

전기 이륜차용 자동변속기 적용의 실효성 평가(1)

신 동 준¹⁾ · 현 지 혜²⁾ · 엄 인 용³⁾

서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 나노IT융합공학전공¹⁾ · 서울과학기술대학교 NDT 실증연구센터²⁾ · 서울과학기술대학교 기계·자동차공학과³⁾

Effectiveness Evaluation of Auto-Transmission Application for Electric Two-Wheeled Vehicle(1)

Dong-Jun Shin¹⁾ · Ji-Hye Hyun²⁾ · In-Yong Ohm³⁾

¹⁾Nano · IT Fusion Program, Graduate School of Nano IT Design Fusion, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea

²⁾SeoulTech NDT Research Center, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea

³⁾Department of Mechanical & Automotive Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea

(Received 2 December 2020 / Revised 13 December 2020 / Accepted 15 December 2020)

Abstract : The effect of the application of the transmission on battery-to-wheel efficiency and fuel economy was investigated by applying an automatic transmission to a two-wheeled electric vehicle via the proving ground test at a constant velocity and the actual urban road drive. The following conclusions were drawn with this in mind. When the transmission is applied, the constant-velocity driving fuel economy and the battery-to-wheel efficiency are greatly improved. The fuel economy and efficiency are also significantly improved at low-velocity driving. In addition, if the transmission is adopted, the efficiency decreases as the velocity increases, whereas in the case of a single reducer, the efficiency increases at a high velocity. Also, the application of the transmission drastically improves the fuel economy of driving in urban areas, mainly due to the improvement of efficiency in low-velocity areas. Lastly, for further improvement of vehicle performance through the application of a transmission, an appropriate combination of motor power and transmission ratio is required.

Key words : Electric two-wheeled vehicle(전기 이륜차), Transmission(변속기), Battery to wheel efficiency(충효율), Real road driving(실 도로 주행)

Nomenclature

A : front projected area [m²]
 D : driving distance [km]
 ECR : energy consumption rate [Wh/km]
 E_B : total charged energy of battery [kWh]
 FE : fuel economy [km/kWh]
 R_a : air resistance [N]
 R_r : rolling resistance [N]
 W : gross vehicle weight [kgf]
 V : vehicle velocity [km/h]
 η_{BW} : battery-to-wheel efficiency

μ_a : air resistance coefficient
 μ_r : rolling resistance coefficient

1. 서론

최근 화석연료 사용에 따른 대기오염 및 온난화 문제들이 심화됨에 따라, 자동차 분야에서도 전기차 등과 같은 친환경 차량의 보급을 통한 배출가스 저감 사업이 활발히 진행되고 있다.

이러한 정책은 주로 4륜 이상의 승용 및 상용차를 대상으로 하고 있지만, 국내의 경우 이륜차는 전체 차량 중 2015년 기준 9.4 % 비중이고,¹⁾ 소형 엔진 특성 상 총

*Corresponding author, E-mail: iyohm@seoultech.ac.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

배출가스에서 유해 물질이 차지하는 비율이 매우 높기 때문에 수송부문 유해 배출량의 25~35%를 차지한다.²⁾ 따라서 이륜차의 유해 배출물을 억제하는 것은 중요한 환경 대책이 될 수 있으며, 배기규제를 강화하는 경우 비용 대비 효과 측면에서도 승용차보다 10배 정도 유리하여 경제적이기도 하므로¹⁾ 이의 보급 방안에 대해 활발한 논의가 진행되었다.³⁾

결과적으로 전기이륜차를 공급하는 정책을 실시하였으나 주행성능, 1회 충전 당 주행거리 등의 문제로 실제 보급은 미미한 실정이다.

한편 변속기는 영역이 한정된 기관 출력을 차량의 주행 조건에 맞게 조절하여 구동륜에 전달함으로써 주행 성능과 에너지 효율을 향상시키는 역할을 하지만, 현재까지 전기차에는 적용된 사례는 극히 일부이고 이륜차에는 전무하다. 그러나 전기 차량에도 변속기 적용을 통해 모터의 운전 영역을 효율이 좋은 영역으로 유도하면 특히 저속에서 효율이 높아진다는 보고도^{4,5)} 있으므로 향후 전기차에 변속기의 적용은 확대가 될 것으로 예상된다.

본 연구의 목적은 전기이륜차 변속기 개발에 선행하여 적용의 효과를 정량적으로 분석하여 실효성을 평가하는 것이다. 이를 위해 변속기를 채택하지 않은 상용의 이륜차와 본 연구에서 시험 제작한 변속기 장착 이륜차를 대상으로 주행로와 실 도로 주행을 실시하여, 변속기가 전기이륜차의 주행성능과 연비 및 효율에 미치는 영향을 조사하였고, 변속기가 동력 성능에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 차량 제원과 평가 방법

2.1 변속기

변속기는 모터와 일체로 차륜에 장착되는 인휠(In-wheel) 형식이며 Fig. 1에 이를 나타내었다. 제시된 그림은 최종적으로 개발된 6단 변속기이지만, 실제 예비 적용시험에서는 4단 변속기를 제작해 적용하였다.



