

선로용량 증대를 위한 철도건설의 적정성에 관한 연구

A Study on the Adequacy of Railway Construction to Increase the Line Capacity in Railway

배영규*, 김인철*[†], 강중혁*, 박은경*, 유승열*, 김현지*, 최성균*Yeong Gyu Bae*, In Cheol Kim*[†], Kang Jung Hyuk*, Eun Kyung Park*,

Seung Yeol Yu*, Hyun Ji Kim*, Seong Gyun Choe*

Abstract For building a railway, single or double railways shall be built and operated considering the route capacity required for the railway transportation demand. In general, if a railway capacity is enough, the single railway is built and operated considering the future double railways. And, when the transportation demand increases, the double railway is built. The reason for this is based on the decision that the cost is simply reduced to half when the single railway is built compared to the double railway. This study proposes a method to secure the maximum route capacity with lowest construction cost by comparing line capacities of a single and double railways and the analysing line capacity depending on changes of distances between stations in the same operation condition. Since the line capacity is a base to operate trains, securing the maximum line capacity with the lowest construction cost may become the most efficient railway construction.

Keywords : Line capacity, Construction cost, Single railway, Double railway

초 록 철도를 건설하는 경우에는 철도수송수요에 필요한 선로용량을 감안하여 단선철도 또는 복선철도를 건설하여 운용한다. 일반적으로 선로용량의 여유가 있는 경우에는 건설 비용을 줄이기 위하여 복선전제 단선철도를 건설하여 운영하다가 수송수요가 늘어나면 복선철도를 건설하고 있다. 이는 복선철도 건설보다 단선철도로 건설하면 건설비용이 단순히 절반으로 줄어든다고 판단하기 때문이다. 본 논문에서는 동일 운영조건에서 단선철도와 복선철도의 선로용량을 비교하고, 정거장간 거리의 변화에 따른 선로용량을 분석하여 철도건설에서 최저의 건설비용으로 최대의 선로용량을 확보할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 따라서 선로용량은 열차를 운행할 수 있는 기반이므로 최소의 건설비용으로 최대의 선로용량을 확보하는 것은 가장 효율적인 철도건설이라 할 수 있을 것이다.

주요어 : 선로용량, 건설비용, 단선철도, 복선철도

1. 서 론

철도를 건설하는 것은 목적은 열차를 안전하게 운행하기 위함이다. 따라서 철도건설에서 가장 중요한 핵심은 열차운행가능회수인 선로용량을 얼마나 확보할 수 있는가에 달려있다.

[†] 교신저자: 한국철도공사 연구원(980753@korail.com)

* 한국철도공사 연구원

그러나 철도건설에는 많은 비용이 소요되므로 건설비용이 얼마인가도 중요한 요소일 것이다. 일반적인 철도건설에서 건설초기에는 수송수요가 적다가 일정한 기간이 경과함에 따라 점진적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 초기에는 단선철도로 건설하였다가 수요가 늘어나면 복선철도로 개량하는 경우가 많이 있다.

이 경우 단선철도를 건설하면 복선철도를 건설하는 것보다 건설비용과 건설기간이 거의 절반으로 줄어든다고 판단하는 경우가 많다. 그러나 실제 철도건설에서는 비용이 절반으로 줄어드는 것도 아니고, 건설기간이 절반으로 줄어드는 것도 아니다.

왜냐하면 단선철도를 건설하더라도 열차는 양방향으로 운행하여야 하므로 신호시스템이나 운전설비를 복선철도와 마찬가지로 구비하여야 하고, 단선철도이기 때문에 열차안전을 위하여 안전측선 등의 추가적인 설비도 구축하여야 하기 때문이다.

본 논문에서는 한국철도의 선로용량 산정방법을 소개하고, 단선철도와 복선철도의 건설비용을 비교하고, 정거장거리에 따른 선로용량의 변화 등을 분석하여 경제성과 안전성, 효율성을 가장 충족시키는 철도건설의 방향을 제시하고자 한다.

2. 선로용량의 산정방법

2.1 선로용량의 정의

선로용량은 일정한 구간에 1 일 동안 운전 가능한 최대 열차회수를 의미하며, 한국철도에서는 편도용량을 그 기준으로 한다.

2.2 선로용량의 산정목적

선로용량은 열차운행 계획상 최대.최적의 열차회수를 결정하며, 수송력 증강에 필요한 투자 우선순위 판단 및 애로구간을 해소하는 기준이 된다.

