

事故多発地点における道路交通環境要因の分析

長 浜 友 治

Analysis of the Main Factor (Road-Traffic Conditions) in Traffic

Accidents at Places Where Many Accidents Occur

Tomoharu NAGAHAMA

Improvement in automobiles, traffic control, and safety-education can help to reduce the rate of occurrence of traffic accidents; but we cannot expect much improvement in the future in the attentiveness and law-abiding spirit of human beings. I. e., the accident rate will be reduced only through improvement in road-traffic conditions. Intrusted with this task by Fukui Prefecture, the author made a diagnosis of the places where accidents occur. This paper has tried, mainly by analyzing many cases, to make the best possible analysis of the interrelation between accident-occurrence and road-traffic conditions, which are the main factor, e. g. : alignment and structure of roads; safety equipment, etc.

The conclusion emerging from this analysis is that road-engineers, thinking like physicists, have road-structure as their chief aim and are insufficiently concerned with in use of transport.

1. 緒 言

1969年4月 OECD は、英国の Crowthorne (Berkshire) の Road Reserch Labcractry において、「交通事故の解析における統計的手法の利用に関するシンポジウム」を開催している。1970年11月著者らも参加した大阪市での土木学会第25回年次学術講演会においても、始めて交通事故に関する講演会が、シンポジウム形式により開かれている。今や、わが国をも含めた世界の先進国においては、ようやく交通事故対策について、従来の思いつき、常識的なものから科学的、基礎的研究に基いた方法論を追究せんとする気運になってきた。

道路構造については、特にその幾何構造について、道路の人間工学的評価の上に立った構造基準の改正が行なわれんとしている。一方先頃の警察庁の「道路管理施設整備5ヶ年計画」によれば横断歩道橋の整備に続き、歩道、ガードレール、信号機、標識等の安全施設につき思い切った安全投資を骨子としている。

しかし前述のごとく、これらの投資効果に対して、事故発生と事故対策を結びつける方法論が確

立されておらず、実証的な裏付けのない現況であり、事例的な事故分析、統計解析に関しあらゆる角度からの調査研究を推進しなければならない段階と考えられる。目下著者の行なっている「福井県下における交通安全施設の効果測定」は事故の事前事後調査に基く事例的分析である。

本論文においては、著者が昭和43年以来実施してきた福井県下事故多発地点約40ヶ所の事例的分析¹⁾を中心として、道路交通環境要因（線形、構造、路面、視距、安全施設）が事故発生におよぼす影響について分析し、その対策についても論じた。なお事故防止対策に当っては、道路交通環境要因の外、運転者、歩行者の人的要因、自動車の要因、さらには、地域的要因も含めた、いわゆるマクロ的対策が必要であることはいうまでもない。表-1は、福井県下の昭和44年中の道路形状別交通事故発生状況である。

表-1 道路形状別交通事故発生状況（昭和44年中）

屈曲，まがりかど付近，交差点内（小），交差点内（大）などが目立っている。

道 路 形 状 別		市 街 地			非 市 街 地		
		件 数	死 者	傷 者	件 数	死 者	傷 者
交 差 点	交 差 点 内 (大)	1,061	7	1,396	175	4	285
	同 上 横 断 歩 道 上	84	1	92	3		3
	同 上 附 近	270	7	388	46		72
	交 差 点 内 (小)	553	9	697	295	6	413
	同 上 横 断 歩 道 上	23	1	25	7	1	10
	同 上 附 近	95	2	117	62	3	95
単 路	横 断 歩 道 上	23	4	20	4	1	3
	同 上 附 近	114	2	156	38	3	52
踏 切	一 種				1		1
	二 種	3		3	1		2
	三 種	4		10	7	2	8
ト ン ネ ル	屈 曲，まがりかど附近	77	1	119	22	2	49
	坂 道	34	1	46	341	16	620
	そ の 他	1,566	22	2,017	121	6	232
	合 計	3,907	57	5,086	1,358	43	2,119
合 計		3,907	57	5,086	2,481	87	3,964

