

金沢大学 正員 柳場 重正
同 学生員 〇小泉 徹
銭高組 正員 森 光明

まえがき 我國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その高速走行時の操縦安定性が問題となる。高速走行自動車を受ける外力としては路面の不整によるものと、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外力の外力が問題となる。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、高速道路に設置した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 30 km (防風柵設置) と 能登海浜道路高松IC～今津IC 8 km (防風柵未設置) の間において調査研究を行った。

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きはまず風の特徴を知る必要がある。風の測定には超音波風速計を使用し、データレコーダで収録した。一般大風は直流成分の上に変動成分がのっている。変動風速について検討する為に周波数分析を行ってみると図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、0.1 Hz で25%、1 Hz で0.2~0.4%となった。この結果0.1 Hz ~ 10 Hz 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った。次に風のスペクトル解析を相關器およびスペクトルアナライザで行った結果を示すと図2~図4のとおりで、0.05 Hz 附近で最大値を示し、平均風速が大きくなると高周波部からパワーの卓越した周期の存在する事がわかる。

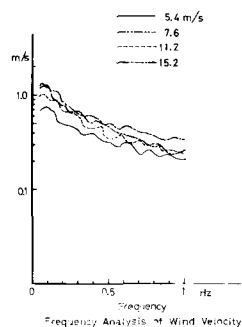


図-1

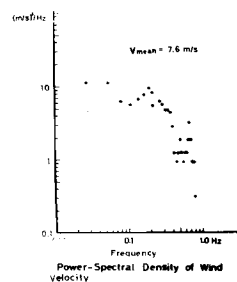


図-2

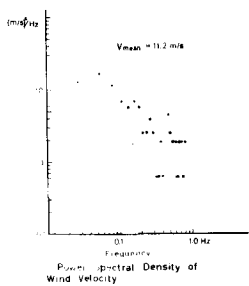


図-3

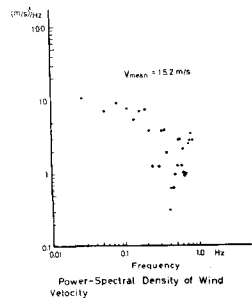


図-4

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、ヨーイングモーメント、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。特に風は一定の強さで吹くのではなく、変動をもつその周波数も一定でない。運転者はある程度の周波数までは追従できても、それ以上になると及たに遅れをきたし、ついに追従不能となり危険性が増大する。風のエネルギーや人間の操縦能力、及た感覚より0.1 Hz ~ 10 Hz が最も問題になると考え、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、走行中自動車を受ける風速、相対湿度、空気横滑り角、操舵角、操舵力、ヨーイング加速度、横加速度を測定しスペクトル解析を行った。

2)-2 実験結果と考察 自動車が横風を受けるが走り続けているときの横風風速、操舵力、操舵角、ヨーイ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、操舵角はすべて直線関係となった。次に自動

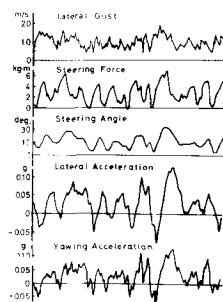


図-5

車を運転する時に風によって車が横移動を行なう事は運転者に進路修正を行わすが、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積 $V \cdot \theta$ 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(風に対してハンドル

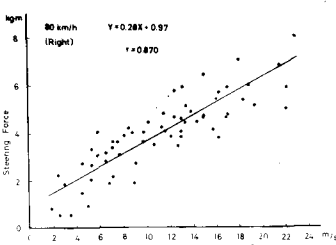


図-6

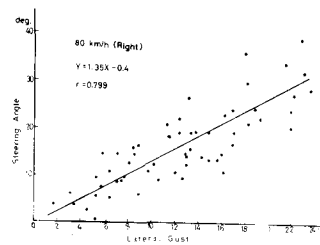


図-7

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力が加わり生ずるもの)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求められた。そこで各走行試験における横加速度のピーク値として a_x を求め、 $A = \Sigma |a_x - 0.05|$ を求め、各試験における $V \cdot \theta$ との関係を求めると図-8と示すとおりである。 $V \cdot \theta$ が250($\% \cdot \text{rad}$)程度になると急激に大きくなり、風の影響が大になると考えられる。

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 $H_1(j\omega) = H_2(j\omega) \cdot e^{j\omega L}$ 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サンプティング演算部であり、 $H_2(j\omega)$ はサンプティング部を伝えるものの運動特性であり、 $e^{j\omega L}$ は伝達時間に関するものである。 $H_1(j\omega)$ は意識可能なが $H_2(j\omega)$ は人間に固有のものである。 $H_2(j\omega)$ を調べれば人間の運動特性を知ることができ、

図-10

図-11

図-12

これは操舵力入力-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。横風を入力として操舵力、操舵角出力の伝達関数を求めると図-11、図-12の様になる。

3)防風柵の効果 北陸高速道路では冬季の強風に対処する為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(A)に対して、各々の走行速度で生じた操舵力などの値(B)と、北陸高速道路走行試験時に(B)と同じ値を示す柵前の風速(C)を表示したものであり(A)/(C)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ほぼ等しい結果を得た。

表 1

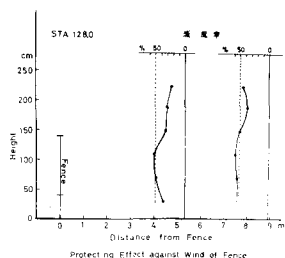


図-13

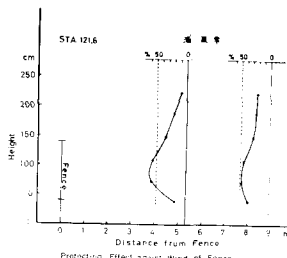


図-14

Effect of Fence						
Speed	①	②	③	④	⑤	⑥
Steering Force	50	5	1.08kg	8.5m/s	0.08	0.08
	10	1	2.12	16.7	0.7	0.7
Steering Angle	50	5	1.03	7.9	0.63	0.63
	10	1	2.06	15.8	0.55	0.55
Acceleration	50	5	2.60g	11.3	0.44	0.44
	10	1	5.16	22.3	0.38	0.38
Steering Force	50	5	2.28	8.9	0.56	0.56
	10	1	4.56	18.0	0.62	0.62
Acceleration	50	5	0.029g	8.5	0.39	0.39
	10	1	0.058	16.7	0.77	0.77
Acceleration	50	5	0.038	7.9	0.14	0.14
	10	1	0.076	15.8	0.12	0.12
Acceleration	50	5	0.025	8.9	0.53	0.53
	10	1	0.050	18.0	0.63	0.63
Acceleration	50	5	0.025	8.9	0.37	0.37
	10	1	0.050	18.0	0.71	0.71
Acceleration	50	5	0.025	8.9	0.65	0.65
	10	1	0.050	18.0	0.76	0.76

Example: 0.04