

〈논문〉 SAE NO. 2000-03-0099

타이어와 차량 쏠림 II - 이론적 배경, Simulation, 실차검증

Tire and Vehicle Pull II - Basic Theory, Simulation, and Verification

이정환*, 문승환*
Jung-Hwan Lee, Seunghwan Mun

ABSTRACT

It is known that residual aligning torque of tires causes vehicle pull. There is, however, only a little literature available which shows how the residual aligning torque of tires causes vehicle pull. In this paper, a vehicle model in two degrees of freedom was adopted for the analysis of a vehicle under the straight-ahead motion. The analysis with this vehicle model clearly shows the effect of residual aligning torque of tires on vehicle pull. In order to show the validity of the analysis, a vehicle commercially available was selected. This vehicle was modeled in 137 degrees of freedom system with multibody dynamics software. Vehicle pull simulation results show that vehicle model drifts in lateral direction due to the residual aligning torque of tires. Vehicle test results with the car were also included.

주요기술용어 : Vehicle Pull(차량 쏠림), Residual Aligning Torque (잔류 복원 토크), Conicity Force (코니시티 힘), Vehicle Pull Theory (차량 쏠림 이론), Simulation(모사)

Nomenclature

LF : Lateral Force of a Tire, N
AT : Aligning Torque of a Tire, Nm
F : Force Acting on a Axle, N
M : Moment Acting on a Axle, Nm
C : Cornering Stiffness, N/deg
K : Aligning Stiffness, Nm/deg

f : Front
 r : Rear

1. 서론

차량의 쏠림에 영향을 미치는 타이어의 인자로는 주로 코니시티 힘(Conicity Force)과 잔류 복원 토크(Residual Aligning Torque : RAT)가 알려져 있다. 그런데 잔류 복원 토크는 타이어의 회전방향에 따라 작용 방향이 바뀌는 플라이스티어 잔류복원 토크 (Plysteer RAT : PRAT)와 타이어의 회전방향에 무관하게 작용방향이 일정한 코니시티 잔류복원 토크

Subscripts

* 회원, 금호산업 타이어사업부
기술연구소

(Conicity RAT : CRAT)의 두가지 성분으로 구분된다. 이중에서 PRAT는 타이어의 설계에 의해서 결정되는 성분이고 CRAT는 타이어의 제조상 불균일에 의해 야기되는 성분이다. 특히 CRAT와 코니시티 힘과는 상관관계가 높은 것으로 알려져 있다.¹⁾

PRAT는 앞에서 언급한 것처럼 타이어의 설계적 특성에 의한 것으로 평균적인 쓸림 경향성을 나타내게 되고, CRAT는 이 평균 쓸림 량을 중심으로 산포를 이루게 한다. 이와 같이 타이어의 RAT가 어떻게 차량 쓸림을 유발시키는 지에 대한 쓸림 발생 기구(Mechanism)에 대해서는 일부 문헌상에 나타나 있다. 하지만 문헌상에 나타난 내용은 몇 가지 가정을 전제로 하여 설정된 이론이고 또한 직진 주행시의 차량의 거동을 명료하게 설명하지는 못한다고 하겠다.^{2,3)} 본 논문에서는 먼저 RAT와 차량 쓸림과의 관계를 설명한 문헌상 이론을 살펴보고, 차량 직진주행시의 차량의 동적 거동을 설명할 수 있는 이론을 정립하고자 한다. 본 논문에서 새로이 정립한 이론은 타이어의 특성에 의해 결정되는 동적 거동에 관한 것이다. 이 차량의 동적 거동에 대한 이론으로부터 타이어의 RAT가 차량의 쓸림을 유발시키는 발생기구에 대해 설명하고자 한다. 이를 위해 여기서는 간단한 2 자유도계의 차량 모델을 사용하였다.

여기서 정립된 이론이 다 자유도 차량 모델에서도 적용되는 지 알아보기 위해 현재 국내에서 시판중인 차량에 적용하여 보았다. 본 논문에서는 차량을 다물체 동역학 프로그램인 ADAMS를 이용하여 모델링하였다.⁶⁾ 차량 모델링에는 137 자유도가 사용되었고, 시뮬레이션을 이용하여 직진 주행 시 차량의 쓸림 량과 타이어 RAT와의 상관관계를 살펴보았다. 그리고 해당 차량을 이용하여 실차 주행시험을 통하여 시뮬레이션 결과의 타당성도 동시에 검토하였다.