注：「交差点内(大)」とは交差する道路の2つ以上が巾員5.5m以上である交差点

「交差点内(小)」とは、上記以外の交差点

「市街地」とは、道路に沿って、おおむね500m以上にわたって、人家が連立している状態および現住家屋の敷地が占めている状態であって、その地域における人家および敷地が占める割合が80%以上になる、いわゆる市街地的形態をなしている地域をいい、工場の場合も含む。(片側だけがこのような形態をなしている場合を含む。)

「非市街地」とは、市街地以外の地域をいう。

2. 曲線部の事故

昭和44年中の福井県地方部において発生した、事故件数の14%程度が、曲線部における事故であり、道路の曲線が危険な線形要素であることは明白である。しかし曲線部に限らず、どのような道路構造が事故要因となるかは、前後の道路と関係する。悪路には含まれた曲線部は車輛の走行速度が低いため、事故多発地点とはならないが、良好な高速運転可能な道路が前後にあると、たちまち事故多発地点となる。このことは、長い直線区間にぽつんと半径 R の小さな曲線部の事故が多いことや最近奈良県において、多発地点の路面をブロックの悪路に施工して、車輛の走行速度を低下させ事故防止効果を上げていることによっても明らかである。

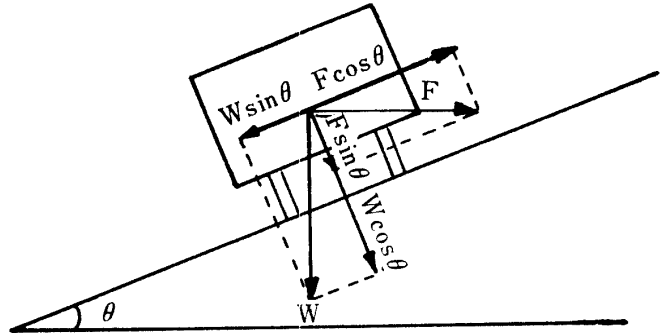


図-1 曲線部走行図

曲線部の事故に関する要因としては、半径、視距、片勾配、路面のすべりをあげることができるが、曲線部を走行する車の滑動に対するつり合いを求めると、

$$F = \frac{Wv^2}{gR} = \frac{Mv^2}{R}$$

F : 遠心力 (kg) W : 車輛および積荷重量の和 (kg)

v : 速度 (m/sec) V : 速度 (km/h)

g : 重力の加速度 (9.8m/sec²) R : 曲線半径 (m)

θ : 路面が水平となす角 (勾配) M : 車輛および積荷の質量

$\tan\theta$: 路面片勾配の傾斜 = i f : 路面の横すべり摩擦係数

曲線部を走行する自動車が遠心力によって、横すべりを生じないためには、

$$F \cos \theta - W \sin \theta \leq (W \cos \theta + F \sin \theta) f$$

$$F - W \tan \theta \leq \left(W + \frac{Wv^2}{gR} \cdot \tan \theta \right) f$$

$$v^2 \leq gR \frac{f+i}{1-fi} \quad \text{または} \quad R \geq \frac{v^2}{g} \cdot \frac{1-fi}{f+i}$$

fi は 1 にくらべて微小であるから $1-fi \div 1$ とすると

$$v^2 \leq gR (f+i)$$

$$V^2 \leq 127 \cdot R (f+i) \quad \text{または} \quad R \geq \frac{V^2}{127(f+i)}$$

曲線部における事故は外側車線の車が遠心力によってすべり、路外に飛び出るか、物件に衝突する

場合、または、両方向の車が他車線を侵すための正面衝突の事故である。

曲線半径 R と、片勾配が一定の曲線部の事故は、つり合い式より、理論速度 V (km/h) を越えているか、タイヤと道路の横すべり摩擦係数 f が小さい場合に発生すると考えられる。特に f の値はタイヤの摩耗、材質、内圧、道路の舗装の種別、施工法、路面の乾湿によって大きく変化する。