Fig. 1 In-wheel motor-transmission assembly for test vehicle

2.2 차량 제원

본 연구에서 사용된 이륜차는 현재 시판되는 것과 본 연구를 위해 제작된 것인데 그 제원을 Table 1에 제시하였고, 기존 상용 이륜차를 “G” 그리고 본 연구를 위해 제작한 것을 “B”로 칭한다.

Table 1 Specifications of 2 electric two-wheeled vehicle

	G	B
Weight	Empty	105 kg
	Gross	180 kg
Tire	12"×110 mm	20"×65 mm
Motor (In-wheel)	Power	3.8 kW
	Rated torque	16.78 Nm
	Max. RPM	2700
Gear ratio	1st	13.0 (7.80)
	2nd	9.30 (5.58)
	3rd	6.50 (3.90)
	4th	4.33 (2.58)
Battery	Total capacity	2.448 kWh
		72 V, 34 Ah
	Cell	46.8 V, 51.3 Ah
	Dimension	3.6 V, 3.4 Ah
	Weight	D 18 mm, L 65 mm
Power/vehicle weight	Arrange	50 g
		20 S × 10 P
		13 S × 9 P × 2
	297.02 W/N (21.11 W/kgf)	94.93 W/N (9.68 W/kgf)

G는 공차 중량 105 kg에 3.8 kW의 출력의 모터와 그리고 B는 공차 중량 80 kg에 0.75 kW 모터 2개를 사용하였다. 동시에 G에는 모터의 출력을 일정 비율로 감속하는 감속기를 적용한 반면 B에는 4단 자동변속기를 장착하였다. 그리고 서로 다른 타이어 규격을 고려하여 팔호 안에 구동력 전달 관점의 등가 변속비(Equivalent gear ratio)를 표기하였다.

두 차량의 중량과 출력 차이를 고려하여, 1차적인 결과를 직접 비교하는 것은 합리적 분석이 아니므로 전체적인 에너지 사용의 효율(Battery to wheel)에 중점을 두고 논의하고자 한다.

2.3 주행로 및 실 도로 시험

정속 주행의 연비 평가를 위한 대구시 소재 지능형자동차부품진흥원 대구주행시험장에서 실시하였다. 주행 시험장의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다.

주행 속도는 각각 30, 40, 50 km/h 정속으로 하여, 배

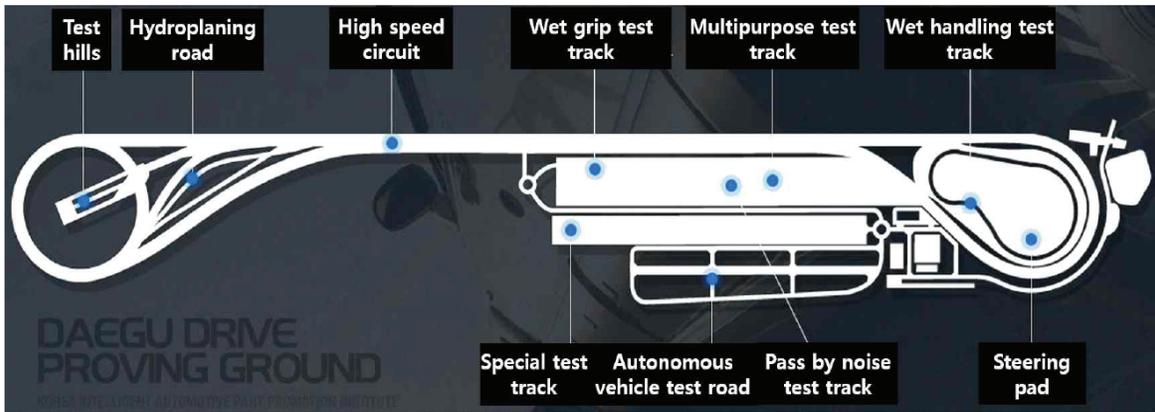


Fig. 2 Schematics of Daegoo drive proving ground (from home page of “Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute”)

터리 완전 사용 조건까지 1회 충전 주행거리를 측정하였다. 주행 후 배터리 전압은 주행 종료 30분 후에 측정하였다.

실 도로 주행은 서울시 노원구 동일로 일대 순환경로 (9.5 km)에서 실시하였는데, 경로 지도를 Fig. 3에 주행 경로의 고도 변화와 차속의 예를 Fig. 4에 제시하였다.

모든 주행시험에서 동일한 조건의 비교를 위하여 B와 G를 동시에 주행시키고 동시에 탑승자의 중량도 보조물을 이용하여 75 kg으로 일정하게 하였다. 실 도로 주행에서는 주행거리와 속도는 각각의 차량에 GPS (GARMIN Edge 820)를 장착하여 측정하였다.