2.3 선로용량의 종류

선로용량의 종류에는 한계용량, 실용용량, 경제용량이 있으며, 일반적으로 선로용량이라고 하면 실용용량을 의미한다.

첫째, 한계용량은 임의의 선구에 일정하게 운전 가능한 최대 열차회수를 한계용량이라고 한다. 즉, 물리적인 한계의 용량을 의미하는 것으로 현실적으로 선로용량을 산정하는 과정에서 필요하다고 할 수 있다.

둘째, 실용용량은 열차의 유효시간대, 시설 보수시간, 운전취급시간 등을 고려하여 산정한 용량을 실용용량이라고 한다.

셋째, 경제용량은 열차운전이 원활하고 최저의 수송원가로 운행할 수 있는 1 일 최대의 열차회수를 경제용량이라고 한다.

2.4 한국철도 선로용량 산정방법

한국철도에서는 복선철도와 단선철도, 고속철도와 일반철도, 전용철도와 혼용철도 등에 따라 구분하여 선로용량을 산정하고 있다.

복선철도와 단선철도는 일반적으로 신호시스템에 따라 차이는 있지만 야마기시방식을 변형한 선로용량 산정방법을 사용하고 있고, 고속과 광역 전용철도는 운전시격 산정을 전제로 한 산정방식을 사용하고 있으며, 혼용철도인 일반철도는 야마기시방식을 변형한 선로용량 산정방법을 사용하고 있다.

2.4.1 복선철도 선로용량 산정방법

$$N = \frac{f \times T}{h(v' + \Sigma v - \Sigma w) + \Sigma wd}$$

$$d = \frac{p}{2q}(t'_n - t_n) + r + u - \left(1 - \frac{p}{2q}\right)(s' - s)$$

$$r = \frac{(N_1 B + \ell + c + t) \times 0.06}{V}$$

$$u = \frac{(N_2 B + \ell + t) \times 0.06}{V}$$

N 선로용량

f 선로이용률(60%)

T 1 일(1,440 분=24 시간×60 분)

h 속행하는 1 군의 고속열차 상호 운전시격

v' 저속열차 횡수 비

- v 고속열차 횡수 비
- w 편도의 전 열차에 대한 임의의 종류의 고속열차의 군수 비
- d 저속열차가 선로용량 산정구간에서 고속열차를 지장하지 않고 앞 정거장까지 운행할 수 있는 최소운전시격
- p 해당구간의 총 역간 수
- q 해당구간의 총 대피역간수
- t'_n 저속열차 1 구간 평균운전시분
- t_n 고속열차의 1 구간 평균운전시분
- r 대피역에 도착할 선착의 저속열차와 후착의 고속열차 사이에 필요한 최소기격
- u 선발의 고속열차와 대피역을 출발하는 후발의 저속열차 사이에 필요한 최소시격
- s' 저속도 열차의 각 역에서의 정차시분
- s 고속열차의 각 역에서의 정차시분(통과를 기준)
- B 폐색신호기간 평균거리(m)
- l 열차장(360m 기준)
- c 신호확인거리(600m)
- t 궤도절연거리
- V 고속열차 평균운행속도(km/h)
- N₁ 현시 - 2, 4 현시 - 4, 5 현시 - 4
- N₂ 3 현시 - 2, 4 현시 - 3, 5 현시 - 3

2.4.2 단선철도 선로용량 산정방법

$$N = \frac{f \times T}{t + c}$$

- N 선로용량
- f 선로이용률(60%)
- T 1 일(1,440 분=24 시간×60 분)
- t 궤도절연거리
- c 폐색취급시간(자동, 연동폐색구간 : 1.5 분, 기계연동구간 : 2.0 분, 통표구간 : 2.5 분)

2.4.3 광역전용철도 선로용량 산정방법

$$N = \frac{f \times T}{h}$$

- N 선로용량
- f 선로이용률(60%)
- T 1 일(1,440 분=24 시간×60 분)
- h 열차 최소운전시격

2.5 복선철도 선로용량 산정 시 기본가정

한국철도 선로용량 산정방법의 산정공식을 적용하여 복선철도 자동폐색구간의 선로용량을 산정할 경우에는 다음 사항을 기본적으로 가정하여야 한다.

첫째, 동일 종류 열차의 작업상 필요한 정차시분은 중간 역에서 모두 동일하다.