表-2 曲率および勾配と事故率との関係

勾配 曲線半径 (メートル)	100万台キロ当たりの事故率			
	0-1.99%	2-3.99%	4-5.99%	6-8.00%
4,000以上	28	20	105	132
3,001-4,000	42	25	130	155
2,001-3,000	40	20	150	170
1,001-2,000	50	70	185	200
400-1,000	73	106	192	233

表-2は²⁾、ドイツの高速道路における事故率と曲率および縦断勾配の関係を示すものである。曲線に縦断勾配が重なった場合、事故率が高く、危険度が増すことがわかる。

次に道路構造として、危険な線形要素をもつ武生一敦賀間の国道8号線の有料道路区間、大谷トンネルカーブについて分析する。

本地点は、現在交通量約 10,000台/12h、道路公団により施工され、昭和37年供用開始後、交通量の増大にともない、事故多発点となり、昭和43年 Overlay の際に、車道巾員を 8.5m から 9.5m に拡巾、片勾配の改良、細粒のシリカサンドを用いたすべり止め舗装を行なったが、その後さらに多発している現状である。

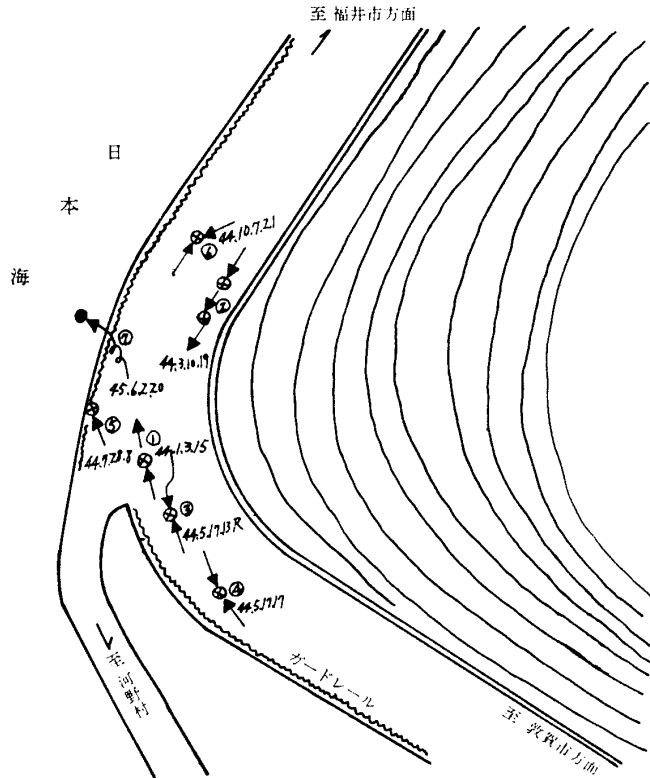
道路交通環境としては、本有料道路は、道路構造令山地第2種（設計速度 50km/h）の構造基準を適用されており、特別曲線半径 $R=30m$ 、視距 50m、路面 Asphalt concrete 舗装、片勾配 6%、縦断勾配は武生側へ上り4.65%である。また、警告灯が設置され、曲線部手前に、最除行の看板が置かれているが、その位置、文字の意味は運転者の情報伝達に不適當である。図-2に事故発生状況図を示す。曲線半径 30m の場合の理論上の限界速度は前式より

$$V = \sqrt{127 \cdot R \cdot (f + i)} \quad \text{である。}$$

f は、シリカサンドは補修しないと摩耗しやすいので、現在路面乾燥時 0.55、湿潤時 0.15 と推定、 $R=30m$ 、 $i=0.06$ を代入して計算すると、晴天の路面乾燥時の限界速度は $V=48km/h$ 、雨天の路面湿潤時は $V=28km/h$ となる。

これに視距、車の性能、タイヤの摩耗等を考えると、安全走行速度は晴天時 40km/h、雨天時 20km/h と推定される。図-2の事故分析表より明らかなごとく、第一当事者はいずれも 50km/h 以上の高速で、しかも大型車の事故が大部分である。大型車の場合、車道巾員、運転操作の面より

