

## 부산 지하철, 2호선의 소음원별 특성 연구

유숙진\* · 정경원 · 조정구 · 김봉기 · 송복주 · 이소림 · 도우곤

대기보전과

### A Study on Characteristics of the Noise Source on the Line I, II of Subway in Busan

Sook-Jin You<sup>†</sup>, Kyung-Won Jung, Jeong -Gu Jo, Bong-Gi Kim, Bok-Joo Song, So-Lim Lee and Woo-Gon Do

Air Preservation Division

#### Abstract

As a result of measurement of noise level at subway in Busan area, the noise levels of the line I and the line II reduced about 4-5dB(A) and 6dB(A) in comparing year 2001, respectively. The highest noise level of 80dB(A) was measured at the upward-bound line II (Jigegol ⇒ Mogol, Centum City ⇒ Busan Museum of Modern Art).

The major noise source of the upward-bound line I was identified as promoting moter sound and as impact sound occurred on connected rail in traveling of the electric train, and the major noise source at the downward-bound line I was impact sound occurred on connected rail, and the major noise source of line II was aerodynamic noise.

As a result of improving maintenance such as slow movement of curve section, grinding for reducing squeal noise, and sufficient greasing and oiling work, the noise level is tending to decrease in the subway of Busan.

Key Words: noise level, subway, promoting moter sound, impact sound, aerodynamic noise

#### 서론

생활수준의 향상과 경제규모의 급속한 확대에 따라 부산은 한국경제성장의 중심이 되었으며, 인구증가와 함께 보다 편리한 교통수단을 요구하게 되었고, 그 대책으로 수송 부담률이 높은 지하철<sup>1)</sup>을 건설하게 되었다.

지하철은 전기를 동력원으로 사용하는 전동차량으로서 1974년 서울시에 지하철 1호선이 개통된 이래 지속적으로 전국 대도시에 건설되고 있으며 교통난 해소에 중추적 역할을 담당하고 있다. 따라서 전동차의 수송역할이 증가 하면서 승차감 및 안락감 향상에 대한 요구도 점차 커지고 있어 차량의 실내 외에서 발생하는 소음 및 진동은 심각한 공해문제로 대두되고 있다<sup>2-4)</sup>. 그러나 타 분야에 비해 지하철 전동차의 소음 진동 문제에 대한 연구실적은 미미하며 대부분이 철도차량 및 고속철도 차량에 편중하여 있고 또한 차량 자체의 대책보다는 환경 소음과 관련된 외부로 전파 되는 소음 위주의 연구가 주종을 이루고 있는 실정이다. 이러한 소음 진동 공해는 역사 내에서 탑승을 기다리는 승객에게 미치는 외부 소음 진동과 쾌적한 승차 환경을 저해하는 실내 소음 진동 등이다. 현재 부산 지하철 공사에서는 신규로 제작되는 차량의 차내 소음은 모든 장치를 가동시킨 상태에서 직선구간을 80 km/h의 속도로 공차 운행할 때 소음평균치가 85 dB(LeqdB(A), 5sec)이하이어야 하고 노

선 주변소음은 차량이 최고 운행속도로 주행 시 소음진동규제법을 만족하여야 한다<sup>5)</sup>고 규정하고 있다. 그러나 우리나라는 지하철에 대한 소음진동규제기준이 없어 지하철을 이용하는 대다수 시민들이 상당한 피해를 받고 있는 실정이다. 따라서 본 자료는 정온한 지하철 환경조성을 위한 지하철 소음 진동 관리대책으로서의 활용과 향후 지하철 소음진동기준 설정이 필요하다고 사료되기에 기초 자료로서 제공 하고자 한다.

#### 연구내용 및 방법

##### 측정지점

현재 정상운영중인 부산시의 1, 2호선 지하철을 대상으로 각 구간마다 차량이 출발하여 도착 할 때까지의 등가소음을 측정하였으며 2001년도 이후 우리원에서 측정한 자료를 이용하여 소음의 증감 관계를 규명하였다. 측정구간은 1호선 상·하행선 66개 구간과 2호선 상·하행선 76개 구간이며 무 동력차에서 측정하였다.

##### 측정내용

차량이 출입문을 닫고 출발하는 시점에서 도착하여 출입문이 열리는 시간까지의 구간 등가소음도를 측정하였으며 구간 운행 중 발생한 최고소음도 및 구간별 소음분포도를 조사 하고

<sup>†</sup> Corresponding author. E-Mail: ysjby@hanmail.net  
Phone: 051-888-6816, Fax: 051-888-6817

주파수분석을 통하여 소음원을 조사 하였다.

**측정장비 및 조건**

Symphonie Measurement System 01dB(프랑스) 자동소음측정기를 사용하였으며 소음계의 마이크로폰은 삼각대를 사용하여 1.5 m높이로 하였으며, 청감보정회로는 A특성에 고정하고, 동특성은 빠름으로 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**각 노선별 측정결과**

**1호선(상·하행선 : 노포동 ⇄ 신 평, 66개 구간)**

1호선의 경우 2001년 측정결과와 비교하여 상행선 최고 8 dB(A), 하행선 최고 7 dB(A)이 감소한 것으로 조사되었다. 이는 최고소음 발생구간에 대한 교통공단의 소음대책이 효과를 나타낸 것으로서 곡선구간의 완속 운행 및 스킵소음 발생구간에 대한 레일연마, 도유작업 등을 통한 지속적인 소음저감 노력이 실효를 거둔 것으로 여겨진다.

그러나 일부 구간에서의 등가소음도는 지하철 소음기준에는 적합하나 구간별 최고 소음도(전체구간 평균)가 상행선 82 dB(A), 하행선 84 dB(A)로 58~73%이상이 80 dB(A)을 초과하여 개선이 필요한 것으로 조사되었다. 1호선 상·하행선 중 최고소음도가 80 dB(A) 이상인 구간(안내방송음은 제외)은 상행선(노포동 ⇄ 신 평) 22개 구간, 하행선(신 평 ⇄ 노포동) 19개 구간으로 상·하행선이 유사한 것으로 측정되었으나, 85 dB(A)이상인 구간은 상행선 3개 구간으로 부전동역에서 서면역 87 dB(A), 법내골역에서 법일동역 87 dB(A), 중앙동에서

남포동역 86 dB(A)이며, 하행선 8개 구간은 연산동역에서 교대앞역 91 dB(A), 법일동에서 법내골역 88 dB(A), 남포동역에서 중앙동역 88 dB(A), 부전동역에서 양정역 87 dB(A), 부대앞역에서 장전역 86 dB(A), 자갈치역에서 남포동역 86 dB(A), 대티역에서 서대신동역 86 dB(A), 토성동역에서 자갈치역 85 dB(A)로 상행보다 하행선의 최고소음도 발생구간이 많은 것으로 측정되었다.

또한 상행선(노포동 ⇄ 신 평)의 최고소음 발생원은 추진모터음 발생횟수가 10회(45%), 불연속 레일 충격음 8회(36%), 스킵소음 3회(14%), 환풍기소음 1회(5%)로 전동차 출발 시 발생하는 추진모터음과 전동차 주행 시 불연속 레일 충격음이 주 소음원으로 조사되었다.

하행선(신 평 ⇄ 노포동)의 경우 추진모터음 4회(21%), 불연속 레일 충격음 13회(68%), 환풍기 2회(11%)로 불연속 레일 충격음이 상행선보다 하행선에서 더 많이 발생하는 것으로 측정되었다. 하행선 중 불연속 레일 충격음 발생이 특히 높은 구간은 연산동역에서 교대앞역 91 dB(A), 남포동역에서 중앙동역 88 dB(A), 대티역에서 서대신동역 86 dB(A), 자갈치역에서 남포동역 86 dB(A)으로 평균 4~7 sec정도 발생하여 부산 지하철의 전동차 제작기준을 초과하는 것으로 측정되어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 조사되었다. 1호선 주행 시 자주 발생하는 전동차의 추진모터음 및 스킵소음 등이 빈번하게 발생하여 이용시민들이 지하철을 이용하는 동안 높은 소음에 노출되는 것으로 측정되었다.