2. 직진 주행시 차량 거동 - 차량 쓸림 이론

2.1. 문헌상 차량 쓸림 이론

타이어의 코니시티 힘이 차량 쓸림에 미치는 영향에 대해서는 문헌상에서는 주로 시험 결과를 통하여 설명하였다.⁴⁾ 코니시티 힘이 어떻게 차량 쓸림을 유발시키는지를 체계적으로 설명한 문헌은 거의 찾아보기 힘들다. 실제로 코니시티 힘에 의해 어떻게 차량 쓸림이 발생하는가는 이론적으로 설명이 거의 불가능하다. 이러한 이유로 타이어에 작용하는 힘과 모우먼트를 이용하여 쓸림 발생 기구를 설명하고자 하는 시도가 있었다.^{2,3)} 이러한 시도로부터 타이어의 RAT가 쓸림에 미치는 영향을 어느 정도 설명이 가능하였다. 여기서는 참고문헌³⁾의 내용을 중심으로 요약한다.

문헌상에서 설명된 타이어의 RAT와 차량 쓸림과 관계는 다음과 같은 가정하에서 설정된 것이다. 즉, 고정 제어(Fixed Control)시에는 차량의 전륜에 횡력이 작용하지 않으며, 자유 제어(Free Control)시에는 차량의 조향계(Steering System)에 모우먼트가 작용하지 않는다는 것이다. 여기서 고정 제어란 직진 주행시 핸들에 일정한 입력을 가하여 차량을 직진로와 일치시키는 것을 말하며, 자유 제어란 핸들로부터 손을 떼어 아무런 입력도 가하지 않는 상태를 말한다. 그림 1은 직진 주행시 고정 제어와 자유 제어를 보여준다.

직진 주행 시에는 타이어의 슬립 각은 0도 부근의 값을 갖게 되는데, 슬립 각 0도 부근에서 타이어에 작용하는 힘과 모우먼트는 슬립각의 1차 함수로 표현할 수 있다. 그러므로 전륜 좌우 타이어의 코너링 강성이 같다고 가정하면, 직진 주행 중 차량의 전륜에 작용하는 횡력(Lateral Force)

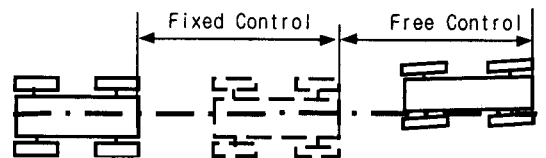


Fig. 1 Fixed control mode and free control mode in a straight-ahead motion

은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$LF_f = -2Ca_f + LF_l + LF_r \quad (1)$$

여기서 LF 는 전륜에 작용하는 횡력을 나타내고, C 는 타이어의 코너링 강성, α_f 는 전륜의 슬립 각, 첨자 f, l , 및 r 은 각각 전륜, 좌, 우를 나타낸다. 고정 제어의 경우에는 전륜 및 후륜에 작용하는 횡력이 없는 것으로 가정하였으므로, 상기 (1)식으로부터 전륜의 슬립 각은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 즉,

$$\alpha_f = (LF_l + LF_r) / 2C \quad (2)$$

또한 직진 주행 중 타이어에 의해 차량의 조향계에 작용하는 모우먼트는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$MS_f = 2Ka_f + AT_l + AT_r \quad (3)$$

여기서 K 는 타이어의 복원 모우먼트 강성을, MS_f 는 조향계에 작용하는 모우먼트를, AT 는 타이어의 복원모우먼트를 나타낸다. 식 (2)를 식 (3)에 대입하면 고정 제어시 차량의 조향계에 작용하는 모우먼트를 아래와 같이 구할 수 있다.

$$MS_f = K(LF_l + LF_r) / C + AT_l + AT_r \quad (4)$$

상기 식 (4)에서 나타난 모우먼트 MS_f 가 0이 아닌 경우에는 운전자가 직진상태를 유지하기 위해서 핸들에 입력을 가하여 상기 모우먼트를 상쇄시켜야 한다. 즉 운전자가 핸들에 제어 입력을 가하지 않으면 차량 슐림이 유발되게 α_1 된다.