事故多発地点における道路交通環境要因の分析



件 数	7
死 者	2
傷 者	11

図-2 河野村大谷カーブ

(昭和44年1月1日以降)

事 故 分 析 一 覧 表					
No.	事故類型	車 両		事 故 状 況	死傷数
		第一当事者	第二当事者		
1	追 突	普通乗用車	普通乗用車	第一当事者が約50キロメートル毎時で北進中、先行の普通乗用車が一時停止したのに追突した。	軽 2 傷 名
2	追 突	普通貨物車	普通乗用車	第一当事者が約50キロメートル毎時で南進中、先行の普通乗用車が一時停止したのに玉突き衝突した。	軽 2 傷 名
3	追越時 正面衝突	普通貨物車	普通乗用車	第一当事者が南進中、先行車を追越そうとしてセンターラインを割った際対向車と正面衝突した。	軽 3 傷 名
4	正面衝突	原付一種	大型貨物車	第一当事者が南進中、カーブを曲がり切れずセンターラインを越え対向車と正面衝突した。	重 1 傷 名
5	ガードレール 衝 突	大型貨物車		第一当事者が約50キロメートル毎時で北進中、カーブを曲がり切れずガードレールに衝突した。	軽 1 傷 名
6	正面衝突	普通貨物車	普通貨物車	第一当事者が約50キロメートル毎時で南進中、ハンドル操作を誤りセンターラインを割って対向車と正面衝突した。	重軽 2 傷 名
7	転 落	大型貨物車		第一当事者が約55キロメートル毎時で北進中、カーブを曲がり切れずガードレールを破り崖下へ転落した。	死 2 者 名

注：当事者上部の○印は県外運転者を示す。

安全速度は上記の値よりさらに 5 km/h 程度低くなるであろう。道路構造令山地第2種（設計速度 50 km/h ）の曲線半径の一般構造基準は $R=100\text{ m}$ 以上であるが、地形的な理由により特別曲線半径 $R=30\text{ m}$ まで縮小することを認めているが、本地点においては、このような一区间における設計上の基準の極端な不統一、変化が事故の最大要因と考えられる。更に4.95%の縦断線形との組合せが事故率を高くしていることはいうまでもない。

事故防止対策として、半径 R を大きくし、縦断勾配を Level にする線形改良は理想ではあるが、山地部の地這り、橋梁部の嵩上工事は死荷重を増し、施工不能の状態であるので、当面段切りによる視距の増大、2%程度の片勾配の改良、シリカサンドすべり止め補装の補修工事を行なう。安全施設として、現在の強度の低いガードレールを撤去し、反射材料をとりつけた、高速道路用の高強度ガードレールを二重に施工する。警報装置として、曲線部手前に、安全速度指示標識を設置する。この効果については、1939年以來アメリカの、Indiana, Kansas における報告、1970年8月、札幌市で開催された第7回日本交通科学協議会研究発表において、科学警察研究所、大久保交通部長の「箱根新道における事故対策研究」報告からも大きな効果があることが立証されている。さらに最近日本無線の開発した、速度警報装置を設置すればきわめて有効な事故防止手段となる。この装置は事故多発地点（曲線部など）において、制限速度（安全速度）を越えて走行する自動車の速度を検出し、その走行車の運転者に対し標識部において、警報表示をし、確実に速度制限をして、危険を防止する交通安全施設の一つである。これらの装置は、曲線部の構造、線形改良を行なわなくても交通工学的手法による事故減少の可能なことを示すものである。

著者が今まで、事故多発地点の曲線部に対し勧告してきた、一般的事故防止対策を示すと次の通りである。

- (1) 片勾配の改良
- (2) すべり止め補装の施工
- (3) 視距の改良
- (4) デリニエーター
- (5) ガードレール
- (6) 警告装置
- (7) 人車の立体的分離（歩道橋、地下道）