**2호선(상·하행선 : 호 포 ⇄ 장 산, 76개 구간)**

2호선의 경우 과년도 측정결과(2001년 2회, 2002년 1회,

Table 1. Result of measurement(2001 ~ 2005)

[Unit : dB(A)]

| item       | Line I    |           | Line II   |           | 지하철 소음기준<br>(도시철도법 제22조의 3)  |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
|            | up-way    | down-way  | up-way    | down-way  |  |
| 1차('01.07) | 77(88~74) | 76(79~72) | 78(85~72) | 78(84~70) | ○ 건설교통부고시<br>(차내소음 제한기준)<br>80dB(A)이하<br>(2000년 이후 제작 차량 적용)<br>○ 부산 지하철 1,2호선 '85년,<br>'99년에 제작(전동차 차내소음<br>기준 85 dB(A) 이하로 설계) |
| 2차('01.09) | 74(77~71) | 75(79~70) | 77(83~71) | 76(81~69) |  |
| 3차('02.08) | -         | -         | 74(78~68) | 75(81~68) |  |
| 4차('03.09) | -         | -         | 75(81~68) | -         |  |
| 5차('05.02) | 72(76~69) | 72(76~66) | 72(80~64) | 72(81~64) |  |

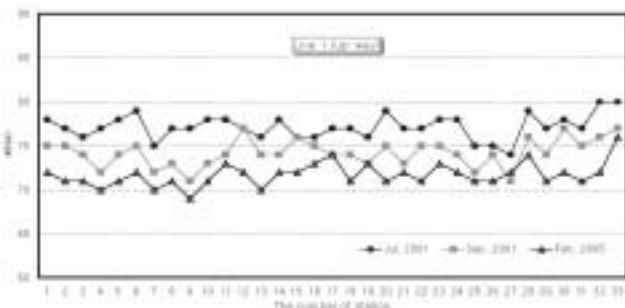


Fig. 1. Variation of noise level in the Line I (up-way).

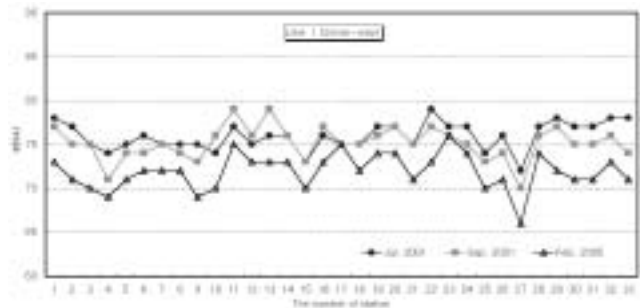


Fig. 2. Variation of noise level in the Line I (down-way).

Table 2. Comparison of noise level measured with year (Line 1)

[Unit : leq dB(A)]

| Line                                   | Line 1 (up-way) |           |           |           | Line                                | Line 1 (down-way) |           |           |           |
|--|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
|  | Jul. 2001       | Sep. 2001 | Feb. 2005 | variation |                                     | Jul. 2001         | Sep. 2001 | Feb. 2005 | variation |
| 1 Nopo→dong Beomeosa                   | 78              | 75        | 72        | ▼6~3      | Beomeosa→Nopo-dong                  | 78                | 77        | 73        | ▼5~4      |
| 2 Beomeosa→Namsan-dong                 | 77              | 75        | 71        | ▼6~4      | Namsan-dong→Beomeosa                | 77                | 75        | 71        | ▼6~4      |
| 3 Namsan-dong→Dusil                    | 76              | 74        | 71        | ▼5~3      | Dusil→Namsan-dong                   | 75                | 75        | 70        | ▼5        |
| 4 Dusil→Guseo-dong                     | 77              | 72        | 70        | ▼7~2      | Guseo-dong→Dusil                    | 74                | 71        | 69        | ▼5~2      |
| 5 Guseo-dong→Jangjeon-dong             | 78              | 74        | 71        | ▼7~3      | Jangjeon-dong→Guseo-dong            | 75                | 74        | 71        | ▼4~3      |
| 6 Jangjeon-dong→Pusan Nat'l Univ.      | 79              | 75        | 72        | ▼7~3      | Pusan Nat'l Univ.→Jangjeon-dong     | 76                | 74        | 72        | ▼4~2      |
| 7 Pusan Nat'l Univ.→Oncheonjang        | 75              | 72        | 70        | ▼5~2      | Oncheonjang→Pusan Nat'l Univ.       | 75                | 75        | 72        | ▼3        |
| 8 Oncheonjang→yeongnyun-dong           | 77              | 73        | 71        | ▼6~2      | Myeongnyun-dong→Oncheonjan          | 75                | 74        | 72        | ▼3~2      |
| 9 Myeongnyun-dong→Dongnae              | 77              | 71        | 69        | ▼8~2      | Dongnae→Myeongnyun-dong             | 75                | 73        | 69        | ▼6~4      |
| 10 Dongnae Busan→Nat'l Univ. Edu.      | 78              | 73        | 71        | ▼7~2      | Busan Nat'l Univ. Edu.→Dongnae      | 74                | 76        | 70        | ▼6~4      |
| 11 Busan Nat'l Univ. Edu.→Yeonsan-dong | 78              | 74        | 73        | ▼5~1      | Yeonsan-dong Busan→Nat'l Univ. Edu. | 77                | 79        | 75        | ▼4~2      |
| 12 Yeonsan-dong→City Hall              | 77              | 77        | 72        | ▼5        | City Hall→Yeonsan-dong              | 75                | 76        | 73        | ▼3~2      |
| 13 City Hall→Yangjeong                 | 76              | 74        | 70        | ▼6~4      | Yangjeong→City Hall                 | 76                | 79        | 73        | ▼6~3      |
| 14 Yangjeong→Bujeon-dong               | 78              | 74        | 72        | ▼6~2      | Bujeon-dong→Yangjeong               | 76                | 76        | 73        | ▼3        |
| 15 Bujeon-dong→Seomyeon                | 76              | 76        | 72        | ▼4        | Seomyeon→Bujeon-dong                | 73                | 73        | 70        | ▼3        |
| 16 Seomyeon→Beomnaegol                 | 76              | 75        | 73        | ▼3~2      | Beomnaegol→Seomyeon                 | 76                | 77        | 73        | ▼4~3      |
| 17 Beomnaegol→Beomil-dong              | 77              | 74        | 74        | ▼3        | Beomil-dong→Beomnaegol              | 75                | 75        | 75        | -         |
| 18 Beomil-dong→Jwacheon-dong           | 77              | 74        | 71        | ▼6~3      | Jwacheon-dong→Beomil-dong           | 75                | 75        | 72        | ▼3        |
| 19 Jwacheon-dong→Busanjin              | 76              | 73        | 73        | ▼3        | Busanjin→Jwacheon-dong              | 77                | 76        | 74        | ▼3~2      |
| 20 Busanjin→Choryang-dong              | 79              | 75        | 71        | ▼8~4      | Busanjin→Jwacheon-dong              | 77                | 77        | 74        | ▼3        |
| 21 Choryang-dong→Busan Station         | 77              | 73        | 72        | ▼5~1      | Busan Station→Choryang-dong         | 75                | 75        | 71        | ▼4        |
| 22 Busan Station→Jungang-dong          | 77              | 75        | 71        | ▼6~4      | Jungang-dong→Busan Station          | 79                | 77        | 73        | ▼6~4      |
| 23 Jungang-dong→Nampo-dong             | 78              | 75        | 73        | ▼5~2      | Nampo-dong→Jungang-dong             | 77                | 76        | 76        | ▼1        |
| 24 Nampo-dong→Jagalchi                 | 78              | 74        | 72        | ▼6~2      | Jagalchi→Nampo-dong                 | 77                | 75        | 74        | ▼3~1      |
| 25 Jagalchi→Toseong-dong               | 75              | 72        | 71        | ▼4~1      | Toseong-dong→Jagalchi               | 74                | 73        | 70        | ▼4~3      |
| 26 Toseong-dong→Dongdaesin-dong        | 75              | 74        | 71        | ▼4~3      | Dongdaesin-dong→Toseong-dong        | 76                | 74        | 71        | ▼5~3      |
| 27 Dongdaesin-dong→Seodaesin-dong      | 74              | 71        | 72        | ▼2~1      | Seodaesin-dong→Dongdaesin-dong      | 72                | 70        | 66        | ▼6~4      |
| 28 Seodaesin-dong→Daeti                | 79              | 76        | 74        | ▼5~2      | Daeti→Seodaesin-dong                | 77                | 76        | 74        | ▼3~2      |
| 29 Daeti→Goejeong                      | 77              | 74        | 71        | ▼6~3      | Goejeong→Daeti                      | 78                | 77        | 72        | ▼6~5      |
| 30 Goejeong→Saha                       | 78              | 77        | 72        | ▼6~5      | Saha→Goejeong                       | 77                | 75        | 71        | ▼6~4      |
| 31 Saha→Dangni                         | 77              | 75        | 71        | ▼6~4      | Dangni→Saha                         | 77                | 75        | 71        | ▼6~4      |
| 32 Dangni→Hadan                        | 80              | 76        | 72        | ▼8~4      | Hadan→Dangni                        | 78                | 76        | 73        | ▼5~3      |
| 33 Hadan→Sinpyeong                     | 80              | 77        | 76        | ▼4~2      | Sinpyeong→Hadan                     | 78                | 74        | 71        | ▼7~3      |