정속주행 시험에서 총 효율 즉 배터리에 축적된 에너지가 구동륜까지 전달된 효율(Battery to wheel)은 차량이 주행하며 소비한 에너지를 배터리에 저장된 에너지로 나누어 다음과 같이 계산하였다.

$$\eta_{BW} = \frac{(R_r + R_a) \cdot D}{E_B} \quad (1)$$

여기서 구름저항과 공기저항은 가장 단순한 차량 동력학 모델⁶⁾을 적용하여 다음과 같이 산출하였다.

$$R_r = (\mu_{r,W} \cdot W + \mu_{r,V} \cdot V) \quad (2)$$

$$R_a = \mu_a \cdot A \cdot V^2 \quad (3)$$

연비(Fuel economy) 또는 전비(Electric economy)는 단위 에너지 당 주행 거리로 다음과 같다

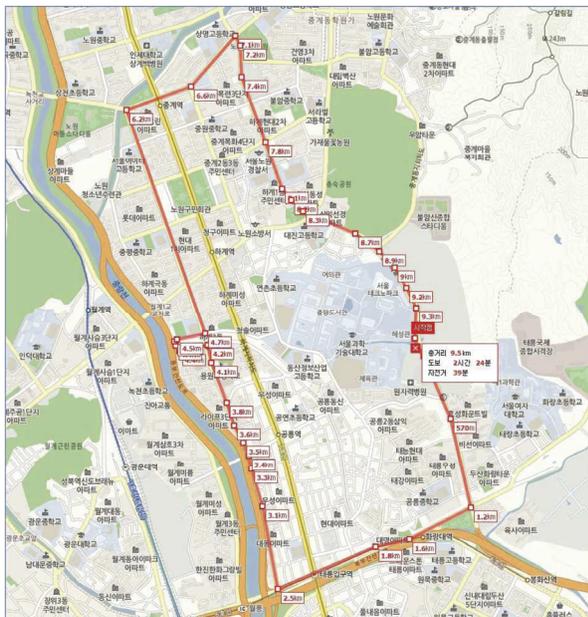


Fig. 3 Real road test route in Nowon-Gu

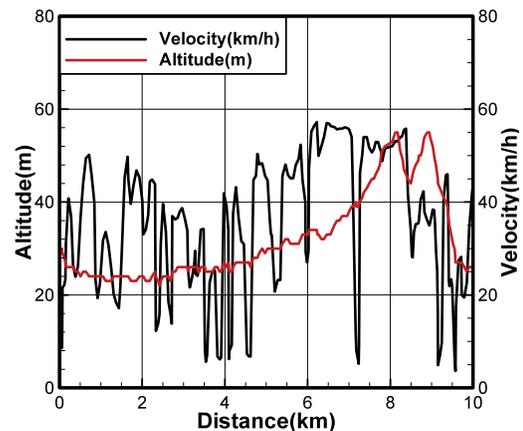


Fig. 4 Altitude of route and example of velocity

$$F.E = \frac{D}{E_B} \quad (4)$$

마지막으로 에너지 소비율(Energy consumption rate)은 단위 주행거리 당 실제 사용된 에너지로 다음과 같다.

$$ECR = \frac{(R_v + R_o) \cdot D}{D} \quad (5)$$

3. 주행로 평가

Table 2에 주행시험장에서 평가한 정속주행의 결과를 요약하여 나타내었다. 30과 40 km/h에서는 주행시간이 길어 1회만 시험하였고, 50 km/h에서는 2회 주행 시험을 실시하여 평균값을 사용하였다.

Fig. 5는 완전 충전(셀 당 3.6 V) 후 방전 전압(G : 3.02 ~ 3.13, B : 3.25 ~ 3.36 V)에 도달할 때까지 주행한 거리를 나타낸 것으로, B의 주행거리가 G 대비 30 km에서 100%, 40 km에서 67%, 50 km에서 47% 증가하였다. 특이한 것은 속도 증가에 따른 30 km(3단 주행) 대비 감소는 B가 더 큼을 알 수 있다.

앞에서 언급했듯이 차량의 중량 등이 다르므로 주행거리만 단순히 비교하는 것은 합리성이 부족하므로 총

효율을 비교한 것을 Fig. 6에 제시하였다.

그림에서 알 수 있듯이 변속기를 채택한 B는 총 효율이 63 ~ 74% 범위에 있고, G는 38 ~ 44%에 있어, B의 효율이 매우 높다. 특이한 것은 B의 효율은 속도가 증가함에 따라 감소하는 반면 G의 효율은 속도의 증가에 따라 증가하는 경향이 있는 것이다.

이러한 효율의 변화 경향은 전적으로 변속기 적용에 따른 것으로, 변속기를 적용함으로써 모터의 운전 영역이 효율이 낮은 저속영역에서 효율이 높은 고속영역으로 이동하였기 때문이다.⁴⁾ B는 속도의 증가에 따라 이러한 효과가 감소하여 고속에서의 효율이 감소하는데 비해, G는 저속에서는 효율이 낮은 영역에서 운전되다 속도가 증가함에 따라 고 효율의 운전 영역으로 이동하기 때문에 효율이 증가한다. 그러나 단일 감속비 채택에 따라 최고의 효율이 나오는 영역에서만 운전하는 것은 불가능하므로 전체적인 효율은 낮게 나타난다.