3. 縦断線形における視距不足による事故

道路線形、巾員、勾配が高い構造基準の場合視距が不十分であれば危険度は高くなる。十分な視距の確保は、安全性に対する最も重要な要素である。このことは凸形縦断勾配の変化する場所（たとえば峠）などで、しばしば経験するところである。California の二車線道路の縦断線形における視距と事故率の関係は表-3の通りであり³⁾、視距の長い程事故率が低い。視距には、車の制動停止距離と、避走距離から求める二つの方法があるが、改正道路構造令要綱案では制動停止距離を安

事故多発地点における道路交通環境要分の因析

全視距としている。車線別走行を原則として
制度停止距離を求めてみると、

D : 制動停止距離 (m)

j : 縦断勾配, 上りを(+)下りを(-)

V : 速度 (km/h)

f : タイヤと路面の縦すべり摩擦係数

t : 反応時間

表-3 2車線道路における視距と事故率との関係

視 距 (フィート)	事 故 率 (百万台マイル当り件数)
800未満	2.4
800—1,500	1.9
1,500—2,500	1.5
2,500以上	1.1

$$D = \frac{V}{3.6} t + \frac{V^2}{2g(3.6)^2(f \pm j)}$$

t は AASHO では 2.5sec をとっており, $g=9.8\text{m/sec}^2$ を代入すると

$$D = 0.694V + 0.00394 \frac{V^2}{(f \pm j)}$$

縦すべり摩擦係数 f は, 横すべり摩擦係数と同じく, 路面の種類, 乾湿, タイヤの摩耗などに関係して変化し, 雨天時の湿潤路面では, すべり抵抗は大きく減少する。

次に縦断曲線部における安全視距不足の事例として, 国道8号線バイパスと国道158号線交差点における事故分析を行なう。図-3に事故発生状況を示す。本地点は, バイパス往復車線の内片側車線の橋梁未完成のため, 路面表示による導流島により交通処理を行なっている。事故はバイパスの部分開通3ヶ月間に発生したものであるが, この期間中, 交通量はバイパス 3,500台/12h, 158

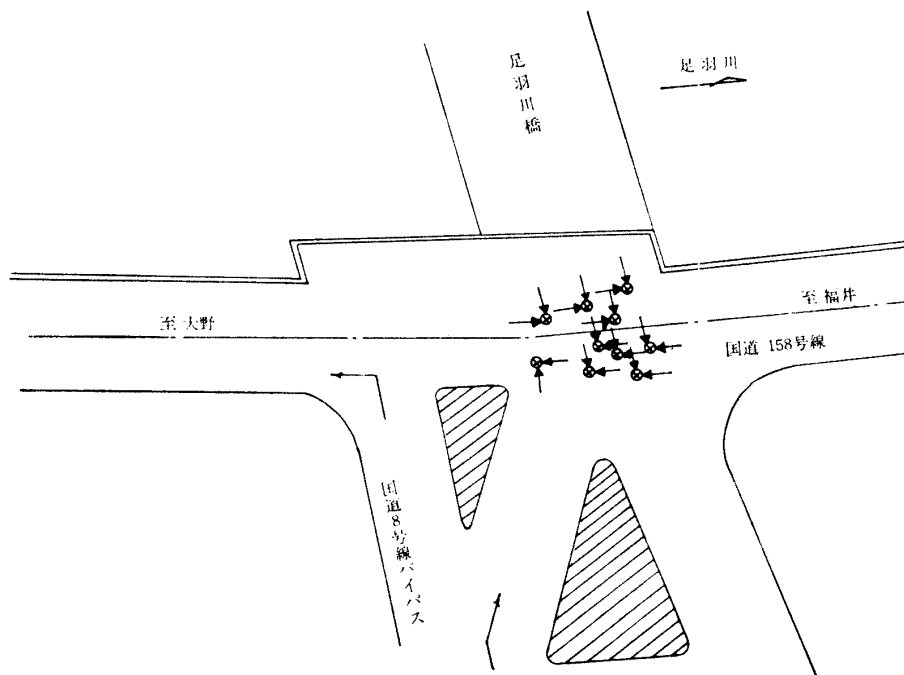


図-3 8号線バイパス, 158号線交差点

と発生件数は、構造、交通量、交通制御施設によって異なるが、多発地点診断の結果、5枝以上の多枝交差点、Y字型交差点、食い違い交差点などの変形交差点において多発している。交差点事故の大部分は、追突であり、次いで右左折車と直進車の衝突である。追突現象について⁴⁾、追従理論から解析すると、この理論は、車が一列になって走行しているときの交通流において、先行車と後続車の車頭間隔に関する運動理論であり基礎方程式は、