만일 횡력이 0이 되는 슬립각 과 복원모우먼트가 0이 되는 Slip 각 α_2 이 서로 다를 경우, 그 차이를 α_p 라 하면 아래의 식이 성립된다.

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \alpha_p \quad (5)$$

식 (1)에서 전륜의 횡력을 0으로 하여 α_1 을 구하고, 식 (3)에서 조향계의 모우먼트를 0으로 하여 α_2 를 구하여 상기 식에 대입하면 아래 식을 얻을 수 있다.

$$-(AT_l + AT_r) = K(LF_l + LF_r) / C + 2Ka_p \quad (6)$$

이 관계식을 다시 식 (4)에 대입하여 조향계에 작용하는 모우먼트를 아래와 같이 구할 수 있다.

$$MS_f = -2Ka_p \quad (7)$$

식 (7)에서 우변은 전륜 타이어의 RAT를 나타내는 것으로서 이 식은 타이어의 RAT가 직진주행 중 조향계에 미치는 영향을 잘 나타내고 있다. 즉 타이어의 RAT에 의하여 직진주행시 차량의 조향계에 모우먼트가 작용하고 운전자가 핸들에서 손을 떼면 이 모우먼트에 의해 차량 슐림을 유발시키게 됨을 보여주는 것이다.

2.2. 직진 주행시 동적거동 해석에 의한 차량 슐림 이론

2.1절에서 살펴본 바와 같이 문헌상에서는 타이어의 RAT(혹은 PRAT)가 차량 슐림에 미치는 영향을 살펴보는데 몇 가지 가정을 전제로 하였다. 문헌상의 이론은 타이어의 RAT가 조향계의 모우먼트에 미치는 영향을 잘 나타내고 있다. 하지만 직진 주행중이 차량의 거동을 설명하여 주지는 못한다. 본 절에서는 소위 Bicycle 모델이라고 불리는 2자유도계의 차량 모델을 이용하여 직진주행시 차량의 동적거동을 살펴보고 차량 슐림과 타이어 특성과의 관계를 설명하고자 한다.

그림 2는 전형적인 2 자유도계 차량모델을 보여주는 것으로 기구학적 변수도 같이 나타내었다. 이 모델은 다음 경우를 대표하는 차량 모델로 이용된다.⁵⁾ 즉, 주행 중 축하중의 전후 및 좌우 이동이 없으며, 롤 및 피치 운동이 없고, 샤프나 현가계의 강성 효과를 고려하지 않으며, 타이어의 선형 특성이 적용되는 경우이다. 이러한 이유로 본 모델은 차량의 선형 운동구간 해석에 많이 사용되는데, 특히 차량의 직진주행해석에 가장 적합한 모델이다. 2 자유도계 차량 모델의 운동방정식은 아래와 같이 정리할 수 있다.

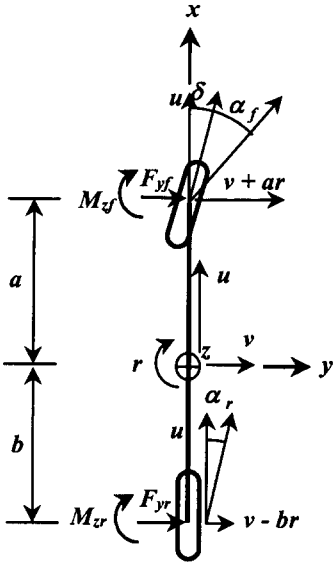


Fig. 2 Vehicle model in two degrees of freedom

$$M \left(\frac{dv}{dt} + ru \right) = F_{yf} + F_{yr} \quad (8)$$

$$I \frac{dr}{dt} = aF_{yf} - bF_{yr} + M_{zf} + M_{zr} \quad (9)$$

여기서 u , v , 및 r 은 그림 2에 나타난 운동 변수이고, F_{yf} , F_{yr} , M_{zf} , 그리고 M_{zr} 는 전륜 및 후륜에 작용하는 횡력과 복원 모우먼트이다. 그림 2의 기하학적 조건으로부터 전 후륜의 슬립각은

$$\alpha_f = \tan^{-1} \left(\frac{v}{u} + \frac{ar}{u} \right) - \delta \cong \frac{v}{u} + \frac{ar}{u} - \delta \quad (10)$$

$$\alpha_r = \tan^{-1} \left(\frac{v}{u} - \frac{br}{u} \right) \cong \frac{v}{u} - \frac{br}{u} \quad (11)$$