Fig. 7과 8에는 각각 연비(전비)와 에너지 소모율을 나타내었다. 연비의 경우 1회 충전 당 주행거리와 매우 유사한 형태인데, 동일 차량에서 속도 증가에 의한 연비의 감소율은 동일하지만 총 충전량에서 0.048 kWh로 미소한 차이가 있기 때문에 동일 속도에서 두 차량 사이의

Table 2 Results of constant velocity driving in proving ground

Velocity (km/h)	G				B				
	Driving distance (km)	Driving time (hh:mm)	Cut-off voltage (V)		Driving distance (km)	Driving time (hh:mm)	Cut-off voltage (V)		
			Total	Per cell			Total	Per cell	
30	101.0	3:27	62.5 V	3.13	202.14	6:44	42.5 V	3.27	
40	84.1	2:07	60.5 V	3.03	140.0	3:29	42.2 V	3.25	
50	1	63.8	1:17	60.4 V	3.02	92.4	1:50	43.3 V	3.34
	2	59.3	1:11	61.3 V	3.07	88.7	1:47	43.7 V	3.36
Average	61.6	-	60.85	3.04	90.6	-	43.5 V	3.35	

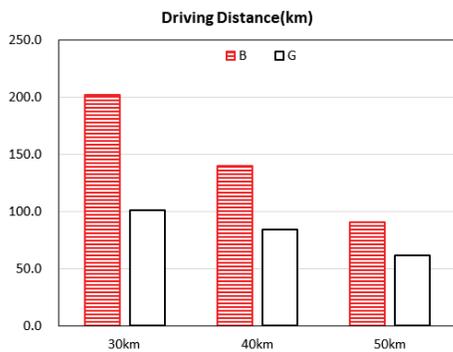


Fig. 5 Driving distance in proving ground at constant velocity until terminal voltage

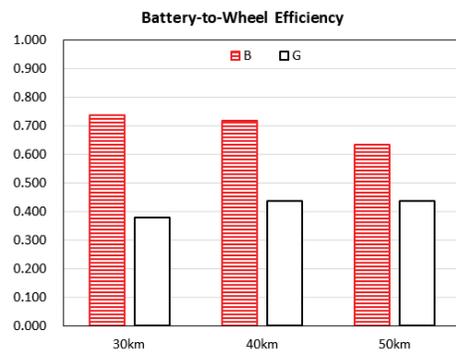


Fig. 6 Battery to wheel efficiency in proving ground at constant velocity until terminal voltage

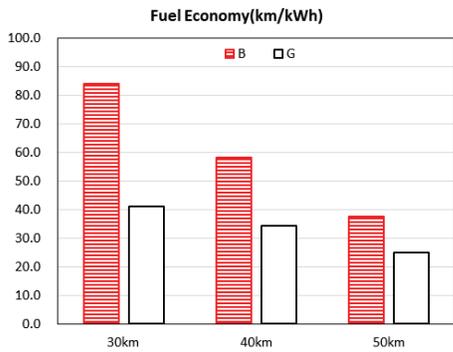


Fig. 7 Fuel economy in proving ground at constant velocity until terminal voltage

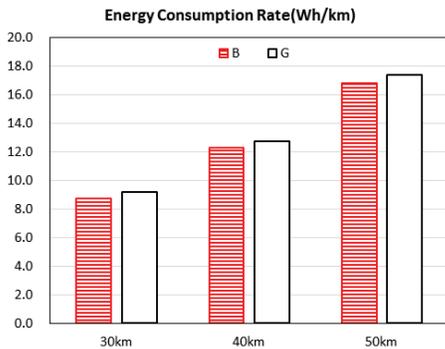


Fig. 8 Energy consumption rate in proving ground at constant velocity until terminal voltage

상대 값에 2 % 정도 차이가 발생한다.

추가로 두 차량의 주행저항력 차이에 의한 효과를 분석해 보면, 공기 저항은 차이가 없고 중량에 의한 구름 저항에는 차이가 있는데, 중량 감소에 의한 연비 개선의 효과를 주행저항을 적용하여 평가하면 30 km/h에서 9 %, 40 km/h에서 6 % 마지막으로 50 km/h에서 5 % 수준이다. 따라서 이를 감안하여도 변속기 적용에 의해 속도에 따라 40~90 % 정도의 연비개선 효과가 있다고 볼 수 있다.

Fig. 7의 에너지 소비율은 단위 거리 주행 시 소비되는 에너지이며, B는 G 대비 전 구간에서 95~97 % 수준이다. B의 총 주행 에너지 및 주행 거리가 동시에 증가하였기에 단위 거리 당 소비량은 거의 동등하게 나올 수 있다.