둘째, 대피역에서는 열차 수에 관계없이 모두 대피가 가능하다.

셋째, 저속열차가 고속열차를 대피하는데 필요한 추정 지연시분은 열차다이아 상의 최대지연시분과 최소지연시분의 산술평균으로 한다.

넷째, 선로용량은 현재 열차다이아 상의 열차구성, 열차비 등 조건이 동일하다는 가정 하에 계산된 회수를 의미한다.

다섯째, 저속열차는 모든 열차 중에서 최고저속열차를 지칭하며, 그 외의 열차는 고속열차로 간주한다.

여섯째, 복선철도 사용공식 중에서 검산식에 따른 선로용량계산은 일반적으로 표의 계산식 값보다 크기 때문에 생략한다.

일곱째, 새마을열차와 무궁화열차를 고속열차로 간주하나, 운전시분을 고려하여 등급을 분리하고, KTX는 초고속열차로 간주한다.

여덟째, 신호기는 모두 이상적인 상태인 같은 시간간격으로 건식되었음을 전제로 한다.

2.6 선로용량 산정공식 적용 시 기준

한국철도 선로용량 산정방법의 산정공식을 적용하여 선로용량을 산정할 경우에는 다음 사항의 기준을 적용하여야 한다.

첫째, 단선 및 복선 구간의 구별 없이 선로이용율은 모두 60%를 적용한다.

둘째, 선로용량 산정구간은 열차회수 및 조성이 크게 변하지 않는 구간을 기준으로하기 때문에 일반적으로 조성 역간을 1개 선로용량 기준구간으로 한다.

셋째, 중간 역에서 정차시분은 KTX, 새마을열차, 화물열차, 회송열차의 경우에는 0 분, 무궁화열차, 통근열차는 0.5 분 또는 1.0 분을 기준으로 한다.

넷째, 복선자동폐색구간의 h 값은 전체구간에서 일정하게 6 분을 기준으로 한다.

3. 단선철도와 복선철도의 건설비용 비교

일반적으로 단선철도에 비하여 복선철도가 열차운영성이나 안전성이 매우 높다. 이는 정거장간을 폐색구간으로 하는 단선철도가 정거장간에서도 여러 개의 폐색구간으로 분리하여 열차를 운행하는 복선철도보다 열차운영성이 낮고, 1 개의 본선으로 상행과 하행 열차를 교차하여 운행하는 단선철도가 2 개 본선으로 상선과 하선 열차를 분리하여 운행하는 복선철도보다 열차충돌의 위험성이 높기 때문이다.

모든 면에서 복선철도를 건설하는 것이 유리하지만, 철도건설에는 많은 시간과 비용이 소요되므로 비용적인 측면을 간과할 수는 없다. 따라서 비슷한 비용으로 복선철도를 건설할 수 있다면 가장 효과적일 것이다.

일반적으로 철도건설에서 초기의 건설비용을 줄이기 위하여 열차운영성이나 안전성이 떨어지는 단선철도를 건설하였다가 복선철도로 단계적으로 개량하는 경우가 많다.

다음에서는 정거장간 거리변화를 가정한 단선철도와 복선철도의 건설비용을 비교하여 효과적인 방법을 모색해 보고자 한다.

3.1 단선철도와 복선철도의 정거장 건설비용 비교

단선철도는 열차의 교행이나 대피를 위하여 정거장설비는 복선철도와 거의 비슷한 비용이 소요된다. 일정부분 줄어드는 것도 있으나, 열차안전운행을 위하여 복선철도에는 필요하지 않는 안전측선, 건넌선, 양방향신호 등이 추가로 건설되어야하기 때문이다.

Table 1 은 단선철도와 복선철도의 정거장 건설비용을 비교한 것이다.

Table 1 Common railways construction cost of the station

(단위 : 억원)

구분	단선전철	복선전철	비고
노반	83.60	83.60	1km 당
승강장	115.80	115.80	1km 당

건축	49.00	49.00	1km 당
궤도	26.28	26.28	자갈궤도/1km 당
신호	65.35	65.35	1km 당
통신	10.19	10.19	1km 당
전철/전력	19.17	19.17	1km 당
계	369.39	369.39	

Table 1 에서 보는 바와 같이 정거장 건설비용은 단선철도나 복선철도에 관계없이 약 370 억 원이 소요됨을 알 수 있다. 이는 60km 의 철도를 건설할 경우 정거장간 거리가 5km 라고 가정하면 13 개의 정거장에 약 4,810 억원이 소요됨을 알 수 있다. 다만, 정거장의 규모에 따라 차이는 있을 수 있으나 운전취급과 여객취급이 가능한 최소설비를 가정한 것이다.

