

# IV-148 防風柵および横風を受ける高速自動車の走行安定について

金沢大学 正員 柳場重正  
同 学生員 ○小泉徹  
錢高組 正員 森光明

まえがき 我国の高速道路網の整備建設は現在着々と進められ、自動車の高速化に伴いより高速走行時の操作安定性が問題となる。高速走行自動車が受けける外力としては路面の不整によるモードと、横風突風による空気力学的外力が考えられる。高速道路では路面は良好と考えられ結局空力的外力が問題となる。本研究では自然風下における横風突風を受ける自動車の走行安定性と、高速道路下設置、大防風柵の効果について述べる。

調査場所 北陸高速道小松IC～金沢西IC 30km(防風柵設置) と能登海浜道高松IC～今浜IC 8km(防風柵未設置) の間にあつて調査研究を行つた。

1)自然風の変動特性およびパワースペクトル 横風突風に対する自動車の走行安定性について考えるとまずはまず風の特性を知る必要がある。風の測定には超音波風速計を使用し、データーレコーダーで収録した。一般大風は直流成分の上に変動分があり、である。変動風速について検討する為に周波数分析を行つたところ国1に示す様に、平均風速による変動風速の大きさおよび下降勾配の相違はほとんどなく、0.1Hzで275~130%、1Hzで0.2~0.85%となつた。この結果0.1Hzから10Hzの間では特にピークは現われず卓越した周期は認められなかつた。次に風のスペクトル解析を相関器およびスペクトルアナライザで行つた結果を示すと図2～図4のとおりで、0.05Hz附近で最大値を示し、平均風速が大きくなると高周波部分にパワーの卓越した周期の存在する事がわかる。

2)横風を受ける自動車の走行安定性 横風を受ける自動車は揚力、横向力、ヨーリングモーメント、ローリングモーメント等の作用を受け、平常状態と異なる事象の為、特別の注意が必要である。特に風速一定の強さで吹くぐれは強く、変動値をもつて周波数も一定でない。運転者はある程度の周波数まで追従できても、それ以上のになると反応に遅れをきたし、ついついには追従不能となり危険性が増大する。風エネルギーや人間の操縦能力、及ぶ感覚より0.1Hz～1.0Hzが最も問題となると考え、主としてその附近での応答を調べた。

2)-1 実験方法 実験車のルーフキャリア上に超音波風速計を取り付けて、強風下で一定コース内を走行し、走行中に自動車が受けける風速、相対速度、対気横滑り角、操舵角、操舵力、ヨーリング加速度、横加速度を測定しスペクトル解析を行つた。

2)-2 実験結果と考察 自動車が横風を受ける方から走行しているとその横風風速、操舵力、操舵角、ヨーリング加速度の一例を図5に示す。これらの資料より横風風速と操舵力角の関係を示したのが図6～図7である。風と操舵力、操舵角はいずれも直線關係となつた。次の自動

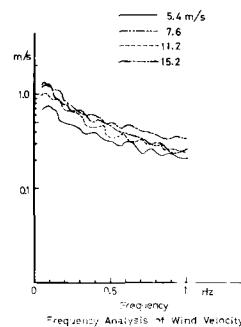


図-1

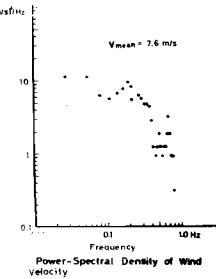


図-2

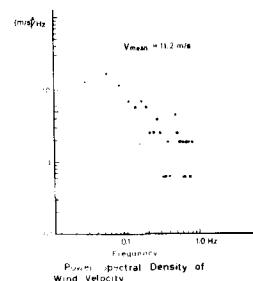


図-3

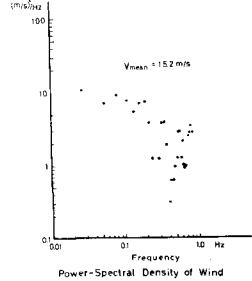


図-4

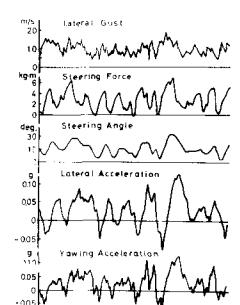


図-5

車を運転する時に風によって車が横移動を行なう時は運転者による進路修正を行なうが、移動量が大きいと危険が増大する。自動車の空気力学特性より横加速度は、合成風速の二乗と風向の横風角度に比例すると考えられる。今横加速度について考えてみると、横加速度は意識的なもの(風に対するハンドルを切ったりする場合)と無意識的なもの(自然な状態でハンドルを切るが生ずるもの)とが考えられる。無意識的なものの最大値は無風状態での走行試験より0.25gと求められた。そこで各