$$x_k(t-T) - x_{k+1}(t-T) = nTv_{k+1} + b$$

$x_k(t)$ ：時刻 t における先行車の位置

$x_{k+1}(t)$ ：時刻 t における後続車の位置

$v_{k+1}(t)$ ：時刻 t における後続車の速度

T ：反応時間 n, b ：常数

で示され、時刻 t における後続車の速度 $v_{k+1}(t)$ は反応時間 T だけ前の車間距離 $x_k(t-T) - x_{k+1}(t-T)$ に関係していることを表わす式である。

この式から n の大きさによって、車間距離が安全か否かわかり、 n が2以下の場合は追突の危険が出てくる。日本では n が1.0～1.5位であるがアメリカでは平均値は2以上である。また交差点での右左折車と直進車の衝突については、図-5において、衝突点 N は、交差点に集中する道路数を n (n は一方向一車線の道路) とすると次のように表わされる。

$$N = n^2(n-1)(n-2)/6$$

すなわち、衝突点 N は道路数 n の4乗に比例して増加する。

次に事故多発交差点の内より、国道8号線幸橋北詰交差点を分析する。図-6は事故発生状況図である。

本交差点は交通量約30,000台/12h、8号線と158号線、さらに市道が6交差する多枝交差点であり、橋梁をも含めて変形交差点を形成している。目下点滅信号制御を行なっているが、直進、右左折の車輛の混雑が交通流を乱し、事故要因となっている。すなわち、橋梁巾員は12mと8号線巾員の約半分であり、橋梁上の混雑度が高く、さらに横断歩道を認めているため、追突事故が多発している。また路面電車による交通容量の減少と、車両走行障害が事故多発を助長し、橋梁上において著しい。市道への右折禁止標識、赤黄の点滅信号は、昼は商店街の看板、夜間はネオンのため特に県外運転者に対し対比効果が薄い。