그러므로 조향 핸들의 각도는

$$\delta = \alpha_r - \alpha_f + \frac{(a+b)r}{u} \quad (12)$$

차량이 직진 운동시에는 전,후륜 타이어의 슬립 각이 0도 부근에 있게 되는데 이 범위에서는 횡력과 복원 모우먼트를 슬립 각의 일차 함수로 표현할 수 있다. 즉,

$$F_{yf} = -C_f \alpha_f + F_{yf0} \quad (13)$$

$$F_{yr} = -C_r \alpha_r + F_{yr0} \quad (14)$$

$$M_{yf} = K_f \alpha_f + M_{yf0} \quad (15)$$

$$M_{zr} = K_r \alpha_r + M_{zr0} \quad (16)$$

여기서 C 와 K 코너링 강성(Cornering Stiffness)과 복원 강성(Aligning Stiffness), F_{y0} 와 M_{z0} 는 슬립각 0도에서 횡력과 복원력을 나타낸다. 차량이 고정제어 모드로 직진 주행 시에는 속도 및 가속도의 횡 방향 성분이 없으므로 $r=0$, $\frac{dv}{dt}=0$, 및 $\frac{dr}{dt}=0$ 이다. 이때 차량 운동방정식은 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$0 = F_{yf} + F_{yr} \quad (17)$$

$$0 = aF_{yf} - bF_{yr} + M_{zf} + M_{zr} \quad (18)$$

그리고 조향 핸들의 각도는 아래와 같이 표현된다.

$$\delta = \alpha_r - \alpha_f \quad (19)$$

식 (13) 에서 (18)로부터, 직진 주행 중 전륜 및 후륜의 슬립각을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\alpha_f = \frac{(aC_r + bC_r + K_r)F_{yf0} + K_r F_{yr0} + C_r M_{z0} + C_r M_{zr0}}{(aC_f C_r + bC_r C_r + C_r K_f - C_r K_r)} \quad (20)$$

$$\alpha_r = \frac{-C_f \alpha_f + F_{yf0} + F_{yr0}}{C_r} \quad (21)$$

상기 식에 차량의 기하학적 자료와 타이어의 특성 값을 대입하면 전륜 및 후륜에서의 슬립 각을 구할 수 있다. 본 관계식은 직진 주행중 고정 모드에서 얻어진 것이므로 이 주행 모드에서는 전륜 및 후륜에 작용하는 힘과 모우먼트가 평형 상태를 이루고 있다. 이 중에서 조향 장치계 내에서의 힘의 평형을 살펴보면, 타이어에 작용하는 복원 모우먼트는 조향 핸들에 작용하는 운전자의 입력 토오크와 평형상태를 이루게 된다. 이때 운전자가 조향 핸들에 입력을 제거하게 되면 조향

장치계 내의 힘의 평형이 깨지게 되고 새로운 평형을 이루기 위해 타이어는 적절한 슐립 각을 찾아가게 된다. 이 과정에서 전체 차량의 힘의 평형이 붕괴되어 차량 슐립이 일어나게 된다.