여기서 주행거리 당 소비량이 적고 주행거리가 증가한 것은 전체 시스템 효율이 높은 것을 의미하고, 효율 증가의 대부분은 변속기 사용에 의한 것으로 판단된다.

4. 실 도로 평가

Fig. 9에 앞서 언급한 실 도로 순환 경로에서 전체 주행 패턴을 제시하였다. 속도 범위는 0~60 km/h에 있고, 수많은 가속과 감속이 반복되는 과도 운전(Transient drive) 구간이 많아 정속 주행 또는 일정한 패턴을 따른 모드 주행과 달리 매우 복잡한 형태를 보여준다.

본 연구의 대상은 전기 이륜차이므로 실 도로 주행 중

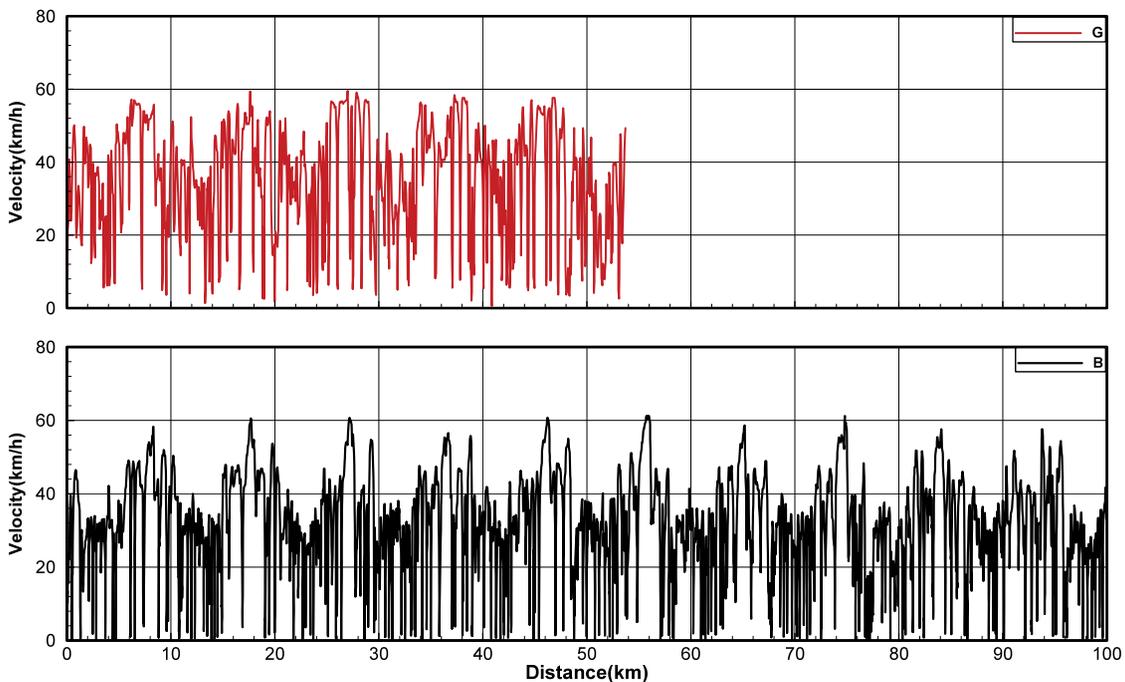


Fig. 9 Urban real load drive pattern as a function of distance

Table 3 Results of urban real road drive until terminal voltage

	G	B
Total driving distance (km)	53.5	102.0
Elapse time (HH:MM)	2:13	3:53
Average velocity (km) Excluding stop	24.2	26.3
Max. velocity (km/h)	59	61
Cut-off voltage (V)	Total	62.4
	Per cell	3.12
Fuel economy (km/kWh)	21.9	42.5

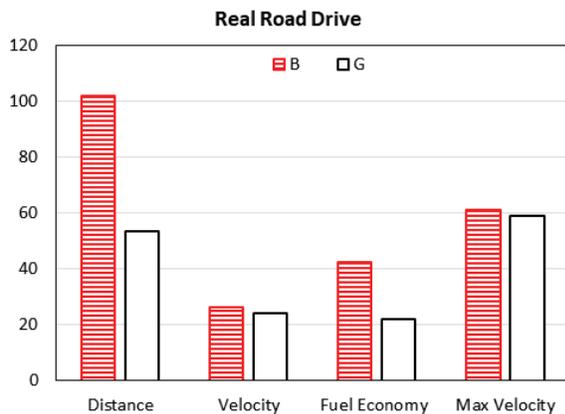


Fig. 10 Driving distance, average velocity, fuel economy and max. velocity in urban road test

발생하는 유해 물질은 논의가 불가능하지만 연비 측면에서 변속기 적용의 효과는 논의가 가능하다.

Table 3에 그 결과를 요약하여 제시하였고, Fig. 10에 이를 그래프로 나타내었다. 먼저 B의 주행거리는 G보다 90% 증가하였으며 연비는 94% 증가하였다. 여기서 방전 전압의 차이(셀 당 3.12 V : 3.37 V)까지 고려하면 실제 두 차량 간의 차이는 더 증가할 것으로 판단된다.