対策として、交差点構造の改良が全く困難であるが、将来車道巾員25m程度の橋梁架換は絶対

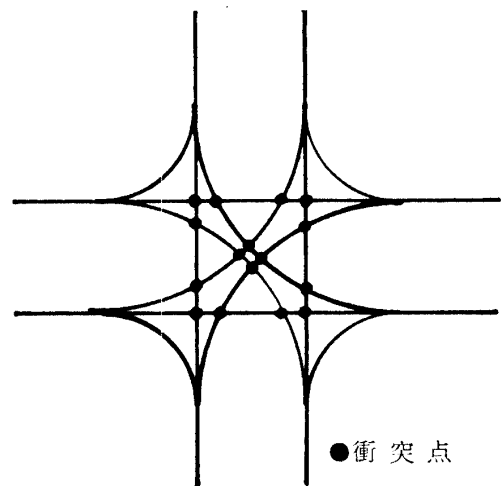
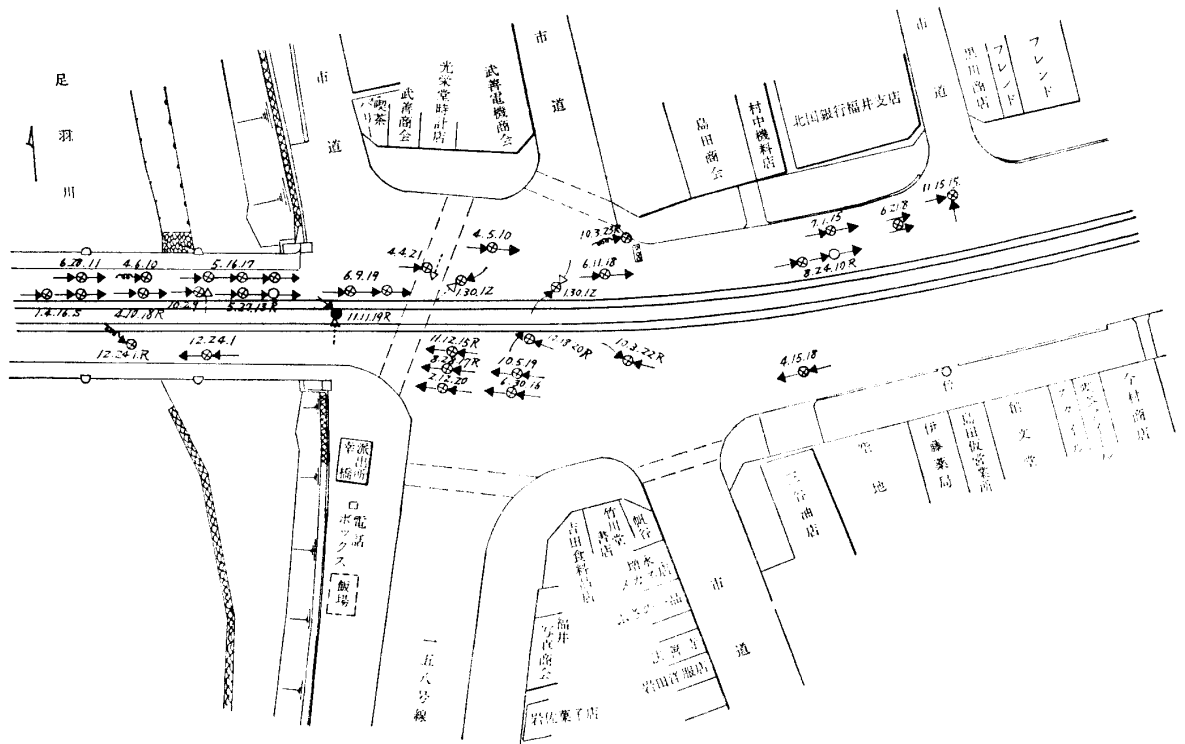


図-5 衝突点 ($n=4$)



凡 例

● 死亡事故	← 自転車	←→ 追突事故
⊙ 傷害事故	←--- 歩行者	⊙ 側面衝突
○ 物損事故	⊠ 駐車車両	↘ 右折時衝突
← 自動車(直進)	⊕ 正面衝突	↙ 左折時衝突
← 自動車(後退)	⊖ すれ違い事故	⊗ 路外逸脱
←--- 二輪車	⊙ 追越接触	⊕ 転倒・転落