특별한 경우를 제외하고는 차량의 전후륜에 사용되는 타이어는 동일 타이어를 사용하므로 식을 간단하게 하기 위하여 전륜과 후륜의 코너링 강성 및 복원 강성이 동일하다고 하면

$$C = C_f = C_r \quad (22)$$

$$K = K_f = K_r \quad (23)$$

그리고 전후륜에 작용하는 힘과 모우먼트가 슐립 각 0도 부근에서 그림 3과 같은 특성을 갖는 경우 아래의 관계식이 성립된다.

$$F_{y0} = Ca_1 \quad (24)$$

$$M_{z0} = -Ka_2 \quad (25)$$

$$F_{y\pi} = Ca_3 \quad (26)$$

$$M_{z\pi} = -Ka_4 \quad (27)$$

여기서 $a_1, a_2, a_3,$ 및 a_4 는 전후륜의 횡력과 복원 모우먼트가 0 이 되는 슐립각이다. 이들 관계식으로부터 고정모드로 직진 주행중인 차량의 전후륜 슐립각은 아래와 같이 다시 정리할 수 있다.

$$a_f = a_1 + \frac{K}{(a+b)C} [(a_1 - a_2) + (a_3 - a_4)] \quad (28)$$

$$a_r = a_3 - \frac{K}{(a+b)C} [(a_1 - a_2) + (a_3 - a_4)] \quad (29)$$

이 두식을 이용하여 타이어의 힘과 모우먼트 선도의 특성에 따라 직진 주행시 차량의 동적거동이 어떻게 변하는지를 다음 2가지 대표적인 예를 통해 살펴보기로 하자. 그림 4와 5에 이 두가지 예를 도시하였다. 그림 4는 차량 전후륜에 작용하는 RAT가 0인 경우인데 횡력과 복원 모우먼트가 슐립각 0도에서 교차하는 경우(그림 4-a)와 일정한 슐립 각에서 교차하는 경우(그림 4-b)로 구분하였다. 그림 5는 전후륜에 RAT가 존재하는 경우를 도시하였다.

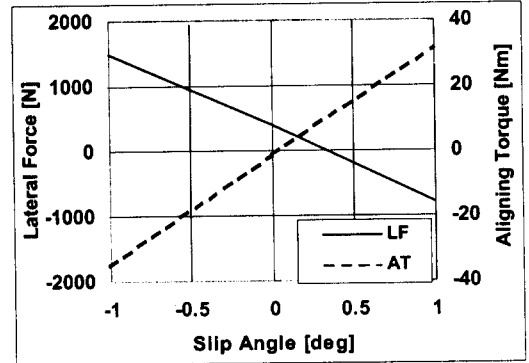


Fig. 3 Lateral Force and Aligning Torque near slip angle 0

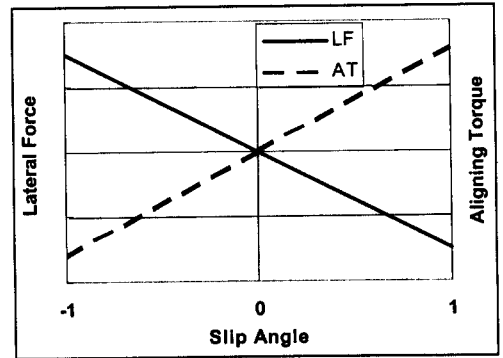


Fig. 4-(a) Zero RAT at slip angle 0

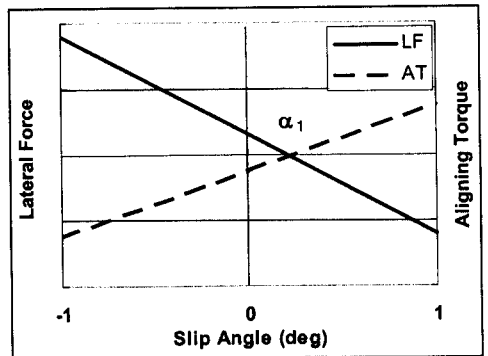


Fig. 4-(b) Zero RAT at slip angle α_1

Fig. 4 Lateral force and aligning torque of tires with zero residual aligning torque

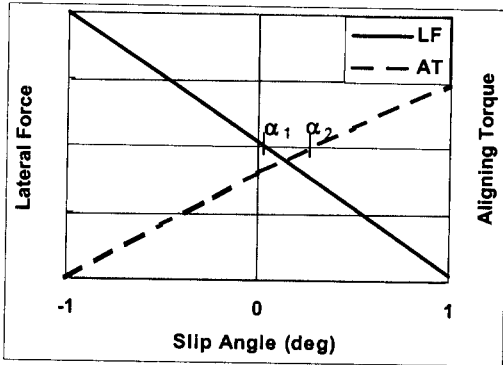


Fig. 5 Force and moment of tires with residual aligning torque

그림 4-(a)와 같이 슬립 각 0도에서 횡력과 복원 모우먼트가 동시에 0이 되는 경우에는 α_1 , α_2 , α_3 , 및 α_4 가 모두 0이므로 직진 주행중 전륜 및 후륜의 슬립각 그리고 조향 핸들각은 식 (28) 및 (29)로부터 각각 $\alpha_f=0$, $\alpha_r=0$, $\delta=0$ 으로 나타난다.

