용해야하는 주민

들을 위한 소개차량이 30대/h로 진입하는 것으로 가정하였다.

결과 및 논의

벤치마킹

CORSIM 모델이 비상시 나타날 수 있는 혼잡한 교통현상을 적절히 모의할 수 있는가를 검증하기 위해 출근 시간대에 울진원전 주변의 신호등이 없는 교차로에 대해 벤치마킹을 수행하였다. 실험이 수행된 도로는 2차선으로 그림8과 같다. 30분 동안 2분마다 측정된 ①, ②, ③에서 입력되는 차량 발생량은 그림9에, 교차로에 진입하는 차량들의 회전교통량은 표2에 보이고 있다. 교차로에서 직진 또는 회전하는 교통량은 개별 차량의 수가 아닌 비율(%)로서 계산하였는데 이 방법은 본 연구의 소개시간 평가에서 수행한 계산방법과 동일한 것이다. 그림12의 입력차량을 이용하여 ④ 지점을 통과하는 차량의 수를 예측하였다. Mean queue discharge headway는 1.7초, 자유속도(free flow speed)는 20 mile h⁻¹로 하였다.

④의 지점을 실제 통과한 차량과 CORSIM 모델에 의해 예측된 차량 수의 비교는 그림10 및 11에서 나타나고 있다. 그림10은 시간별 예측량으로 실제 통과한 차량의 수를 적절히 예측하고 있지는 않다. 이것은 교차로에 진입하는 차량들의 회전교통량을 개별 차량수가 아닌 일정시간 동안의 평균비율로서 모의한 결과에서 나온 것이므로 어느 정도의 차이는 이미 예견된 것이다. 그러나 통과차량에 대한 시간대별 누적차량은 그림11에서 보는 바와 같이 최대 15%까지 저평가하고 있어 보수적인 관점에서 적절히 만족하는 것으로 판단된다.