그러나 통상적으로 단선철도는 약 5km 마다 정거장이 필요하다면 복선철도는 약 10km 마다 정거장을 설치해도 되므로 60km 의 철도건설에 7 개의 정거장만 설치한다고 가정하면 약 2,590 억원만 소요됨을 알 수 있다.

따라서 정거장 건설비용은 단선철도로 건설하는 것보다 복선철도로 건설하는 것이 60km 의 철도건설을 가정하였을 때 약 2,220 억원이 적게 소요된다.

3.2 단선철도와 복선철도의 본선 건설비용 비교

단선철도는 정거장간 본선이 1 개이고, 복선철도는 정거장간 본선이 2 개이다. 따라서 궤도비용은 두배이고 나머지 노반, 신호, 전력 등은 약 1.3~1.4 배의 비용이 추가된다.

Table 2 은 단선철도와 복선철도의 본선 건설비용을 비교한 것이다.

Table 2 Common railways construction cost of line

(단위 : 억원)

구분	단선전철	복선전철	비고
노반	59.00	86.00	1km 당
궤도	7.00	15.00	자갈궤도/1km 당
신호	7.52	10.13	1km 당
전철/전력	13.87	19.17	1km 당
계	87.39	130.30	

Table 2 에서 보는 바와 같이 본선 1km 당 건설비용은 단선철도 약 87 억원, 복선철도 약 130 억원이 소요됨을 알 수 있다. 이는 60km 의 철도를 건설할 경우 13 개의 정거장 구내거리 13km 를 제외한 47km 의 건설에 단선철도는 약 4,107 억원이 소요되고, 복선철도는 약 6,124 억원이 소요됨을 알 수 있다. 다만, 정거장 구내의 길이에 따라 차이는 있을 수 있으나 열차운전취급이 가능한 최소설비를 가정한 것이다.

그러나 통상적으로 단선철도는 약 5km 마다 정거장이 필요하다면 복선철도는 약 10km 마다 정거장을 설치해도 되므로 60km 의 철도건설에 7 개의 정거장만 설치한다고 가정하면 본선연장은 53km 로 늘어나 약 6,905 억원이 소요됨을 알 수 있다.

따라서 본선 건설비용은 단선철도로 건설하는 것보다 복선철도로 건설하는 것이 60km 의 철도건설을 가정하였을 때 약 2,798 억원이 많이 소요된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 60km 의 철도건설을 가정할 경우 13 개 정거장의 단선철도를 건설하면 정거장 및 본선 건설비용은 약 8,917 억원이 소요되고, 7 개 정거장의 복선철도를 건설하면 정거장 및 본선 건설비용은 약 9,495 억원이 소요되어 약 578 억원(6%)의 차이밖에 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

4. 단선철도와 복선철도의 선로용량 비교

4.1 동일구간에서 정거장간거리 변경에 따른 선로용량 변화

철도건설구간이 60km 라고 가정할 경우 정거장간거리를 처음 5km 에서 배수로 확대하면 선로용량의 변화량은 정거장간거리가 길어질수록 복선철도에서는 조금씩 감소하나, 단선구간에서는 급속히 감소함을 알 수 있다.

Table 3 은 단선철도와 복선철도의 정거장간 거리변화에 따른 선로용량 변화량 비교현황을 나타낸 것이다.

Table 3 Line capacity variation

정거장간거리	단선철도			복선철도			선로용량비 (복선/단선)
	정거장수(개)	정거장간거리(m)	선로용량(회)	정거장수(개)	정거장간거리(m)	선로용량(회)	
동일	13	5,000	79	13	5,000	183	2.3
2 배로 확대시	7	10,000	46	7	10,000	174	3.8
3 배로 확대시	5	15,000	32	5	15,000	166	5.2
4 배로 확대시	4	20,000	25	4	20,000	158	6.3

6 배로 확대시	3	30,000	17	3	30,000	145	8.5
12 배로 확대시	2	60,000	8	2	60,000	116	14.5

4.2 단선구간 기준 복선구간 정거장간거리 변경에 따른 선로용량 변화

단선철도의 13 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간 거리변화에 따른 정거장이 감소될 경우 선로용량의 변화 및 정거장 건설비용의 변화를 알아보았다.