※ 1-33(The number of station)

2003년 1회(상행)와 비교하여 상행선 최고 13 dB(A), 하행선 최고 10 dB(A)이 감소한 것으로 조사되었다. 2호선은 1호선과 달리 일부 구간에서는 과년도의 소음도 결과보다 증가한 구간이 있는 것으로 조사되었다. 특히 지게골역에서 못골역 구간의 소음도가 증가한 것으로 측정되었으며 센텀시티역에서 시립미술관역(상행 80, 하행 81) 구간의 증가소음도가 80 dB(A) 이상으로 나타나 대책이 수립되어야 할 것으로 측정되었다.

구간별 최고소음도를 살펴보면 상행선(호포 ⇒ 장산) 중 지게골역에서 못골역 89 dB(A), 센텀시티역에서 시립미술관역 88 dB(A)이 가장 높게 발생하였으며, 최고 소음원은 곡선구간의 전동차 운행 시 발생하는 공력소음으로 조사되었다. 소음성

난청을 유발하는 80 dB(A) 이상 소음도 중 폭로시간이 가장 긴 구간은 덕천역에서 구명역(28 sec), 수정역에서 덕천역(24 sec) 순으로 최고 소음도는 87~86 dB(A)인 것으로 측정되었다. 상행선의 최고 소음도 발생구간 중 80 dB(A) 이상인 소음의 발생구간은 공력소음 15구간(71%), 스킵소음 3구간(14%), 환풍기 1구간(5%), 제동소음 2구간(10%)으로 주 소음원은 공력소음으로 조사되었다. 지게골역에서 못골역 구간의 주파수 대역별 최고 소음도 분포를 보면 250 Hz~1 KHz 사이의 소음도가 80 dB(A) 이상인 것으로 나타나 추후 방음 재질 선택 시 고려해야 할 것으로 사료된다. 하행선(장산 ⇒ 호포)의 경우 최고소음도 발생구간은 장산역에서 중동역 89 dB(A), 시립미술관역에서

Table 3. Equivalence noise level and the highest noise source (Line I) [Unit : dB(A)]

| Line I (up-way)                          | Leq          | Lmin | Lmax | the highest noise source | Line I (down-way)                     | Leq          | Lmin | Lmax | the highest noise source |
|--|--------------|------|------|--------------------------|---------------------------------------|--------------|------|------|--------------------------|
|  |              |      |      |                          |                                       |              |      |      |                          |
| 1 Nopo-dong → Beomeosa                   | 72           | 55   | 86   | announcements            | Beomeosa → Nopo-dong                  | 73           | 54   | 84   | impact                   |
| 2 Beomeosa → Namsan-dong                 | 71           | 55   | 79   | -                        | Namsan-dong → Beomeosa                | 71           | 55   | 86   | announcements            |
| 3 Namsan-dong → Dusil                    | 71           | 56   | 80   | moter                    | Dusil → Namsan-dong                   | 70           | 55   | 80   | moter                    |
| 4 Dusil → Guseo-dong                     | 70           | 55   | 81   | moter                    | Guseo-dong → Dusil                    | 69           | 56   | 78   | -                        |
| 5 Guseo-dong → Jangjeon-dong             | 71           | 56   | 81   | announcements            | Jangjeon-dong → Guseo-dong            | 71           | 54   | 82   | impact                   |
| 6 Jangjeon-dong → Pusan Nat'l Univ.      | 72           | 56   | 85   | announcements            | Pusan Nat'l Univ. → Jangjeon-dong     | 72           | 55   | 86   | impact                   |
| 7 Pusan Nat'l Univ. → Oncheonjang        | 70           | 57   | 80   | squeal                   | Oncheonjang → Pusan Nat'l Univ.       | 72           | 55   | 85   | announcements            |
| 8 Oncheonjang → Myeongnyun-dong          | 71           | 56   | 83   | moter                    | Myeongnyun-dong → Oncheonjang         | 72           | 58   | 84   | announcements            |
| 9 Myeongnyun-dong → Dongnae              | 69           | 55   | 83   | moter                    | Dongnae → Myeongnyun-dong             | 69           | 54   | 82   | moter                    |
| 10 Dongnae → Busan Nat'l Univ. Edu.      | 71           | 56   | 83   | announcements            | Busan Nat'l Univ. Edu. → Dongnae      | 70           | 55   | 83   | announcements            |
| 11 Busan Nat'l Univ. Edu. → Yeonsan-dong | 73           | 55   | 84   | impact                   | Yeonsan-dong → Busan Nat'l Univ. Edu. | 75           | 54   | 91   | fan + impact             |
| 12 Yeonsan-dong → City Hall              | 72           | 55   | 79   | -                        | City Hall → Yeonsan-dong              | 73           | 54   | 86   | announcements            |
| 13 City Hall → Yangjeong                 | 70           | 54   | 82   | moter                    | Yangjeong → City Hall                 | 73           | 55   | 84   | impact + announcements   |
| 14 Yangjeong → Bujeon-dong               | 72           | 55   | 83   | announcements            | Bujeon-dong → Yangjeong               | 73           | 54   | 87   | impact + announcements   |
| 15 Bujeon-dong → Seomyeon                | 72           | 56   | 87   | fan                      | Seomyeon → Bujeon-dong                | 70           | 56   | 82   | fan                      |
| 16 Seomyeon → Beomnaegol                 | 73           | 55   | 82   | impact                   | Beomnaegol → Seomyeon                 | 73           | 54   | 86   | announcements            |
| 17 Beomnaegol → Beomil-dong              | 74           | 57   | 87   | impact                   | Beomil-dong → Beomnaegol              | 75           | 54   | 88   | impact                   |
| 18 Beomil-dong → Jwacheon-dong           | 71           | 55   | 80   | impact                   | Jwacheon-dong → Beomil-dong           | 72           | 55   | 82   | impact                   |
| 19 Jwacheon-dong → Busanjin              | 73           | 55   | 83   | impact                   | Busanjin → Jwacheon-dong              | 74           | 55   | 84   | impact                   |
| 20 Busanjin → Choryang-dong              | 71           | 55   | 79   | -                        | Busanjin → Jwacheon-dong              | 74           | 56   | 84   | impact                   |
| 21 Choryang-dong → Busan Station         | 72           | 56   | 83   | moter                    | Busan Station → Choryang-dong         | 71           | 56   | 82   | announcements            |
| 22 Busan Station → Jungang-dong          | 71           | 55   | 79   | -                        | Jungang-dong → Busan Station          | 73           | 56   | 88   | announcements            |
| 23 Jungang-dong → Nampo-dong             | 73           | 56   | 86   | impact                   | Nampo-dong → Jungang-dong             | 76           | 55   | 88   | impact                   |
| 24 Nampo-dong → Jagalchi                 | 72           | 55   | 82   | moter                    | Jagalchi → Nampo-dong                 | 74           | 56   | 86   | impact                   |
| 25 Jagalchi → Toseong-dong               | 71           | 55   | 83   | moter                    | Toseong-dong → Jagalchi               | 70           | 55   | 85   | moter                    |
| 26 Toseong-dong → Dongdaesin-dong        | 71           | 56   | 81   | squeal                   | Dongdaesin-dong → Toseong-dong        | 71           | 55   | 79   | -                        |
| 27 Dongdaesin-dong → Seodaesin-dong      | 72           | 55   | 83   | squeal + fan             | Seodaesin-dong → Dongdaesin-dong      | 66           | 55   | 83   | announcements            |
| 28 Seodaesin-dong → Daeti                | 74           | 55   | 83   | impact                   | Daeti → Seodaesin-dong                | 74           | 55   | 86   | impact                   |
| 29 Daeti → Goejeong                      | 71           | 56   | 79   | -                        | Goejeong → Daeti                      | 72           | 56   | 86   | announcements            |
| 30 Goejeong → Saha                       | 72           | 55   | 82   | moter                    | Saha → Goejeong                       | 71           | 55   | 80   | moter                    |
| 31 Saha → Dangni                         | 71           | 56   | 82   | moter                    | Dangni → Saha                         | 71           | 55   | 85   | announcements            |
| 32 Dangni → Hadan                        | 72           | 56   | 78   | -                        | Hadan → Dangni                        | 73           | 55   | 83   | impact                   |
| 33 Hadan → Snpyeong                      | 73           | 56   | 83   | squeal + impact          | Snpyeong → Hadan                      | 71           | 56   | 81   | announcements            |
| Average                                  | 72           | 55   | 82   | -                        | Average                               | 72           | 55   | 84   | -                        |
| Over 80 dB(A)                            | 22 sections* |      |      |                          | Over 80 dB(A)                         | 19 sections* |      |      |                          |
| Over 85 dB(A)                            | 3 sections*  |      |      |                          | Over 85 dB(A)                         | 8 sections*  |      |      |                          |