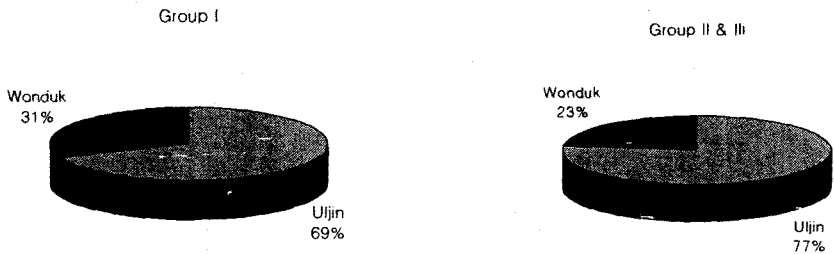


Fig. 7. Survey results for evacuation direction

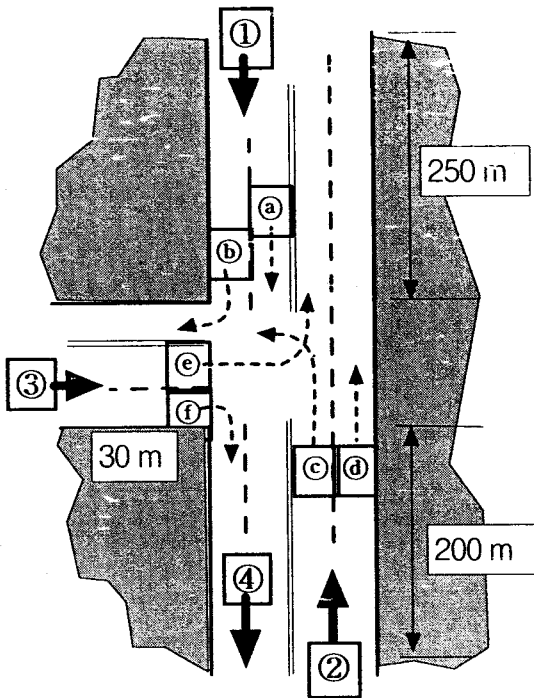


Fig. 8. Schematic of road tested

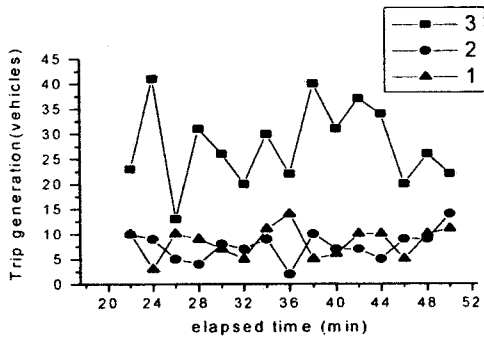


Fig. 9. Input rate of vehicles for the benchmark test. The number indices denote the roadways given in Fig. 8.

Table 2. Through or turning percent of vehicles entering the intersection.

Roadway	1	2	3
Direction	(a) (b)	(c) (d)	(e) (f)
Through or turning percent(%)	90	10 30	70 40 60

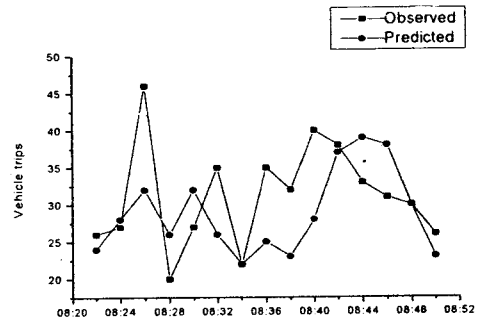


Fig. 10. Comparison of the observed and predicted discharge rate of vehicles exiting the network

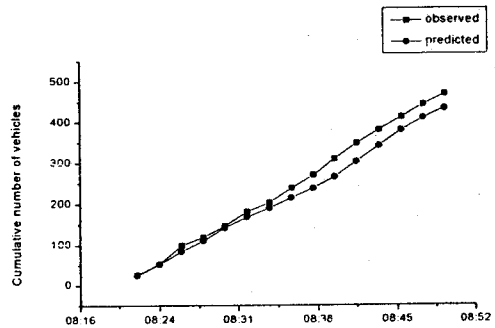


Fig. 11. Comparison of the observed and predicted cumulative number of vehicles exiting the network

소개시간평가

그림5 및 6의 소개 시작시간 분포를 통행발생률로 낮과 밤에 대해 CORSIM으로 모의한 결과는 그림12 및 13에서 보여진다. 여기서 8010, 8050, 8060은 비상계획구역을 벗어나는 도로상의 지점을 나타내는 것으로 그림1에 표시되어 있다. 계산결과는 모든 소개대상차량(인구)이 비상계획구역을 벗어나는 데는 낮에는 5시간, 밤에는 약 3시간이 소요될 것으로 나타났다, 90%의 차량이 소개되는 시간은 낮과 밤 각각 4시간 및 2.5시간으로 나타났다. 이러한 차이의 주요원인은 소개시작 시간분포의 차이에서 찾을 수 있다.

본 연구에서는 대중차량을 이용해야 하는 주민들을 위해 소개차량이 30대/h로 비상계획구역으로 진입하는 것을 가정하였으나 통계조사에서 나

타난 바와 같이 1가구가 1대의 차량으로 이동하는 것을 가정할 때 잔여세대인 약 2000가구는 대중교통수단을 이용해야 한다는 점에서 이들의 소개평가는 보다 심층적인 연구로써 보완될 필요가 있다고 판단된다.

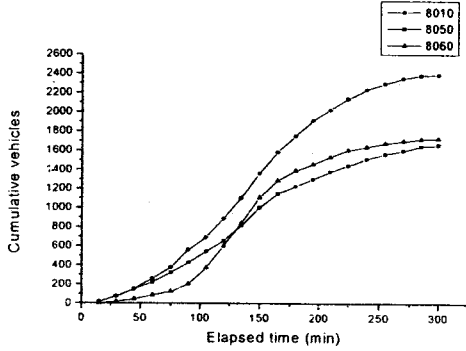


Fig. 12. Cumulative vehicles exiting EPZ in the daytime. Number indices refer to the node points at exit from the EPZ and are shown in Fig. 1.