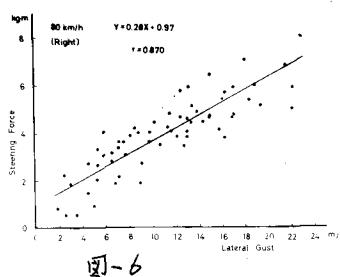


図-6

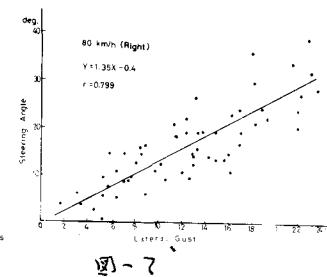


図-7

走行試験における横加速度のピーク値として  $A_i$  を求め  $A = \sum A_i - 0.051$  を求め、各試験における  $\Delta\theta$  との関係を求めると図-8 が示すとおりである。

$\Delta\theta$  が  $250(\text{deg})$  rad 程度になると急激に大きくなり、風の影響が大きくなると考えられる。

次に応答特性についてみると、一般に外乱を受けた人間自動車系の応答は図-9 に示すブロック図で表わされる。外乱を受けたときの人間の応答は  $H_1(j\omega) = H_1(j\omega) \cdot H_2(j\omega) e^{-j\omega t}$  で表わされ、 $H_1(j\omega)$  は人間が目または体全体で感じた信号を手伝うとする運動部であり、 $H_2(j\omega)$  は手と頭、機械式信号を伝える手の運動特性であり、 $e^{-j\omega t}$  は反応時間に関するものである。 $H_1(j\omega)$  は意識可能だが  $H_2(j\omega)$  は人間固有のものである。 $H_2(j\omega)$  を調べれば人間の運動特性を知る事ができる。

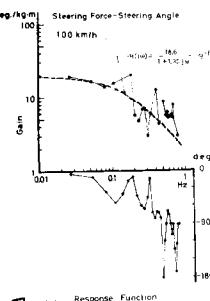


図-10 Response Function

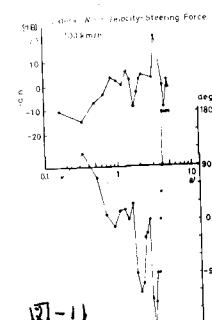


図-11

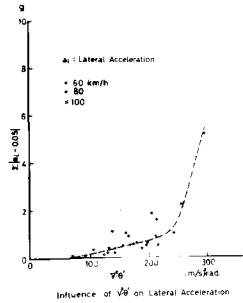


図-8

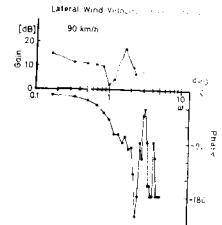


図-12

これに操舵力入力 - 操舵角出力の伝達関数を求めれば良い。その一例を図-10 に示す。横風を入力して操舵力、操舵角出力の伝達関数を求めると図-11、図-12 の様である。

3) 防風柵の効果 北陸高速道路では冬季の強風に対するためにエキスパンドメタルを利用した防風柵が設置された。その減風効果を図-13～図-14 に示す。次に走行時ににおける防風柵の効果については、防風柵の設置されていない能登海浜道路での走行試験と、北陸高速道路での走行試験とを比較する事によって求めた。表-1 は能登海浜道路走行試験時の横風④に対する各々の走行速度で生じた操舵力などの値⑤と、北陸高速道路走行試験時の⑤と同じ値を示す柵前の風速⑥を表示したものであり④⑥は減風効果を表わすと考えられる。この結果より防風柵の調査時における結果とはほぼ等しい結果を得た。