정거장의 건설비용이 단선철도와 복선철도가 비슷하므로 감소되는 수에 비례하여 감소됨을 알 수 있다.

Table 4 는 단선철도 13 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간거리 변화에 따른 선로용량 및 건설비용의 변화량을 나타낸 것이다.

Table 4 13 station line capacity and construction costs

정거장간거리	정거장수	정거장거리	선로용량	용량증감	용량비율	정거장건설비용	건설비용차이	비고
단선철도	13	5,000	79	-	-	4802.07	-	
복선철도	동일	13	5,000	183	104	231.6	4802.07	0
	2 배	7	10,000	174	95	220.3	2585.73	-2216.34
	3 배	5	15,000	166	87	210.1	1846.95	-2955.12
	4 배	4	20,000	158	79	200.0	1477.56	-3324.51
	6 배	3	30,000	145	66	183.5	1108.17	-3696.9
	12 배	2	60,000	116	37	146.8	738.78	-4063.29

Table 5 는 단선철도 7 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간거리 변화에 따른 선로용량 및 건설비용의 변화량을 나타낸 것이다.

Table 5 7 station line capacity and construction costs

정거장간거리	정거장수	정거장거리	선로용량	용량증감	용량비율	정거장건설비용	건설비용차이	비고
단선철도	7	10,000	46	-	-	2585.73	-	
복선철도	1/2 배	13	5,000	183	104	397.8	4802.07	2216.34
	동일	7	10,000	174	95	378.3	2585.73	0
	1.5 배	5	15,000	166	87	360.9	1846.95	-738.78
	2 배	4	20,000	158	79	343.5	1477.56	-1108.17
	3 배	3	30,000	145	66	315.2	1108.17	-1477.56
	6 배	2	60,000	116	37	252.2	738.78	-1846.95

Table 6 는 단선철도 5 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간거리 변화에 따른 선로용량 및 건설비용의 변화량을 나타낸 것이다.

Table 6 5 station line capacity and construction costs

정거장간거리	정거장수	정거장거리	선로용량	용량증감	용량비율	정거장건설비용	건설비용차이	비고
단선철도	5	15,000	32	-	-	1846.95	-	
복선철도	1/3 배	13	5,000	183	151	571.9	4802.07	2955.12
	2/3 배	7	10,000	174	142	543.8	2585.73	2216.34
	동일	5	15,000	166	134	518.8	1846.95	0
	4/3 배	4	20,000	158	126	493.8	1477.56	-738.78
	2 배	3	30,000	145	113	453.1	1108.17	-1108.17
	4 배	2	60,000	116	84	362.5	738.78	-1477.56

Table 7 는 단선철도 4 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간거리 변화에 따른 선로용량 및 건설비용의 변화량을 나타낸 것이다.

Table 7 4 station line capacity and construction costs

정거장간거리	정거장수	정거장거리	선로용량	용량증감	용량비율	정거장건설비용	건설비용차이	비고
단선철도	4	20,000	25	-	-	1477.56	-	
복선철도	1/4 배	13	5,000	183	158	732.0	4802.07	3324.51
	1/2 배	7	10,000	174	149	696.0	2585.73	1108.17
	3/4 배	5	15,000	166	141	664.0	1846.95	369.39
	동일	4	20,000	158	133	632.0	1477.56	0
	1.5 배	3	30,000	145	120	580.0	1108.17	-369.39
	3 배	2	60,000	116	91	464.0	738.78	-738.78

Table 8 는 단선철도 3 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간거리 변화에 따른 선로용량 및 건설비용의 변화량을 나타낸 것이다.

Table 8 3 station line capacity and construction costs

정거장간거리	정거장수	정거장거리	선로용량	용량증감	용량비율	정거장건설비용	건설비용차이	비고
단선철도	3	30,000	17	-	-	1108.17	-	
복선철도	1/6 배	13	5,000	183	166	1,076.5	4802.07	3693.9
	1/3 배	7	10,000	174	157	1,023.5	2585.73	1474.56

	1/2 배	5	15,000	166	149	976.5	1846.95	738.39	
	2/3 배	4	20,000	158	141	929.4	1477.56	369.39	
	동일	3	30,000	145	128	852.9	1108.17	0	
	2 배	2	60,000	116	99	682.4	738.78	-369.39	

Table 9 는 단선철도 2 개 정거장을 기준으로 복선철도의 정거장간거리 변화에 따른 선로용량 및 건설비용의 변화량을 나타낸 것이다.