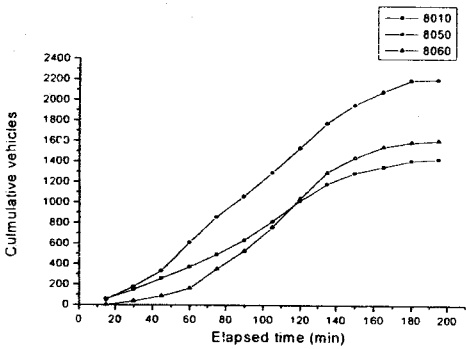


Fig. 13. Cumulative vehicles exiting EPZ at night.

병목구간평가

실제 상황에서 소개가 효과적인 보호조치수단이 되기 위해서는 소개에 따른 문제점들이 사전에 예측되어야 한다. 이와 관련하여 차량정체가 심한 곳을 파악하기 위해 통행량이 많은 도로를 중심으로 차량 정체시간을 평가하였다. 교차로를 중심으로 차량 정체시간을 평가한 결과 그림14

및 15에서 보듯이 죽변읍 삼거리(B), 죽변읍 7번 국도 출구(A), 한수원 아파트 출구(D), 부구 삼거리(C) 순으로 지체가 심할 것으로 나타났다. 여기서 A, B, C, D의 구체적인 지점은 그림1의 지도에서 보여진다. 그림14와 15를 비교하면 차량 정체시간은 낮보다 밤이 더 증가하고 있으며, 밤과 낮의 정체시간 차이가 가장 큰 곳은 죽변읍 7번 국도 출구로 최대 5배까지 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 소개시작시간 분포의 차이에 따른 차량의 집중에 의한 것으로서, 이로 인해 모든 차량이 비상계획구역을 벗어나는 시간은 낮에 소개하는 경우가 밤보다 더 장시간을 요하지만, 실제 개별차량이 비상계획구역을 벗어나는 데 소요되는 시간은 낮의 경우가 밤보다 더 적게 걸리는 결과를 낳는다. 병목현상이 발생하는 구간은 교통 통제에 의해 보다 원활한 교통흐름으로 바꿀 수 있으므로 방사선 사고에 대비해 교통관리대책을 수립해야 할 지점이 된다.

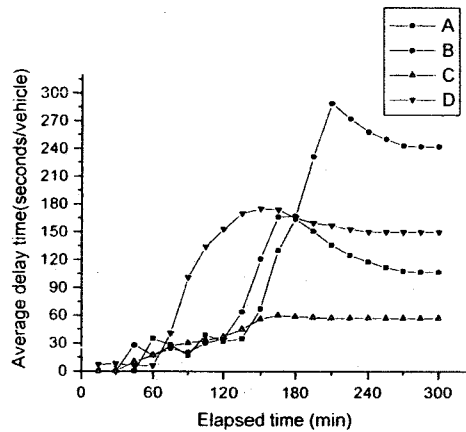


Fig. 14. Average delay time in roads with bottleneck in daytime

설문조사평가

설문조사에서 나타난 흥미로운 결과는 소개시 이용차량과 대피장소이다. 응답자중 차량을 보유하고 있는 경우에는 95% 이상이 자가 차량을 소개하는데 이용하겠다고 답하였으며, 소개후 대피 장소에 있어서도 응답자중 60% 이상이 친척이나 친지 집으로 갈 것이라고 답했다. 이러한 설문조사결과는 지금까지의 비상대책 계획수립시 적용해온 통제에 의한 주민대피 및 주민소개 개념이