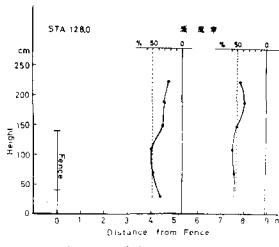


図-13

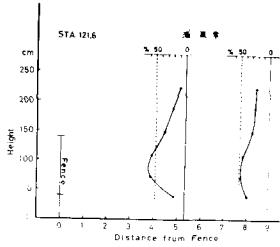


図-14

表-1

		Effect of Fence		
Speed		(④)	(⑥)	(④/⑥)
Steer- ing ing	60 km/h	5m/s	10.8kg	8.4m/s
Force	80	10	2.1kg	14.7
Varia- tion of Steering Force	60	10	1.03	2.53
Towing	60	5	2.52	16.8
Accel- eration	60	5	0.028	0.67
Lateral Force	60	10	2.62	11.3
	80	10	1.62	0.64
	10	5	0.52	1.56
	10	10	1.03	1.03
	10	15	1.53	1.53
	15	5	0.029	0.59
	15	10	0.028	0.51
	15	15	0.028	0.51
	20	5	0.028	0.51
	20	10	0.028	0.51
	20	15	0.028	0.51
	25	5	0.028	0.51
	25	10	0.028	0.51
	25	15	0.028	0.51
	30	5	0.028	0.51
	30	10	0.028	0.51
	30	15	0.028	0.51
	35	5	0.028	0.51
	35	10	0.028	0.51
	35	15	0.028	0.51
	40	5	0.028	0.51
	40	10	0.028	0.51
	40	15	0.028	0.51
	45	5	0.028	0.51
	45	10	0.028	0.51
	45	15	0.028	0.51
	50	5	0.028	0.51
	50	10	0.028	0.51
	50	15	0.028	0.51
	55	5	0.028	0.51
	55	10	0.028	0.51
	55	15	0.028	0.51
	60	5	0.028	0.51
	60	10	0.028	0.51
	60	15	0.028	0.51
	65	5	0.028	0.51
	65	10	0.028	0.51
	65	15	0.028	0.51
	70	5	0.028	0.51
	70	10	0.028	0.51
	70	15	0.028	0.51
	75	5	0.028	0.51
	75	10	0.028	0.51
	75	15	0.028	0.51
	80	5	0.028	0.51
	80	10	0.028	0.51
	80	15	0.028	0.51
	85	5	0.028	0.51
	85	10	0.028	0.51
	85	15	0.028	0.51
	90	5	0.028	0.51
	90	10	0.028	0.51
	90	15	0.028	0.51
	95	5	0.028	0.51
	95	10	0.028	0.51
	95	15	0.028	0.51
	100	5	0.028	0.51
	100	10	0.028	0.51
	100	15	0.028	0.51
	105	5	0.028	0.51
	105	10	0.028	0.51
	105	15	0.028	0.51
	110	5	0.028	0.51
	110	10	0.028	0.51
	110	15	0.028	0.51
	115	5	0.028	0.51
	115	10	0.028	0.51
	115	15	0.028	0.51
	120	5	0.028	0.51
	120	10	0.028	0.51
	120	15	0.028	0.51
	125	5	0.028	0.51
	125	10	0.028	0.51
	125	15	0.028	0.51
	130	5	0.028	0.51
	130	10	0.028	0.51
	130	15	0.028	0.51
	135	5	0.028	0.51
	135	10	0.028	0.51
	135	15	0.028	0.51
	140	5	0.028	0.51
	140	10	0.028	0.51
	140	15	0.028	0.51
	145	5	0.028	0.51
	145	10	0.028	0.51
	145	15	0.028	0.51
	150	5	0.028	0.51
	150	10	0.028	0.51
	150	15	0.028	0.51
	155	5	0.028	0.51
	155	10	0.028	0.51
	155	15	0.028	0.51
	160	5	0.028	0.51
	160	10	0.028	0.51
	160	15	0.028	0.51
	165	5	0.028	0.51
	165	10	0.028	0.51
	165	15	0.028	0.51
	170	5	0.028	0.51
	170	10	0.028	0.51
	170	15	0.028	0.51
	175	5	0.028	0.51
	175	10	0.028	0.51
	175	15	0.028	0.51
	180	5	0.028	0.51
	180	10	0.028	0.51
	180	15	0.028	0.51
	185	5	0.028	0.51
	185	10	0.028	0.51
	185	15	0.028	0.51