\* except announcements

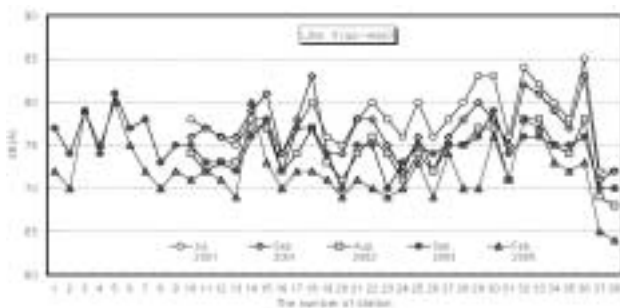


Fig. 3. Variation of noise on the Line II (up-way).

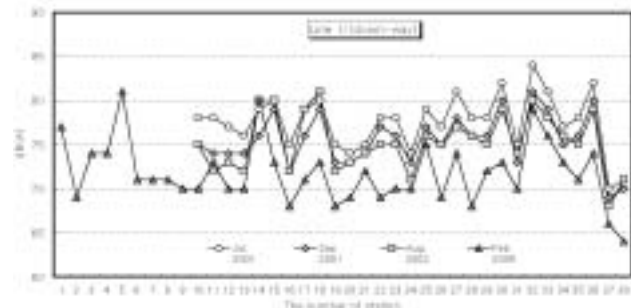


Fig. 4. Variation of noise on the Line II (down-way).

Table 4. Comparison of noise level measured with year (Line II)

[Unit : leq dB(A)]