더 이상 유효하지 않을 것이라는 것을 시사하는

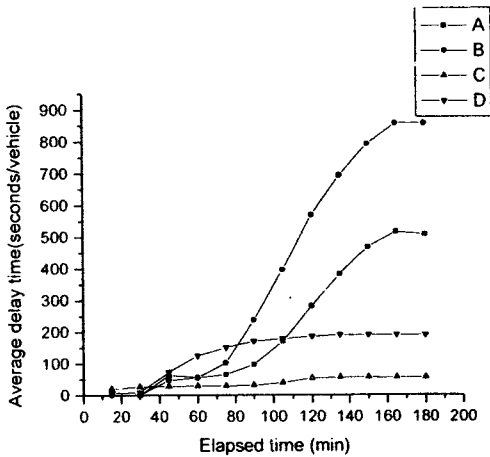


Fig. 15. Average delay time in roads with bottleneck at night

것으로서 앞으로 비상대책 검토에서 고려되어야 할 주요 요소라고 판단된다. 또한 대중교통수단을 이용해야 하는 가구들에 대한 소개차량 및 대피소 지원은 보다 구체적으로 계획되어야 할 것으로 판단된다.

결론

울진원전의 비상계획구역을 중심으로 주민행동 특성 및 교통분석을 고려한 소개시간평가를 수행하였다. 본 연구결과에서 전체 소개대상차량이 비상계획구역 외부로 소개하는 데 있어서는 밤보다는 낮에 소개하는 경우에 더 장시간이 소요되며, 반면에 교차로에서는 낮보다는 밤에 더 장시간 지체되는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 차량소개 시작분포에 의한 영향에 기인하는 것으로 분석되었으며, 이로 인해 전체 차량이 비상계획구역을 벗어나는 시간은 밤보다는 낮에 소개하는 경우 더 장시간 소요되지만, 개별차량으로 볼 때는 낮의 경우가 밤보다 비상계획구역을 벗어나는 데 소요되는 시간이 더 적게 걸린다는 것을 보여주고 있다.

본 연구에 사용된 NETSIM은 도심교차로에서의 신호제어, 회전교통량, 버스노선 시물레이션 등에 주로 적용되는 모형이나, Benchmarking Test를 통해 비상사태시 발생할 수 있는 신호제어가 되지 않는 교차로에서의 병목현상들을 시물

레이션 하는 데에도 우수한 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 사고시 주민행동특성 조사 및 교통분석에 의한 소개시간 평가체계를 수립하였으며, 이러한 방법은 다른 원전의 비상계획구역에 대해서도 동일하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 사고 또는 고장으로 인한 차량지체, 계절적인 혹은 주기적인 차량증가(휴가철 및 장날), 휴일, 교통통제, 소개수단으로서의 버스이용 등으로 인한 소개시간에의 영향에 대해서는 앞으로 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Criteria for Preparation and Evaluation of Radiological Emergency Response Plans and Preparedness in Support of Nuclear Power Plants," U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-0654. Rev. 1(1980).
2. T. Urbanik, A. Desrosiers, M. K. Lindell and C. R. Schuller, "Analysis of Techniques for Estimating Evacuation Times for Emergency Planning Zones," U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-1745(1980).
3. T. E. Urbanik, J. D. Jamison, "State of the Art in Evacuation Time Estimate Studies for Nuclear Power Plants," U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-4831(1992).
4. T. Urbanik II, M. P. Moeller, K. Barnes, "Benchmark Study of the I-DYNEV Evacuation Time Estimate Computer Code," U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-4873(1988).
5. T. Urbanik II, M. P. Moeller, K. Barnes, "The Sensitivity of Evacuation Time Estimates to Change in Input Parameters for the I-DYNEV Computer Code," U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-4874(1988).
6. T. E. Drabek, "Disaster Responses within the Tourist Industry," International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 13(1), 7-23(1995).

7. J. H. Sorensen, B. M. Vogt, D. S. Mileti, "Evacuation: An Assessment of Planning and Research," Oak Ridge National Laboratory, ORNL-6376(1987).
8. E. J. Baker, "Hurricane Evacuation Behavior," International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 9(2), 287-310(1991).
9. "제41회 울진통계연보", 울진군(2001)
10. "울진원전 방사선비상계획서", 울진원전.
11. "CORSIM User's Manual ; Version 5.0," Federal Highway Administration of U.S. Department of Transportation(2001).
12. A. K. Rathi, "A Microcomputer Based Traffic Evacuation Modeling System for Emergency Planning Applications", Oak Ridge National Laboratory, CONF-9505315(1995).