두 차량의 연비를 비교하면, 시가지 주행의 평균 속도가 각각 26.3 km/h, 24.2 km/h인데 연비의 경우 속도가 비슷한 30 km/h 정속 연비와 큰 차이가 남과 동시에 매우 낮다. 즉 B는 42.5 km/kWh로 50 km/h 정속 연비(37.7 km/kWh)보다 조금 높고, G는 21.9 km/kWh로 50 km/h 정속 연비(25.1 km/kWh)보다 낮다.

실 도로 주행이 비슷한 속도의 정속 주행 연비보다 크게 낮은 이유는 과도 운전이 많아 가속 구간에서 에너지 소모가 많고 동시에 상대적으로 고속인 운전 영역에서도 연비가 저하되었기 때문이다. 그리고 B는 50 km/h 정

속 연비보다 높고 G는 낮은 이유는 앞에서 언급한 바와 같이 변속기 적용에 의한 연비 개선 효과는 저속에서 크게 나타나기 때문에⁴⁾ 평균 주행 속도가 20 km/h 대로 낮은 이 경우에도 이러한 특성이 나타난 것으로 판단된다.

5. 동력성능 분석과 적용 검토

변속기 적용에 의해 동력 성능이 향상되는 것은 지극히 당연하지만, 적절한 변속비 및 모터 출력의 결정을 위하여 간단한 차량 동력학 모델을 적용하여 최고 속도, 등판 능력 및 가속 성능을 비교하여 적용에 대한 검토를 실시하였다.

5.1 최고 속도와 등판능력

두 차량의 주행성능 선도를 Fig. 11과 12에 제시하였고 등판능력에 대한 평가 결과를 Table 4에 제시하였다.

최고 속도는 두 차량의 예상치가 모두 62 km/h인데, 실제 주행시험에서 각각 62 km/h(G), 63 km/h(B)로 확인되어 거의 일치하였다

먼저 변속기를 적용하지 않은 경우(Fig. 11) 평탄로에

Table 4 Driving ability according to gradient

Gear	Gradient (%)	Angle (° ')	Velocity (km/h)
G (Single reduction)			
	0~5%	0~2°42'	62
	8%	4°34'	62
	10%	5°43'	57
	13%	7°24'	39
	14%	7°58'	23
	15%	8°32'	×
B (Transmission)			
1sr	0~15%	0~8°32'	21
	18%	10°12'	18
	20%	11°19'	15
	21%	11°52'	×
2nd	0~10%	0~5°43'	29
	13%	7°24'	24
	14%	7°58'	15
	15%	8°32'	×
3rd	0~5%	10~2°42'	42
	8%	4°34'	34
	9%	5°09'	23
	10%	5°43'	×
4th	0	0	62
	3%	1°43'	51
	5%	2°42'	30
	6%	3°26'	×

서 여유구동력이 지나치게 커서 모터의 출력을 최고 속도를 올리는데 충분히 사용하지 못하고 있다. 이러한 상황은 구배 8%까지 발생하며 이 구배에서 최고 속도로 주행이 가능하다. 그러나 모든 주행 조건에서 구동력은 동일하므로 구배가 증가할수록 여유구동력의 감소폭이 증가하여 14% 구배까지 주행이 가능하다.

변속기를 적용한 경우(Fig. 12) 평탄로에서 주행 저항과 구동력이 일치하는 지점이 모터 최고의 최고 속도와 거의 일치하므로 4단 변속비의 설정은 적절하다고 판단

