

LA FRENATA DI UN AUTOVEICOLO NON DOTATO DI ABS (UN APPROCCIO DIFFERENTE)

a cura di Nicola SANTORO.

Nella presente unità cerchiamo una giustificazione analitica per alcune osservazioni fatte nell'unità omonima precedente, dove l'approccio era di tipo divulgativo. In particolare cercheremo di trovare (e quindi di giustificare) una formula per il calcolo dello spazio di frenata (fermo restando tutte le altre considerazioni fatte per gli altri parametri che concorrono nel determinare la distanza complessiva di arresto).

MODELLO DINAMICO ESPLICATIVO

Il problema della frenatura di un veicolo è, in realtà, piuttosto difficile da affrontare analiticamente, se non si fanno delle ipotesi semplificative. Nel nostro caso (ad es. auto in frenata su un lungo viadotto rettilineo autostradale) possiamo assimilare il veicolo ad un corpo puntiforme, e riferire il moto ad un sistema di riferimento (osservatore) che sia disposto parallelamente al tratto di strada da percorrere. Inoltre, per semplicità, supporremo che la forza frenante esercitata dal conducente (e quindi anche la decelerazione) sia costante.

DESCRIZIONE ANALITICA

Sotto queste condizioni (ipotesi) è abbastanza semplice descrivere il moto dell'auto in frenata. Si tratta di moto rettilineo uniformemente ritardato (decelerato). L'autovettura è sottoposta alla forza normale $F_N = Mg$ (forza peso), alla forza d'attrito (aderenza pneumatici/asfalto) $F_a = \mu_s F_N$ (μ_s è il coefficiente statico dovuto al fatto che, nelle condizioni di rotolamento puro degli pneumatici, il punto di contatto pneumatico/asfalto è fermo), e alla forza frenante $F_f = -Ma$. La condizione ottima di frenata si ottiene quando, in modulo, $F_a = F_f$ cioè quando tutta l'aderenza si sfrutta per decelerare. Se, in modulo, $F_f > F_a$ si arriva al bloccaggio delle ruote e il coefficiente d'attrito (dinamico) diventa $\mu_d < \mu_s$ (in altre parole si perde aderenza, poiché il punto di contatto pneumatico/asfalto non è più fermo, slittando insieme al veicolo). Per questo si usa anche dire che l'attrito di rotolamento, ai fini della frenata, è più vantaggioso rispetto a quello di strisciamento (distinzione tra aderenza ed attrito). A ruote bloccate (sul treno anteriore) la perdita di aderenza si traduce, ovviamente, anche in perdita di direzionalità. Traduciamo il modello in equazioni di moto. Riferendoci alla velocità ed allo spazio percorso possiamo scrivere:

$$(1) \quad \begin{cases} v = v_0 - at \\ s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 \end{cases}; \text{ del resto è anche: } F_a = \mu_s Mg = Ma \text{ da cui si deduce } a = \mu_s g.$$

Quando l'auto sarà ferma si avrà $v = 0$, condizione che ci permette di calcolare il tempo di frenata:

$0 = v_0 - at \Rightarrow t = \frac{v_0}{a}$; e sostituendo questo valore nella seconda delle (1) si ottiene con facili calcoli :

$$s = v_0 \frac{v_0}{a} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2\mu_s g}.$$

Appare chiaro come **lo spazio di frenata sia proporzionale al quadrato della velocità e inversamente proporzionale al coefficiente di aderenza**. Sull'asfalto asciutto ($\mu_s = 0,8$), esprimendo le distanze in Km ed i tempi in ore (h) si ottiene:

$$\frac{v_0^2 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81 \cdot 3,6^2 \cdot 10^4} = \frac{v_0^2}{203,42}$$

in ottimo accordo con $\frac{v_0^2}{200}$, usata nell'altra unità. Disponendo, inoltre, della tabella:

Condizioni dell'asfalto	Valori medi di μ_s
asciutto	0,9 - 0,8
bagnato	0,5 - 0,4
fango	0,3 - 0,2
neve e ghiaccio	0,1 - 0,05

si può effettuare ogni tipo di calcolo, raffrontando il rallentamento sulle varie superfici.

OSSERVAZIONE

Diceva il mio maestro di guida che **è perfettamente inutile lanciare un'auto ad alta velocità se non si ha la più pallida idea di quanto spazio (e tempo) occorre per fermarla completamente**. Questi calcoli, infatti, intervengono anche nel computo della distanza di sicurezza da tenere dal veicolo che precede. Si scopre così, facilmente, una cattiva abitudine di tanti automobilisti imprudenti: correre rimanendo ad una distanza di gran lunga inferiore a quella necessaria a garantire l'arresto in condizioni di sicurezza. Per fortuna oggi c'è l'ABS, altrimenti sarebbe richiesta un'abilità particolare al conducente che voglia frenare la sua auto al limite dell'aderenza: diverse infatti sono le tecniche di frenata a seconda del coefficiente di aderenza. In ogni caso bisogna sempre fare i conti con le leggi della Fisica (che poi sono le leggi del Buon Dio!).