| Line  | Line II (up-way) |           |           |           |           | variation | Line                                       | Line II (down-way) |           |           |           |       |
|---|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
|   | Jul. 2001        | Sep. 2001 | Aug. 2002 | Sep. 2003 | Feb. 2005 |           |  | Jul. 2001          | Sep. 2001 | Aug. 2002 | Feb. 2005 |       |
| 1 Jungdong → Jangsan                          | -                | -         | -         | 77        | 72        | ▼5        | Jangsan → Jungdong                         | -                  | -         | -         | 77        | -     |
| 2 Haeundae → Jungdong                         | -                | -         | -         | 74        | 70        | ▼4        | Jungdong → Haeundae                        | -                  | -         | -         | 69        | -     |
| 3 Dongbaek → Haeundae                         | -                | -         | -         | 79        | 79        | -         | Haeundae → Dongbaek                        | -                  | -         | -         | 74        | -     |
| 4 Busan Museum of Modern Art → Dongbaek       | -                | -         | -         | 74        | 75        | ▲1        | Dongbaek → Busan Museum of Modern Art      | -                  | -         | -         | 74        | -     |
| 5 Centum City → Busan Museum of Modern Art    | -                | -         | -         | 81        | 80        | ▼1        | Busan Museum of Modern Art → Centum City   | -                  | -         | -         | 81        | -     |
| 6 Millak → Centum City                        | -                | -         | -         | 77        | 75        | ▼2        | Centum City → Millak                       | -                  | -         | -         | 71        | -     |
| 7 Suyeong → Millak                            | -                | -         | -         | 78        | 72        | ▼6        | Millak → Suyeong                           | -                  | -         | -         | 71        | -     |
| 8 Gwangan → Suyeong                           | -                | -         | -         | 73        | 70        | ▼3        | Suyeong → Gwangan                          | -                  | -         | -         | 71        | -     |
| 9 Geumnyeonsan → Gwangan                      | -                | -         | -         | 75        | 72        | ▼3        | Gwangan → Geumnyeonsan                     | -                  | -         | -         | 70        | -     |
| 10 Namcheon → Geumnyeonsan                    | 78               | 76        | 74        | 75        | 71        | ▼7~3      | Geumnyeonsan → Namcheon                    | 78                 | 75        | 75        | 70        | ▼8~5  |
| 11 Kyungseong, Pukyong Nat'l Univ. → Namcheon | 77               | 77        | 72        | 73        | 72        | ▼5~0      | Namcheon → Kyungseong, Pukyong Nat'l Univ. | 78                 | 74        | 72        | 73        | ▲1~5  |
| 12 Daejeon Kyungseong, Pukyong Nat'l Univ.    | 76               | 76        | 73        | 73        | 71        | ▼5~2      | Kyungseong, Pukyong Nat'l Univ. → Daejeon  | 77                 | 74        | 73        | 70        | ▼7~3  |
| 13 Motgol → Daejeon                           | 75               | 76        | 73        | 72        | 69        | ▼7~3      | Daejeon → Motgol                           | 76                 | 74        | 72        | 70        | ▼6~2  |
| 14 Jigegol → Motgol                           | 78               | 79        | 77        | 76        | 80        | ▲4~1      | Motgol → Jigegol                           | 79                 | 76        | 80        | 80        | ▼4~0  |
| 15 Munhyeon → Jigegol                         | 78               | 81        | 77        | 78        | 73        | ▼8~4      | Jigegol → Munhyeon                         | 80                 | 79        | 80        | 73        | ▼7~6  |
| 16 Munjeon → Munhyeon                         | 74               | 74        | 72        | 72        | 70        | ▼4~2      | Munhyeon → Munjeon                         | 75                 | 72        | 72        | 68        | ▼7~4  |
| 17 Jeonpo → Munjeon                           | 77               | 78        | 74        | 77        | 72        | ▼6~2      | Munjeon → Jeonpo                           | 79                 | 76        | 79        | 71        | ▼8~5  |
| 18 Seomyeon → Jeonpo                          | 80               | 83        | 77        | 77        | 72        | ▼11~5     | Jeonpo → Seomyeon                          | 80                 | 79        | 81        | 73        | ▼8~6  |
| 19 Buam → Seomyeon                            | 76               | 74        | 73        | 74        | 71        | ▼5~2      | Seomyeon → Buam                            | 75                 | 73        | 72        | 68        | ▼7~4  |
| 20 Gaya → Buam                                | 75               | 74        | 71        | 70        | 69        | ▼6~1      | Buam → Gaya                                | 74                 | 73        | 73        | 69        | ▼5~4  |
| 21 Donggeui Univ. → Gaya                      | 78               | 78        | 74        | 75        | 71        | ▼7~3      | Gaya → Donggeui Univ.                      | 75                 | 74        | 74        | 72        | ▼3~2  |
| 22 Gaegum → Donggeui Univ.                    | 80               | 78        | 76        | 75        | 70        | ▼10~5     | Donggeui Univ. → Gaegum                    | 78                 | 77        | 75        | 69        | ▼9~6  |
| 23 Naengjeong → Gaegum                        | 78               | 75        | 74        | 70        | 69        | ▼9~1      | Gaegum → Naengjeong                        | 78                 | 76        | 75        | 70        | ▼8~5  |
| 24 Jurye → Naengjeong                         | 76               | 72        | 71        | 73        | 70        | ▼6~1      | Naengjeong → Jurye                         | 74                 | 73        | 71        | 70        | ▼4~1  |
| 25 Gamjeon → Jurye                            | 80               | 76        | 74        | 75        | 73        | ▼7~1      | Jurye → Gamjeon                            | 79                 | 77        | 76        | 75        | ▼4~1  |
| 26 Sasang → Gamjeon                           | 76               | 72        | 72        | 74        | 69        | ▼7~3      | Gamjeon → Sasang                           | 77                 | 75        | 75        | 69        | ▼8~6  |
| 27 Deokpo → Sasang                            | 78               | 76        | 75        | 75        | 74        | ▼4~1      | Sasang → Deokpo                            | 81                 | 78        | 77        | 74        | ▼7~3  |
| 28 Modeok → Deokpo                            | 80               | 78        | 75        | 75        | 70        | ▼10~5     | Deokpo → Modeok                            | 78                 | 76        | 76        | 68        | ▼10~8 |
| 29 Mora → Modeok                              | 83               | 80        | 77        | 76        | 70        | ▼13~6     | Modeok → Mora                              | 78                 | 76        | 75        | 72        | ▼6~3  |
| 30 Gunam → Mora                               | 83               | 78        | 77        | 7         | 76        | ▼7~1      | Mora → Gunam                               | 82                 | 80        | 79        | 73        | ▼9~6  |
| 31 Gumyeong → Gunam                           | 76               | 75        | 71        | 74        | 71        | ▼5~0      | Gunam → Gumyeong                           | 75                 | 73        | 74        | 70        | ▼5~3  |
| 32 Deokcheon → Gumyeong                       | 84               | 82        | 78        | 76        | 78        | ▲2~6      | Gumyeong → Deokcheon                       | 84                 | 81        | 80        | 79        | ▼5~1  |
| 33 Sujong → Deokcheon                         | 82               | 81        | 78        | 76        | 77        | ▲1~5      | Deokcheon → Sujong                         | 81                 | 79        | 78        | 76        | ▼5~2  |
| 34 Hwamyong → Sujong                          | 80               | 79        | 75        | 75        | 73        | ▼7~2      | Sujong → Hwamyong                          | 77                 | 75        | 76        | 73        | ▼4~2  |
| 35 Yulli → Hwamyong                           | 78               | 77        | 74        | 75        | 72        | ▼6~2      | Hwamyong → Yulli                           | 78                 | 76        | 75        | 71        | ▼7~4  |
| 36 Dongwon → Yulli                            | 85               | 83        | 78        | 76        | 73        | ▼12~3     | Yulli → Dongwon                            | 82                 | 80        | 79        | 74        | ▼8~5  |
| 37 Geungok → Dongwon                          | 72               | 71        | 69        | 70        | 65        | ▼7~4      | Dongwon → Geungok                          | 70                 | 69        | 68        | 66        | ▼4~2  |
| 38 Hopo → Geungok                             | 72               | 72        | 68        | 70        | 64        | ▼8~4      | Geungok → Hopo                             | 71                 | 70        | 71        | 64        | ▼7~6  |

※ 1~38(The number of station)

센텀시티역 88 dB(A), 못골역에서 지게골역 88 dB(A) 순이었으며, 소음원은 상행선과 동일한 공력소음으로 조사되었다.

소음성 난청을 유발하는 80 dB(A)이상 최고소음도의 폭로 시간이 가장 긴 구간은 구명역에서 덕천역(36 sec), 시립미술

관역에서 센텀시티역(26 sec) 순으로 최고소음도가 88~87 dB(A)로 측정되었다. 구간별 최고소음도 발생구간은 공력소음 15구간(83%), 스킨소음 3구간(17%)으로 상행선과 유사한 경향을 나타내었다.

Table 5. Equivalence noise level and the highest noise source(Line II) [Unit : dB(A)]