즉, 전, 후륜은 슬립각 0으로 주행을 하게되는데, 이때 차량은 그림 6-(a)에서 나타난 바와 같은 자세로 동적거동을 하게 된다. 그리고 타이어의 힘과 모우먼트 선도로부터 이 슬립 각에서는 전후륜에 작용하는 힘과 모우먼트가 없음을 알 수 있다. 이러한 주행상태에서는 운전자가 핸들에 입력을 제거하여도 전후륜에는 힘과 모우먼트가 작용하지 않으므로 차량이 쓸림 없이 현 상태로 직진주행을 하게된다.

α_1 에서 0이 되는 경우는 직진 주행시 전, 후륜의 슬립 각은 식 (28) 및 (29)로부터 슬립각은 $\alpha_f=\alpha_1$, $\alpha_r=\alpha_1$, 그리고 조향각은 $\delta=0$ 으로 나타난다.

이때 차량의 동적 거동은 그림 6-(b)에 나타난 바와 같이 된다. 이 경우 운전자는 차량을 직진 주행시키고 있지만, 실제로 차량은 일정한 횡슬립각(side slip angle) α_1 을 가지면서 주행을 하게 된다. 타이어 힘과 모우먼트 선도에서

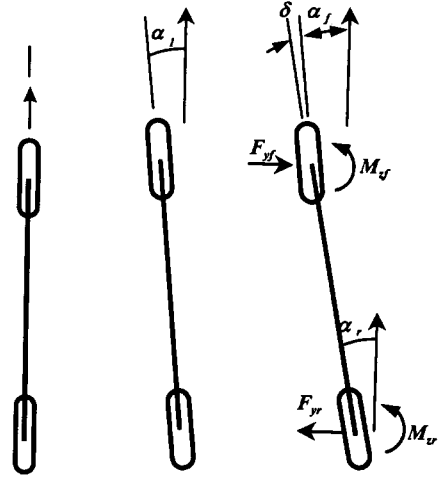


Fig. 6-(a) Fig. 6-(b) Fig. 6-(c)
Fig. 6 Vehicle behavior under straight-ahead motion

나타난 바와 같이 슬립각 α_1 에서는 전후륜에 작용하는 힘과 모우먼트가 없는 상태이므로 운전자가 핸들에 입력을 제거하여도 차량은 쓸림 없이 현 상태로 직진 주행함을 알 수 있다.

타이어에 의한 전후륜의 힘과 모우먼트 특성이 그림 5와 같을 경우에는, 전후륜의 슬립각은 아래와 같이 계산되고 이때 차량의 동적거동은 그림 6-(c)와 같이 나타난다.

$$\alpha_f = \alpha_1 + 2 \frac{K}{(a+b)C} (\alpha_1 - \alpha_2),$$

$$\alpha_r = \alpha_1 - 2 \frac{K}{(a+b)C} (\alpha_1 - \alpha_2), \text{ 그리고}$$

$$\delta = \alpha_r - \alpha_f = -4 \frac{K}{(a+b)C} (\alpha_1 - \alpha_2)$$

그림 5로부터 알 수 있듯이 상기 슬립 각으로 차량이 직진주행시 차량의 전,후륜에는 힘과 모우먼트가 작용하게 되는데, 운전자가 핸들에 가하는 입력에 의하여 차량 전체의 평형상태가 유지되게 되는 것이다. 그러므로 운전자가 핸들에 가했던 입력을 제거 하게되면, 전륜 조향계의 힘

의 평행이 깨지게 되고 이로 인하여 차량 슐림이 발생하게 된다.