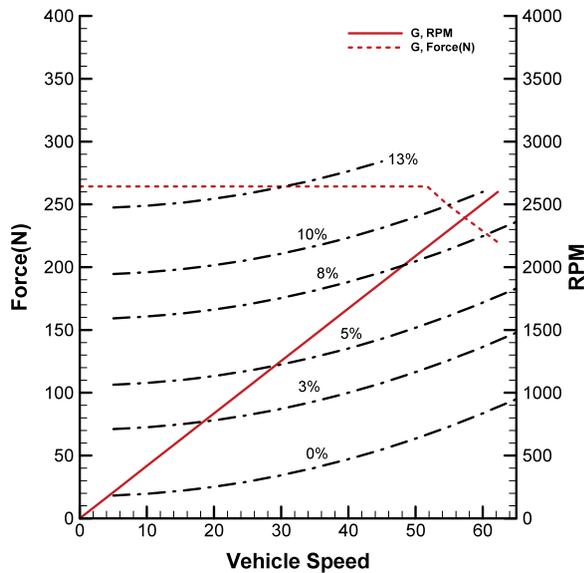


Fig. 11 Tractive performance diagram of G

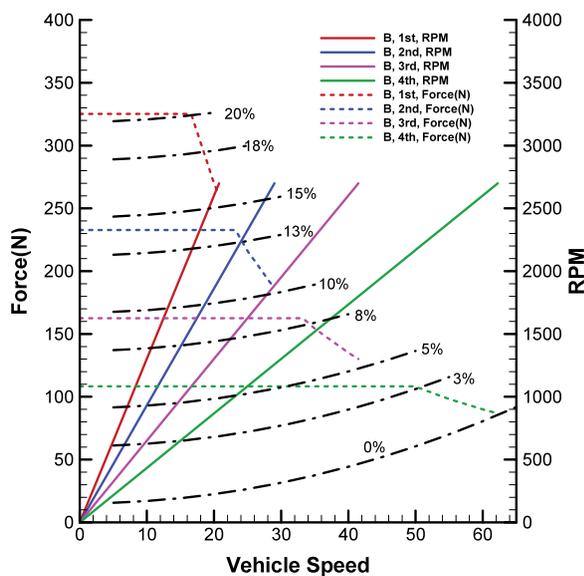


Fig. 12 Tractive performance diagram of B

된다. 출력 대비 최고 속도는 G가 16.3 (km/h)/(kW), B가 42 (km/h)/(kW)인데, B의 중량이 G보다 25 kg 적음을 고려하여도 변속기의 적용으로 출력대비 최고속도가 크게 증가하였다.

B의 등판능력은 1단에서 20%이며 14%인 G보다 우수하다. 중량 차이를 고려할 때 G의 13% 구배는 B의 15% 구배에 해당하므로 모터출력 차이에도 불구하고 변속기 사용에 의해 등판능력이 개선되었다. 2단 사용 시 14%로 G와 동등한 수준이다. 따라서 변속기 적용에 따른 구동력의 증대로 2단 이하에서 모터 출력이 적음에도 불구하고 등판능력은 개선되었지만, 동일 구배에서의 최고속도는 출력이 큰 G가 높다. 아울러 3, 4 단에서는 모터의 출력이 적기 때문에 9%, 5%로 저하된다.

5.2 가속 성능

여유구동력과 가속 저항에 근거하여, 상기의 간단한 차량 동력학 모델로 식 (6), (7)을 사용하여 가속 성능을 평가하였다. 이 때 회전부분 상당중량을 파악할 수 없으므로 중량비 ϵ 을 가정하여사용하였는데, 승용차에 비해 차륜의 중량이 상대적으로 크기 때문에 0.2~0.8의 범위에서 적용하였다. 여유구동력은 가속 구간의 평균값을 사용하였다.

5.2.1 출발 가속

Fig. 13에 출발 가속을 도달 속도 및 회전상당 중량비 별로 나타내었다. 이 경우 10 km/h 와 20 km/h 도달까지 B의 성능은 G 대비 각각 150%와 145% 수준이다. 이러한 가속성능의 개선은 변속기 사용에 의한 여유구동력 증대와 차량 총량 및 공차 중량이 적은 것에 기인한다.

여기서 감속기를 채택한 G보다 변속기를 장착한 B의 회전부분 중량비가 당연히 클 수밖에 없는데, 이를 고려하여 B가 $\epsilon=0.8$ 인 경우도 G가 $\epsilon=0.2$ 인 경우보다 가속 성능이 우수하다.

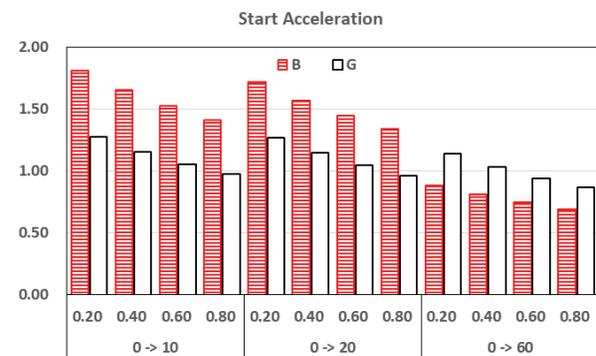


Fig. 13 Start acceleration performance

출발에서 60 km/h 도달까지 가속하는 경우 B 가속 성능은 G 대비 83 % 수준으로 저하되는데, 이는 20 km/h 이후 변속에 의해 여유구동력 감소하기 때문이다. 그럼에도 저속구간에서 가속 성능이 우수하고 중량 감소 효과로 전체 출력 대비 가속 성능의 저하는 적다고 볼 수 있다.

5.2.2 중속 가속

Fig. 14에는 중속 가속 성능을 비교하여 도달 속도 및 회전상당 중량비 별로 나타내었다.