Table 9 2 station line capacity and construction costs

정거장간거리	정거장수	정거장거리	선로용량	용량증감	용량비율	정거장건설비용	건설비용차이	비고
단선철도	2	60,000	8	-	-	738.78	-	
복선철도	1/12 배	13	5,000	183	175	2,287.5	4802.07	4063.29
	1/6 배	7	10,000	174	166	2,175.0	2585.73	1846.95
	1/4 배	5	15,000	166	158	2,075.0	1846.95	1108.17
	1/3 배	4	20,000	158	150	1,975.0	1477.56	738.78
	1/2 배	3	30,000	145	137	1,812.5	1108.17	369.39
	동일	2	60,000	116	108	1,450.0	738.78	0

5. 결 론

선로용량 산정방법에 대한 이론들은 여러 가지가 있다. 그러나 한국철도에서 사용하는 선로용량 산정방법은 전동열차 및 고속열차처럼 동종의 열차만을 운행하는 전용철도만 있는 것이 아니라 대부분 여러 종류의 열차를 혼용하여야 하는 특수성을 고려하여 선로용량 산정방식을 선택하여 사용하지 않으면 안 된다. 따라서 한국철도에서는 산안식을 기초로 하여 현재 한국철도의 설비조건에서 안전하게 많은 열차를 운행할 수 있는 조건으로 선로용량 산정방식으로 채택하여 사용하고 있다.

앞에 비교한 바와 같이 절대적일 수는 없지만 일반적으로 단선철도와 복선철도의 건설비용의 차이가 정거장수와는 비례하고, 본선의 건설비용은 약 1.3~1.4 배의 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 건설비용이 비슷하다는 전제조건 하에서 최대한 선로용량을 늘릴 수 있는 방법은 정거장수를 조정하면 가능할 것으로 분석되었다.

또한, 단선철도는 복선철도에 비하여 열차운영성이나 열차안전성, 선로용량에서 현격히 떨어짐을 알 수 있으며, 단순히 건설비용에서도 단선철도 건설 시 복선철도에서는 필요 없는

열차동시진출입을 위한 안전측선, 건넘선, 양방향 신호설비 등으로 복선철도 건설비용에 비하여 기대만큼의 비용절감이 약 6%에 불과하며, 향후 복선철도 건설시 매몰비용 및 열차운행선에서 시공상 어려움도 고려하여야 할 것이다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 철도를 건설하는 것은 열차를 안전하게 운행하기 위한 설비이고, 열차를 최대한 운행할 수 있는 기반인 선로용량의 측면에서 단선철도를 건설하였다가 수송수요가 증가하면 복선으로 건설하는 것 보다 정거장간 거리를 조정하여 복선철도를 건설하였다가 향후 수송수요가 증가하면 중간정거장을 추가로 건설하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(11PRTD-C059365-02)에 의해 수행 되었습니다.

참고문헌

- [1] H. Kim, C.S. Kim, Y.G. Kim (2006) Development of methods for capacity management of inter-regional railway, Korea Transport Institute, 2006-08, pp. 37~55
- [2] G.H. Lee (2012) A Study on calculating line capacity according to the improvement of railway infrastructure & train schedule, A Thesis for a Degree of Master, Woosong University.
- [3] Y.S. Lim, G.S. Kim, K.H. Sung (2006) A Study on Proper Station Spacing in Urban Railway, Journal of The Korean Society for Railway, 9(6), pp. 766~771.
- [4] H.S. Ki, D.J. Park (2009) Estimating Line Capacity High-Speeding and Diversification of Trains, Journal of The Korean Society for Railway, 12(5), pp. 623~630.
- [5] Minister of land, Transport and Maritime Affairs (2011), Transportation facility investment evaluation guidelines
- [6] D.H. Kim, B.S. Kim (2002) Line Capacity Estimation in Railways, Proceedings of the Safety Management and Science Conference 2002(1), pp. 257~262.
- [7] D.H. Shin (2005) A Derivation of the Urban-Rail Station Capacity Using the Dwell Time Analysis, A Thesis for a Degree of Master, Hanyang University.