|               | Line II (up-way)                       |      |      |                          |                     | Line II (down-way) |  |      |                          |                     |                |    |
|---------------|--|------|------|--------------------------|---------------------|--------------------|--|------|--------------------------|---------------------|----------------|----|
|               | Leq                                    | Lmin | Lmax | the highest noise source | Explosive time(sec) | Leq                | Lmin                                   | Lmax | the highest noise source | Explosive time(sec) |                |    |
| 1             | Jungdong→Jangsan                       | 72   | 50   | 81                       | Rolling             | 5                  | Jangsan→Jungdong                       | 77   | 45                       | 89                  | Rolling        | 12 |
| 2             | Haeundae→Jungdong                      | 70   | 45   | 76                       | -                   | -                  | Jungdong→Haeundae                      | 69   | 50                       | 76                  | -              | -  |
| 3             | Dongbaek→Haeundae                      | 79   | 49   | 87                       | Rolling             | 19                 | Haeundae→Dongbaek                      | 74   | 45                       | 83                  | Rolling        | 11 |
| 4             | Busan Museum of Modern Art→Dongbaek    | 75   | 48   | 85                       | Rolling             | 9                  | Dongbaek→Busan Museum of Modern Art    | 74   | 47                       | 85                  | Rolling        | 8  |
| 5             | Centum City→Busan Museum of Modern Art | 80   | 47   | 88                       | Rolling             | 17                 | Busan Museum of Modern Art→Centum City | 81   | 44                       | 88                  | Rolling        | 26 |
| 6             | Millak→Centum City                     | 75   | 45   | 84                       | Rolling             | 17                 | Centum City→Millak                     | 71   | 50                       | 78                  | -              | -  |
| 7             | Suyeong→Millak                         | 72   | 48   | 80                       | Squeal              | 4                  | Millak→Suyeong                         | 71   | 47                       | 78                  | -              | -  |
| 8             | Gwangan→Suyeong                        | 70   | 47   | 75                       | -                   | -                  | Suyeong→Gwangan                        | 71   | 49                       | 77                  | -              | -  |
| 9             | Geumnyeonsan→Gwangan                   | 72   | 44   | 79                       | -                   | -                  | Gwangan→Geumnyeonsan                   | 70   | 44                       | 78                  | -              | -  |
| 10            | Namcheon→Geumnyeonsan                  | 71   | 48   | 78                       | -                   | -                  | Geumnyeonsan→Namcheon                  | 70   | 47                       | 77                  | -              | -  |
| 11            | Kyungang Pukyong Nat'l Univ.→Namcheon  | 72   | 52   | 83                       | Rolling             | 4                  | Namcheon→Kyungang Pukyong Nat'l Univ.  | 73   | 44                       | 86                  | Rolling        | 4  |
| 12            | Daejeon→Kyungang Pukyong Nat'l Univ.   | 71   | 50   | 78                       | -                   | -                  | Kyungang Pukyong Nat'l Univ.→Daejeon   | 70   | 48                       | 77                  | -              | -  |
| 13            | Motgol→Daejeon                         | 69   | 56   | 75                       | -                   | -                  | Daejeon→Motgol                         | 70   | 47                       | 77                  | -              | -  |
| 14            | Jigegol→Motgol                         | 80   | 45   | 89                       | Rolling             | 19                 | Motgol→Jigegol                         | 80   | 48                       | 88                  | Rolling        | 17 |
| 15            | Munhyeon→Jigegol                       | 73   | 48   | 80                       | Squeal+Rolling      | 4                  | Jigegol→Munhyeon                       | 73   | 48                       | 81                  | Squeal+Rolling | 3  |
| 16            | Munjeon→Munhyeon                       | 70   | 48   | 75                       | -                   | -                  | Munhyeon→Munjeon                       | 68   | 47                       | 79                  | -              | -  |
| 17            | Jeonpo→Munjeon                         | 72   | 47   | 83                       | Squeal              | 4                  | Munjeon→Jeonpo                         | 71   | 47                       | 82                  | Squeal         | 4  |
| 18            | Seomyeon→Jeonpo                        | 72   | 48   | 80                       | Rolling             | -                  | Jeonpo→Seomyeon                        | 73   | 48                       | 82                  | Squeal         | 12 |
| 19            | Buam→Seomyeon                          | 71   | 48   | 82                       | announcements       | -                  | Seomyeon→Buam                          | 68   | 47                       | 76                  | -              | -  |
| 20            | Gaya→Buam                              | 69   | 51   | 75                       | -                   | -                  | Buam→Gaya                              | 69   | 46                       | 78                  | -              | -  |
| 21            | Donggeui Univ.→Gaya                    | 71   | 47   | 78                       | -                   | -                  | Gaya→Donggeui Univ.                    | 72   | 49                       | 80                  | Rolling        | 1  |
| 22            | Gaegam→Donggeui Univ.                  | 70   | 47   | 75                       | -                   | -                  | Donggeui Univ.→Gaegam                  | 69   | 56                       | 77                  | -              | -  |
| 23            | Naengjeong→Gaegam                      | 69   | 54   | 75                       | -                   | -                  | Gaegam→Naengjeong                      | 70   | 48                       | 78                  | -              | -  |
| 24            | Jurye→Naengjeong                       | 70   | 46   | 77                       | -                   | -                  | Naengjeong→Jurye                       | 70   | 45                       | 76                  | -              | -  |
| 25            | Gamjeon→Jurye                          | 73   | 49   | 83                       | Rolling             | 7                  | Jurye→Gamjeon                          | 75   | 44                       | 86                  | Rolling        | 8  |
| 26            | Sasang→Gamjeon                         | 69   | 45   | 76                       | -                   | -                  | Gamjeon→Sasang                         | 69   | 56                       | 77                  | -              | -  |
| 27            | Deokpo→Sasang                          | 74   | 46   | 84                       | Rolling             | 7                  | Sasang→Deokpo                          | 74   | 46                       | 83                  | Rolling        | 11 |
| 28            | Modeok→Deokpo                          | 70   | 47   | 83                       | Brake               | -                  | Deokpo→Modeok                          | 68   | 44                       | 78                  | -              | -  |
| 29            | Mora→Modeok                            | 70   | 46   | 80                       | Brake               | -                  | Modeok→Mora                            | 72   | 46                       | 79                  | -              | -  |
| 30            | Gunam→Mora                             | 76   | 46   | 86                       | Rolling             | 14                 | Mora→Gunam                             | 73   | 48                       | 80                  | Rolling        | -  |
| 31            | Gumyeong→Gunam                         | 71   | 46   | 79                       | -                   | -                  | Gunam→Gumyeong                         | 70   | 52                       | 77                  | -              | -  |
| 32            | Deokcheon→Gumyeong                     | 78   | 49   | 87                       | Rolling             | 28                 | Gumyeong→Deokcheon                     | 79   | 45                       | 87                  | Rolling        | 36 |
| 33            | Sujeong→Deokcheon                      | 77   | 48   | 86                       | Rolling             | 24                 | Deokcheon→Sujeong                      | 76   | 47                       | 87                  | Rolling        | 17 |
| 34            | Hwamyong→Sujeong                       | 73   | 46   | 84                       | Rolling             | 4                  | Sujeong→Hwamyong                       | 73   | 47                       | 84                  | Rolling        | 5  |
| 35            | Yulli→Hwamyong                         | 72   | 45   | 81                       | Fan                 | 1                  | Hwamyong→Yulli                         | 71   | 45                       | 79                  | -              | -  |
| 36            | Dongwon→Yulli                          | 73   | 46   | 80                       | Rolling             | 1                  | Yulli→Dongwon                          | 74   | 44                       | 83                  | Rolling        | 7  |
| 37            | Gaengok→Dongwon                        | 66   | 43   | 75                       | -                   | -                  | Dongwon→Gaengok                        | 66   | 45                       | 84                  | Brake          | -  |
| 38            | Hopo→Gaengok                           | 64   | 42   | 75                       | -                   | -                  | Gaengok→Hopo                           | 64   | 51                       | 72                  | -              | -  |
| Average       |  | 72   | 47   | 80                       | -                   | -                  | Average                                | 72   | 47                       | 81                  | -              | -  |
| Over 80 dB(A) |  |      |      | 21 sections              |                     |                    | Over 80 dB(A)                          |      |                          | 18 sections         |                |    |
| Over 85 dB(A) |  |      |      | 7 sections               |                     |                    | Over 85 dB(A)                          |      |                          | 8 sections          |                |    |

※ except announcements

소음도 분포 특성

1호선 상·하행선의 등가소음도 분포는 65~75 dB(A) 사이

의 소음도가 약 62%를 차지하고 있으며, 등가소음도별 분포그림을 보면 3개의 꼭지점을 나타내는데 즉 56~58 dB(A) 사이

의 소음은 전동차 상·하부에 장착된 보조기기 발생음이며, 65~68 dB(A) 사이의 소음은 전동차가 서행 시(50~55 km/hr) 차륜과 레일의 상태가 양호할 경우 발생할 수 있는 최소한의 주행소음이며, 71~75 dB(A) 사이의 소음은 현재 1호선 상·하행선의 주행소음(75 km/hr)인 것으로 나타났다. 또한 1호선은 자갈도상의 레일구조와 불연속 레일 충격음과 진동을 동시에 발생시켜 2호선의 공력소음과는 다른 주파수의 소음원으로 조사되었다.