3. 차량 슐림 Simulation 및 실차 시험

지금까지 2자유도계의 차량 모델을 이용하여 직진 주행시 차량의 동적거동에 대해 살펴보았다. 여기서는 전, 후륜에 작용하는 타이어의 힘과 모우먼트 특성중 RAT가 존재하는 경우 차량 슐림이 발생됨을 알 수 있었다. 본 절에서는 2절의 해석 내용을 다 자유도 차량 모델에 적용하여 보았다. 먼저 국내에서 시판중인 차량을 다물체 동역학 해석 프로그램인 ADAMS를 이용하여 모델링 하였다. 본 차량 모델은 137개 자유도로 구성되어 있으며, 자유도의 상당부분은 각종 스프링, 댐퍼 및 부시류의 모델링으로 인하여 발생된 것이다.

잔류복원 토오크 및 코니시티 힘에 의한 슐림 특성도 동시에 고려하기 위하여 20본의 타이어를 해당 시험기에서 시험하여 각 타이어에 대한 잔류복원 토오크 및 코니시티 힘을 측정하였다. 이 시험 Data를 기초로 하여 RAT의 범위가 가능한 넓은 범위에 산재하도록 12 조합의 타이어를 구성하였다. 그림 7은 이 12조합 타이어의 RAT와 코니시티 힘과의 상관관계를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 이들 두 값 사이에는 상관관계가 높게 나타남을 알 수 있다.

차량의 직진성 시뮬레이션은 상기 12 조합의 타이어 Data를 이용하여 시속 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h로 실시하였다. 자유제어 모드 (Free Control Mode)에서 100 m 직진 주행시 좌측이나 우측으로 발생하는 슐림 량을 조사하였다.

그림 8은 전륜에 작용하는 RAT에 따른 차량 슐림 시뮬레이션 결과를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이, 다 자유도계 차량 모델을 이용한 직진 주행 시뮬레이션에서도 차량 슐림현상은 타이어의 RAT에 크게 영향을 받음을 알 수

있다.

시뮬레이션에 사용된 12조합의 타이어를 이용하여 차량 슐림 실차시험을 실시하였다. 실차시험은 평탄한 아스팔트 노면에서 실시하였고, 바람의 영향을 가능한 배제하기 위하여 시험 중 풍향 및 풍속을 관찰하면서 시험을 실시하였다. 시험은 시속 80 km/h로 직진 주행 중 자유제어 모드로 100 m 주행시 좌측 또는 우측으로의 슐림 량을 측정하였다. 매 타이어 조합시 마다 각각 5회 주행시험을 실시하고 측정된 5회의 결과를 평균하였다. 그림 9는 이 시험 결과와 시뮬레이션 결과를 전륜 타이어의 RAT별로 정리한 것이다. 이 시험결과에서 나타난 바와 같이 슐림 시험결과도 전륜 타이어의 RAT와 상관관계가 높음을 알 수 있다.