	190	5	0.028	0.51
	190	10	0.028	0.51
	190	15	0.028	0.51
	195	5	0.028	0.51
	195	10	0.028	0.51
	195	15	0.028	0.51
	200	5	0.028	0.51
	200	10	0.028	0.51
	200	15	0.028	0.51
	205	5	0.028	0.51
	205	10	0.028	0.51
	205	15	0.028	0.51
	210	5	0.028	0.51
	210	10	0.028	0.51
	210	15	0.028	0.51
	215	5	0.028	0.51
	215	10	0.028	0.51
	215	15	0.028	0.51
	220	5	0.028	0.51
	220	10	0.028	0.51
	220	15	0.028	0.51
	225	5	0.028	0.51
	225	10	0.028	0.51
	225	15	0.028	0.51
	230	5	0.028	0.51
	230	10	0.028	0.51
	230	15	0.028	0.51
	235	5	0.028	0.51
	235	10	0.028	0.51
	235	15	0.028	0.51
	240	5	0.028	0.51
	240	10	0.028	0.51
	240	15	0.028	0.51
	245	5	0.028	0.51
	245	10	0.028	0.51
	245	15	0.028	0.51
	250	5	0.028	0.51
	250	10	0.028	0.51
	250	15	0.028	0.51
	255	5	0.028	0.51
	255	10	0.028	0.51
	255	15	0.028	0.51
	260	5	0.028	0.51
	260	10	0.028	0.51
	260	15	0.028	0.51
	265	5	0.028	0.51
	265	10	0.028	0.51
	265	15	0.028	0.51
	270	5	0.028	0.51
	270	10	0.028	0.51
	270	15	0.028	0.51
	275	5	0.028	0.51
	275	10	0.028	0.51
	275	15	0.028	0.51
	280	5	0.028	0.51
	280	10	0.028	0.51
	280	15	0.028	0.51
	285	5	0.028	0.51
	285	10	0.028	0.51
	285	15	0.028	0.51
	290	5	0.028	0.51
	290	10	0.028	0.51
	290	15	0.028	0.51
	295	5	0.028	0.51
	295	10	0.028	0.51
	295	15	0.028	0.51
	300	5	0.028	0.51
	300	10	0.028	0.51
	300	15	0.028	0.51
	305	5	0.028	0.51
	305	10	0.028	0.51
	305	15	0.028	0.51
	310	5	0.028	0.51
	310	10	0.028	0.51
	310	15	0.028	0.51
	315	5	0.028	0.51
	315	10	0.028	0.51
	315	15	0.028	0.51
	320	5	0.028	0.51
	320	10	0.028	0.51
	320	15	0.028	0.51
	325	5	0.028	0.51
	325	10	0.028	0.51
	325	15	0.028	0.51
	330	5	0.028	0.51
	330	10	0.028	0.51
	330	15	0.028	0.51
	335	5	0.028	0.51
	335	10	0.028	0.51
	335	15	0.028	0.51
	340	5	0.028	0.51
	340	10	0.028	0.51
	340	15	0.028	0.51
	345	5	0.028	0.51
	345	10	0.028	0.51
	345	15	0.028	0.51
	350	5	0.028	0.51
	350	10	0.028	0.51
	350	15	0.028	0.51
	355	5	0.028	0.51
	355	10	0.028	0.51
	355	15	0.028	0.51
	360	5	0.028	0.51
	360	10	0.028	0.51
	360	15	0.028	0.51
	365	5	0.028	0.51
	365	10	0.028	0.51
	365	15	0.028	0.51
	370	5	0.028	0.51
	370	10	0.028	0.51
	370	15	0.028	0.51
	375	5	0.028	0.51
	375	10	0.028	0.51
	375	15	0.028	0.51
	380	5	0.028	0.51
	380	10	0.028	0.51
	380	15	0.028	0.51
	385	5	0.028	0.51
	385	10	0.028	0.51
	385	15	0.028	0.51
	390	5	0.028	0.51
	390	10	0.028	0.51
	390	15	0.028	0.51
	395	5	0.028	0.51
	395	10		