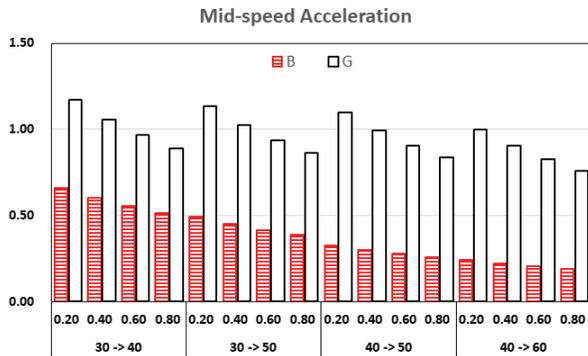


Fig. 14 Mid-speed acceleration performance

30 km/h에서 가속을 시작하면 40 km/h 및 50 km/h 도달까지 B의 가속 성능은 G 대비 각각 60 % 및 47 % 수준으로 상당히 저하되어 있다. 40 km/h에서 가속을 시작하면 50 km/h 와 60 km/h 도달까지의 가속 성능은 B의 경우 G 대비 32 % : 26 % 수준으로 매우 저하되는데 이것은 이 속도 구간에서 B는 3, 4단을 사용하므로 여유구동력이 G보다 크게 저하되었기 때문이다. 실제 회전부분 상당중량 비를 고려하면 B의 성능 저하는 더 크게 나타날 것으로 예상된다.

5.3 적용 검토 및 향후 계획

이상과 같이 각종 주행 연비와 동력 성능을 비교한 결과, 변속기는 연비와 등판능력을 크게 개선할 수 있지만, 최고 속도와 가속 능력 등 동력 성능을 개선하기 위해서는 일정 수준 이상의 모터 출력 확보가 필요하고 동시에 변속비의 변경도 필요하다.

최고 속도 측면에서는, 단일 감속기를 적용하는 경우 등판 성능도 고려해야 하므로 모터의 출력을 효과적으로 최고 속도의 증대에 이용하는 것이 어렵다. 반면 현재 변속기를 적용한 모터의 경우 작은 출력에도 불구하고 등판 능력이 어느 정도 확보되지만 추가적인 최고 속도 향상은 기대하기 힘들다.

또한 출력이 작은 모터를 사용하면 변속기를 적용하여도 저단에서 구동력을 높여 가속 성능을 향상시키는데는 한계가 있고, 중속 및 고속 주행에서 가속 성능을 심각히 저해한다.

결론적으로 변속기를 적용하여도 주행 저항 등을 고려하여 일정 수준 이상의 출력이 보장되는 모터를 사용하여야 하고 변속비도 속도 및 기타 동력 성능을 고려하여 조절해야 변속기 적용의 효과가 충분히 나타난다 할 수 있다.

이에 따라 본 연구의 결과를 기초로 하여 현재 변속기를 적용한 모터보다 고풍력을 사용함과 동시에 실제 주행 상황에 맞도록 변속비도 변경한 새로운 차량을 제작하여 평가하였다.

차량의 중량은 연비를 결정하는 가장 중요한 요소 중 하나이고 동력 성능에도 영향을 주기 때문에, 이 평가 차량에는 현재 시장에서 양산 중인 차종에 변속기와 모터를 장착하여 중량을 동일하게 제작하였다. 이를 기존의 양산 제품과 비교함으로써, 적용 효과를 보다 정확하게 평가할 수 있다고 판단된다.

6. 결론

전기 이륜차에 자동 변속기를 적용하여 변속기의 적용이 총 효율과 연비에 미치는 영향을 주행시험장과 시가지 주행을 통해 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 변속기를 적용하면 정속 주행 연비와 총 효율이 40~90 % 정도 크게 향상되고, 저속 운전에서 연비와 효율의 개선이 더 크게 나타난다.
2. 변속기를 적용하면 고속일수록 효율이 저하되는 반면, 단일 감속기의 경우 고속에서 효율이 증가한다.
3. 변속기를 적용하면 시가지 주행 연비가 90 % 정도 개선되는데, 이는 주로 저속 영역의 효율 개선에 기인한다.
4. 변속기 적용을 통해 추가적인 차량 성능의 개선을 위해서는 모터 출력과 변속비의 적절한 조합이 요구된다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

References

- 1) S. H. Lee, T. H. Kim and Y. D. Cheon, A Study on the Expansion of Electric Two-wheeled Vehicle, Research Report to Ministry of Environment, 2015.
- 2) Ministry of Environment, Strengthen Management of Air Pollutants from Business Sites, Motorcycles, etc.,

www.me.go.kr/home/web/board/read.do?board
MasterId=1&boardId=540280&menuId=286, 2017.

- 3) K. Y. Kim and H. K. Lee, Development and Commercialization Strategy of Smart Electric Power Vehicle, IHoMunHwaSa, Daejeon, pp.31-38, 2015.
- 4) A. Hajduga and A. Kieracinka, "The Use of Multi-Speed Mechanical Transmission in Electric Drives," The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji, Vol.75, No.1, pp.39-67, 2017.
- 5) QuantumWorks, Multi-speed Gearboxes Can Offer Many Benefits for EV Powertrains Depending on Application, <https://quantumworks.com/multi-speed-gearboxes-can-offer-many-benefits-for-ev-powertrains-depending-on-application>, 2018.
- 6) E. S. Kim, Automotive Engineering Series 4, Chassis (II), JipHyunSa, Seoul, pp.I-4-I-18, 1990.