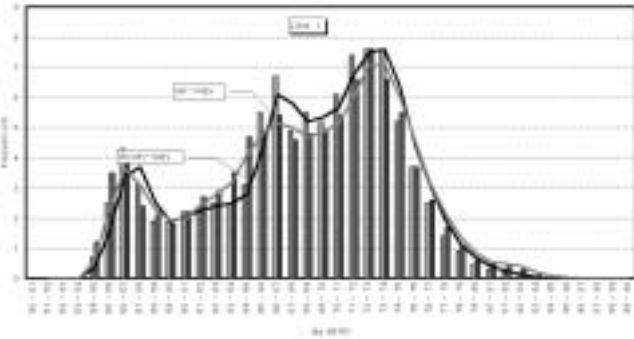


Fig. 5. Distribution of energy equivalent sound level(Line I).

2호선 상·하행선은 1호선과는 달리 자갈도상이 아닌 콘크리트도상과 레일 장대화 등으로 전동차 운전으로 2가지 주행소음으로 대별되는데 즉 정차 시 44~47 dB(A)(출입문 개폐안함)의 소음도와 주행시 66~71 dB(A) 사이의 소음으로 나타나 직선구간에서 주행소음은 1호선보다 낮은 것으로 나타났다. 그러나 최고소음도가 80 dB(A)이상인 구간의 발생율에서 1호선은 전체발생율의 1%이하인 반면 2호선은 3%이상으로 일부구간에서 전동차 주행으로 인한 공력소음이 높은 것으로 나타났다.

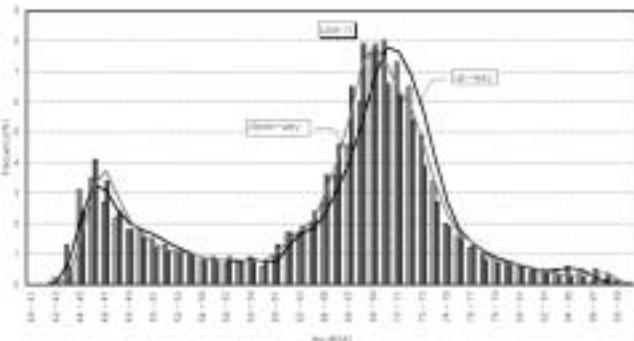


Fig. 6. Distribution of energy equivalent sound level(Line II).

**소음원별 주파수 특성**

1호선 상·하행선 전동차의 주행 시 발생하는 소음 중 높은 주파수대의 소음으로 차륜과 레일의 마찰 소리에 의한 스킵소음과 불연속 레일 충격음, 환풍기 소음 등이 해당되었으며, 그 외 전동차 추진모터음 및 안내방송음은 1 KHz 이상에서 소음도가 낮아지는 경향을 보였다. 또한 1호선 상·하행선은 2호선과 달리 자갈도상으로 이루어져 주행소음(공력음, 반사음) 발생율이 상대적으로 적었다.

2호선의 레일구조는 1호선과 달리 콘크리트도상으로 제작되어 전동차 운행 시 공력소음과 반사음이 동시에 발생하는 것으로 조사되었으며, 대부분의 소음이 높은 주파수 대역에서 발생하여 2호선을 이용하는 시민들이 1호선보다 높은 주파수대의 소음원에 노출되는 것으로 조사되었다. 특히 곡선주차가 많은 구명역에서 덕천역 구간에서는 30 sec 이상 높은 주파수 대역의 소음에 노출되었다. 따라서 2호선의 방음대책 수립 시 1호선과는 다른 방음대책이 있어야 할 것으로 사료된다.

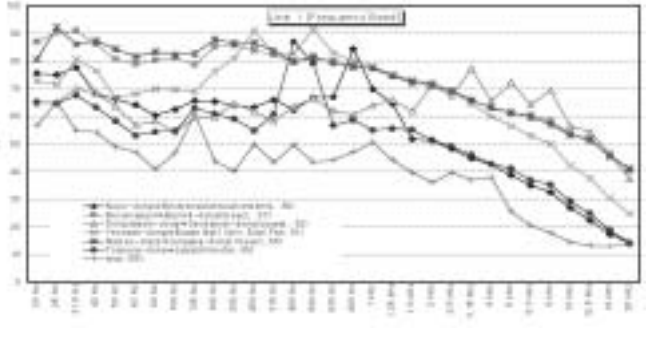


Fig. 7. Variation of frequency in Line I.

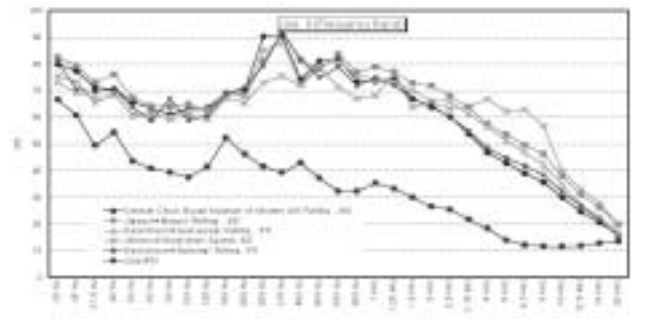


Fig. 8. Variation of frequency in Line II.

**각 노선별 소음특성**

본 조사결과 지하철 운행으로 인해 발생할 수 있는 소음은 1호선의 경우 불연속 레일구간의 충격음, 휠/레일 스킵소음, 공력소음으로 대별된다. 휠/레일 스킵소음의 주파수 대역은 4 KHz 부근에서 가장 큰 소음도를 나타내며 차량의 속도가 증가하면서 없어지는 특징이 있는 반면 불연속 레일구간의 충격음과 공력 소음은 500 Hz 부근에서 가장 큰 소음도를 나타내며 차량의 속도가 증가 할 수록 소음도도 동시에 커지는 특징이 있다. 그러나 1, 2호선 소음의 66% 이상을 차지 하는 충격음 및 공력음의 발생 특성이 다르고, 레일구조 또한 달라 발생소음의 특성에 맞는 소음대책이 필요할 것으로 사료된다.

**1호선 상행선(노포동 ⇒ 신 평, 33개 구간)**

1호선 상행선 33개 구간 중 최고소음도가 80 dB(A) 이상은 22개 구간(약 66%)이며 85 dB(A) 이상은 3개 구간(약 9%)으로 부전동역에서 서면역 87 dB(A), 빈대골역에서 빈일동역 87 dB(A), 중앙동역에서 남포동역 86 dB(A) 구간으로 측정되었

다. 1호선 상·하행선의 주 소음원은 불연속 레일구간의 충격음으로 소음과 진동이 동시에 발생하며 전동차의 속도가 증가할수록 소음도도 동시에 증가하는 것으로 조사되었다. 그리고 레일 사이의 간격이 짧아 레일사이를 연결하는 이음새를 통과 시 소음과 진동을 발생시키는 것으로 조사되었다.

즉 1호선의 소음특성은 16~31.5 Hz 사이의 저주파 대역 소음은 전동차 상·하부에 위치한 집전장치(Pantograph) 및 냉·난방장치와 같은 차량 보조기기에서 발생하는 소음이며, 125~250 Hz 사이의 발생소음은 1호선이 2호선에 비해 레일 사이의 간격이 짧아(20 m 40 m 레일로 교체 중) 레일을 이어주는 이음새 통과 시 발생하는 소음인 것으로 조사되었다. 따라서 1호선의 불연속 레일구간의 충격음을 최소화하고 이음새 부분에 방진고무 등을 설치하여 전동차 주행으로 인한 충격음을 완화시킬 것으로 사료된다.

#### 1호선 하행선(신 평 ⇒ 노포동, 33개 구간)

1호선 하행선 33개 구간 중 최고소음도가 80 dB이상은 19개 구간(약 57%)이며, 85 dB이상은 8개 구간(약 24%)으로 1호선에 비해 약 3배정도 많은 것으로 측정되었다. 또한 하행선은 상행선에 비해 불연속 레일구간의 충격음 발생율이 14회(74%)로 약 2배 정도 많은 것으로 측정되었다. 하행은 상행선과 같은 충격음의 유형은 비슷하나 소음도의 크기 및 고주파 대역에서 상행보다 소음도가 높아 방음재질 선택 시 상행보다는 주파수 대역 폭이 넓고 흡음율이 높은 재질을 선택해야 할 것으로 사료된다.