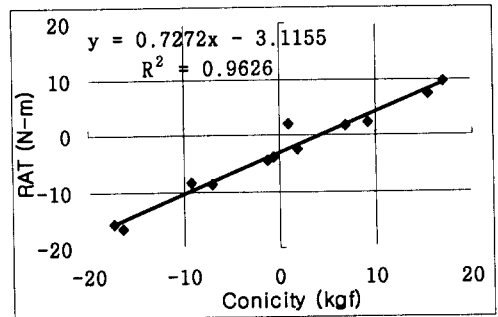


Fig. 7 Relations between conicity and residual aligning torque

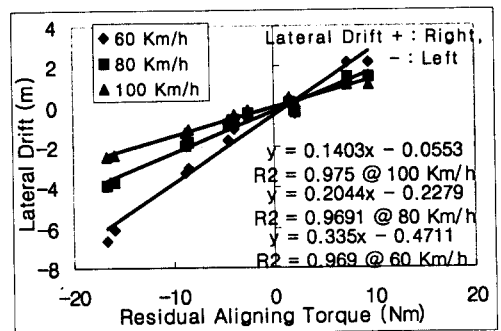


Fig. 8 Simulation results : residual aligning torque and vehicle pull

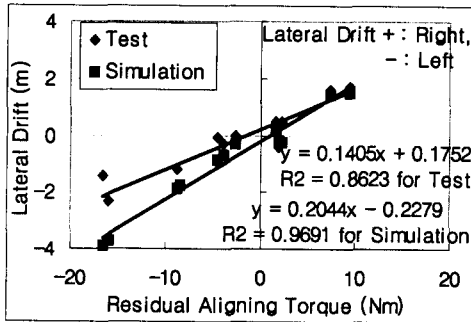


Fig. 9 Vehicle test results : Residual aligning torque and vehicle pull

여기서 나타난 두 결과간의 기울기 차이는 여러 이유 중에서 크게 두가지를 주요한 요인으로 생각할 수 있다. 첫번째는 실제 차량의 모델링시 내재 될 수밖에 없는 차량 모델의 오류에 의한 것이다. 특히 각종 부시류나 스프링의 모델링시 내재될 수 있는 오류는 차량 쏠림 시뮬레이션에서도 영향을 미치는 것으로 나타난다. 그 한 예로서 전륜 및 후륜 현가계의 스프링 정수값을 증가시킬 경우 시뮬레이션에서의 쏠림량은 증가하는 것으로 나타난다. 이와 같이 현가계 및 조향계의 부시 및 스프링 등은 차량 쏠림량에 영향을 미칠 수 있다. 두번째로 타이어와 노면의 접지면에서 마찰계수이다. 이 마찰계수는 타이어의 코너링 선도에 영향을 미치게 된다. 그런데 시험실에서 코너링 선도 측정시 사용된 접지면과 실차 시험시의 접지면의 마찰 계수간에는 차이가 발생할 수 있다. 이러한 차이에 의해서 발생하는 코너링 선도 상에서의 차이는 잔류복원 토크 값에도 영향을 미치게 되고 결국 시뮬레이션과 실차 시험 결과에 차이를 유발시키게 된다. 본 논문에서는 2 자유도계 차량 모델을 이용하여 직진주행시 차량의 동적거동을 이해하고 이로부터 타이어의 RAT가 차량 쏠림에 미치는 영향을 평가하는 것으로써, 시뮬레이션 및 실차 시험간의 상관관계 규명이 주 목적이 아니므로 두 결과간의 차이를 줄이기 위한 추가적인 작업은 수행되지 않았다.

4. 결 론

본 연구에서는 타이어가 어떻게 차량 쏠림을 유발시키는 지를 알아보기 위하여 2 자유도계 차량 모델을 이용하였다. 이 모델을 이용하여 직진주행 상태 하에 있는 차량의 동적 거동을 살펴 보고 타이어의 잔류복원 토크가 어떻게 차량의 쏠림을 유발시킬 수 있는가를 설명하였다. 이 이론이 복잡한 다 자유도계의 차량 모델에서도 적용되는 지를 알아보기 위하여 시판중인 차량을 137 자유도계로 모델링 하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이와같은 다 자유도계 차량모델의 시뮬레이션에서도 전륜 타이어의 잔류복원 토크가 차량 쏠림 현상에 직접적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 그리고 시뮬레이션에 이용된 실제 차량과 타이어를 이용한 차량 쏠림 실차시험 결과로부터 시뮬레이션결과의 타당성을 입증하였다.

참 고 문 헌

- 1) F. E. Matyja, Steering Pull and Residual Aligning Torque, Tire Science and Technology, TSTCA, Vol. 15, No. 3, July September, pp107-190, 1987.
- 2) R. W. Topping, Tire Induced Steering Pull, SAE 750406, p8, 1975.
- 3) M. Pottinger, Tire/Vehicle Pull : An Introduction Emphasizing Plysteer Effects, Tire Science and Technology, TSTCA, Vol. 18, No. 3, July September, pp170 190, 1990,
- 4) B. E. Lindemuth, Tire Conicity and Ply Steer Effects on Vehicle Performance, SAE 740074, 1974.
- 5) W. F. Milliken and D. L. Milliken, Race Car Vehicle Dynamics, SAE International, 1995.
- 6) ADAMS Users Manual, Mechanical Dynamics, Inc., 1994.