#### 2호선 상행선(호 포 ⇒ 장 산, 38개 구간)

2호선 상행선 38개 구간 중 최고소음도가 80 dB(A)이상은 21개 구간(약 55%)이며 85 dB(A)이상은 7개 구간(약 18%)으로 동백역에서 해운대역 87 dB(A), 시립미술관역에서 동백역 85 dB(A), 센텀시티역에서 시립미술관역 88 dB(A), 지계골역에서 못골역 89 dB(A), 구남역에서 모라역 86 dB(A), 덕천역에서 구명역 87 dB(A), 수정역에서 덕천역 86 dB(A) 구간으로 측정되었다.

2호선은 1호선과는 다른 레일구조(콘크리트도상, 레일의 장대화 등)로 이루어져 전동차 주행 시 소음특성에서 1호선과 다른 것으로 나타났다. 즉 2호선의 경우 곡선주차가 1호선보다 많고 특히 덕천역에서 구명역(상행-977 m, 하행-967 m), 수정역에서 덕천역(상행-684 m, 하행-607 m)의 곡선연장이 길며 소음폭로시간 또한 길어 이용시민의 불편이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 2호선 소음저감대책 수립 시 곡선주로의 주행소음을 저감할 수 있는 대책이 수립되어야 할 것으로 사료된다.

2호선의 공력소음의 특징은 곡선주로에서 차륜의 외측과 내측의 회전반경이 상이한 관계로 발생하며, 시공 및 관리상 편리한 콘크리트도상은 자갈도상에 비해 소음의 반사현상이 심해 전동차의 속도가 증가할수록 소음이 커지는(콘크리트도상

이 자갈도상에 비해 약 4~10 dB(A) 높게 발생) 것으로 조사되었다.

#### 2호선 하행(장 산 ⇒ 호 포, 38개 구간)

2호선 하행선 38개 구간 중 최고소음도가 80 dB(A)이상은 18개 구간(약 47%)이며 85 dB(A)이상은 8개 구간(약 21%)으로 장산역에서 중동역 89 dB(A), 동백역에서 시립미술관역 85 dB(A), 시립미술관역에서 센텀시티역 88 dB(A), 남천역에서 경성대부경대역 86 dB(A), 못골역에서 지계골역 88 dB(A), 주례역에서 감전역 86 dB(A), 구명역에서 덕천역 87 dB(A), 덕천역에서 수정역 87 dB(A) 구간으로 측정되었다.

2호선 하행선은 최고소음도 발생구간은 상행선과 유사하였으며 발생소음 대부분이 전동차 진행 중 발생하는 공력소음이 15회로 83%를 차지하였다.

하행선의 경우에도 상행선과 동일하게 전동차 하부 차륜과 보조기기 장착부분에 소음방지용 덮개를 설치함으로써 주행 중 발생할 수 있는 공력소음을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

### 결 론

1. 1호선 상행선(노포동 ⇒ 신 평)의 최고소음 발생원은 추진모터음(45%), 불연속 레일 충격음(36%), 스킵 소음(14%), 환풍기소음(5%)으로 전동차 출발 시 발생하는 추진모터음과 전동차 주행 시 불연속 레일 충격음이 주 소음원으로 조사 되었다.

2. 1호선 하행선(신 평 ⇒ 노포동)의 경우 추진모터음(21%), 불연속 레일충격음(68%), 환풍기(11%)로 불연속 레일 충격음이 상행선보다 하행선에서 더 많이 발생하는 것으로 측정되었다. 하행선중 불연속 레일 충격음 발생이 특히 높은 구간은 연산동역에서 교대앞역 91 dB(A), 남포동역에서 중앙동역 88 dB(A), 대티역에서 서대신동역 86 dB(A), 자갈치역에서 남포동역 86 dB(A)으로 평균 4~7 sec 정도 발생하여 부산지하철의 전동차 제작기준('98년 제작 당시 85 dB(A)로 설계)을 초과하는 것으로 측정되어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 조사되었으며, 1호선 주행 시 자주 발생하는 전동차의 추진모터음 및 스킵소음 등이 빈번하게 발생하여 이용시민들이 지하철을 이용하는 동안 높은 소음에 노출되는 것으로 측정되었다.

3. 2호선 상행선의 경우 최고 소음도 발생구간 중 80 dB(A) 이상인 소음원은 공력소음(71%), 스킵 소음(14%), 환풍기(5%), 제동소음(10%)으로 주소음원은 공력소음으로 조사되었다. 지계골역에서 못골역 구간의 주파수 대역별 최고 소음도 분포를 보면 250 Hz~1 KHz 사이의 소음도가 80 dB(A) 이상인 것으로 나타나 추후 방음 재질 선택 시 고려해야 할 것으로 사료된다.



4. 2호선 하행선(장산 ⇒ 호포)의 경우 최고소음도 발생 구간은 장산역에서 중동역 89 dB(A), 시립미술관역에서 센텀시티역 88 dB(A), 못골역에서 지계골역 88 dB(A) 순이었으며, 소음원은 상행선과 동일한 공력소음으로 조사되었다. 소음성 난청을 유발하는 80 dB(A)이상 최고소음도의 폭로시간이 가장 긴 구간은 구명역에서 덕천역(36 sec), 시립미술관역에서 센텀시티역(26 sec)순으로 최고소음도가 88~87 dB(A)로 측정되었다. 구간별 최고소음도 발생구간은 공력소음(83%), 스킵소음(17%)으로 상행선과 유사한 경향을 나타내었다.

5. 최고소음도가 80 dB(A)이상인 구간의 발생율에서 1호선은 전체 발생율의 1%이하인 반면 2호선은 3% 이상으로 일부구간에서 전동차 주행으로 인한 공력소음이 높은 것으로 나타났다.

6. 2호선의 레일구조는 1호선과 달리 콘크리트도상으로 제작되어 전동차 운행시 공력소음과 반사음이 동시에 발생하는 것으로 조사 되었으며, 대부분의 소음이 고주파대역에 발생하여 2호선을 이용하는 시민들이 1호선보다 고주파 소음원에 노출되는 것으로 조사되었다. 특히 곡선주차가 많은 구명역에서 덕천역 구간에서는 30 sec이상 고주파 소음에 노출되었다. 따라서 2호선의 방음대책 수립 시 1호선과는 다른 방음대책이 있어야 할 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

1. 황철호, "고속철도 운행소음의 특성 및 전파", 철도운행에 따른 소음·진동문제 및 대책 세미나, 한국소음진동공학회, p. 5(1997)
2. 서승일, 최문길, 김국현, "통근형 전동차의 객실내 소음수준 예측", 한국 철도학회 춘계학술대회 논문집, pp. 185~191(1999)
3. 문경호, 김재철, 유원희, "기여도 분석에 의한 전기동차 실내소음 저감대책 연구", 한국 철도학회 춘계학술대회 논문집, pp. 218~225(1999)
4. 소음 방지 대책 수립에 관한 연구, 서울특별시 p. 316(1994)
5. 2기 2단계 저동차 제작 규격서, 서울시 지하철 건설본부(1996)
6. M. L. Munjal and M. Heckl, "Some Mechanisms of Excitation of a Railway Wheel", Journal of Sound and Vibration, Vol. 81, No. 4, pp. 477~489.(1982)
7. Paul. J. Remington, "Wheel/Rail Rolling Noise I : Theoretical Analysis", Journal of Acoustical Society of America, Vol. 181, No. 6, pp. 1805~1823(1987)
8. 정인록, 김재용, 윤세철, 이태호, "최신 소음·진동 이론과 실무", 신광문화사, pp. 19~20(2004)
9. 부산교통공단 홈페이지