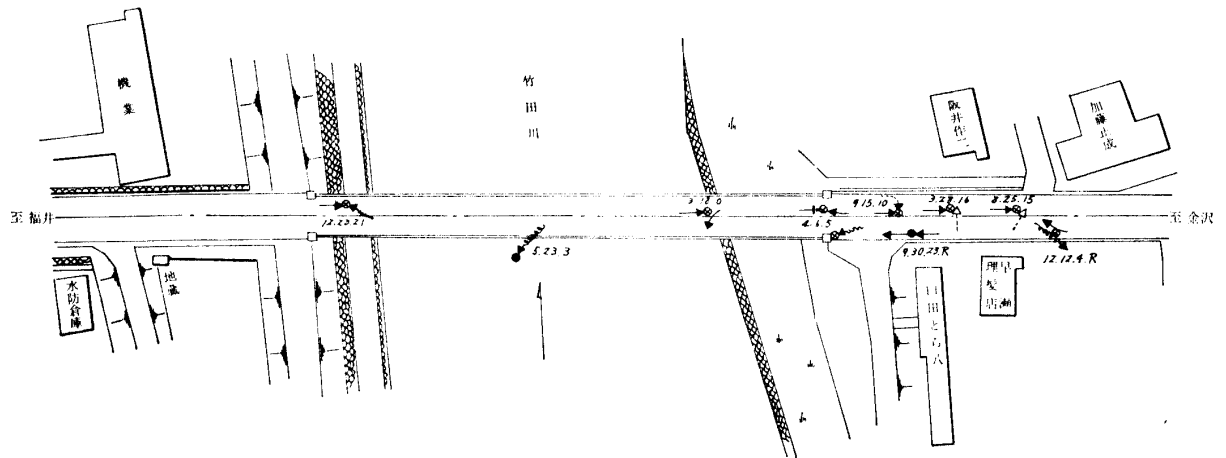
図-6 幸橋北詰交差点

必要である。当面の処置として、現在の橋梁車道巾員拡巾のため、歩道部を切削し、別に歩道橋を設ける。ただし、本工事に当っては現在の橋梁現況における、耐荷荷重、材料の腐蝕程度などの安全性調査が必要である。橋梁と取付部の交差点内は追突防止のため、すべり抵抗を大きくする再舗装を行なう。また信号制御によらない横断歩道を廃し、早急に立体横断施設を設ける。これは現在の道路交通量、横断巾員、横断者数など、横断施設設置基準から検討しても当然のことである。看板、ネオンの沿道規制も必要であり、路面電車は郊外部で打切り、市中心部へはバス連絡を行なう。市道への右折禁止は標識の外、路面標示をも行なう。なお本交差点は、将来158号線の城の橋踏切立体化にともない、交差点内への流入交通量の増大が予想され、点滅信号制御では処理し切れない。当然150m北の大名町交差点と連動信号とすべきであろう。

著者が県下の事故多発交差点に関し、勧告してきた対策を示すと、次の通りである。

- (1) 流入道路の取付け位置の変更
- (2) 視距増大のための突角部の切取り
- (3) 立体横断施設の設置
- (4) 信号機の移設、現示の改良

現在、架設されている橋梁は、旧道路橋設計示方書に基くものが多く、車両が大型化した今日、橋梁の中員自身が狭く、さらに道路中員の拡巾改良が行なわれても、橋梁中員はそのまま、取付け道路より橋梁中員が狭い危険構造となっている。Fritts の調査によれば⁵⁾、橋梁中員が取付道路より 1ft 以上狭い場合は 1 億台/mile 事故率は 100 件、5 ft まで広くなった場合は、事故率は 58、5 ft 以上広い場所では 12 と大巾に減小する。わが国における調査資料はないが、このような傾向を示すことはすでに福井県下の事故多発地点で明らかであり、早急に橋梁の拡巾、架換が必要である。



Technical drawing of a bridge cross-section. The drawing includes the following dimensions and labels:

- Top Dimensions:** 8,100 (total width), 7,500 (width of the main deck), 6,500 (width of the inner deck), 5,900 (width of the inner deck with shoulders), and 300 (width of the outer shoulders).
- Vertical Dimensions:** 310 (top deck thickness), 671 (height of the main structure), 400 (height of the lower structure), 100 (height of the base), and 2,500 (total height of the base).
- Horizontal Dimensions (Base):** 900, 3 @ 1,100 = 3,300, 400, 1,000, 1,000, 1,000, 700, 500, 500, 1,100, 1,100, 1,050, 950, 150, 1,000, 1,000, 500, 1,500, and 500.
- Labels:** "密粒度アスファルトコンクリート" (Dense grad asphalt concrete) and "4" (indicating the number of lanes).

— 223 —

次に事例として、国道8号線長畝橋を分析する。交通量は22,000台/12h、本橋は昭和3年架設された、6径間I型鋼単純桁橋であり、有効巾員5.9m、前後の取付け道路巾員は拡巾整備が行なわれ6.5mであり、0.6m橋梁巾員が狭い事故多発の危険構造となっている。図-7に事故発生状況を示す。高欄への激突の跡が多く見られ、正面衝突、転落事故が発生している。また金沢側の橋詰は、直線路のための高速運転と、歩行者横断の人的要因による事故が発生している。

対策としては、当然橋梁の拡巾が必要であり図-8のように有効巾員を5.9mより7.5mに拡巾する。また金沢側橋詰の事故に対しては、速度制限標識の設置と立体横断施設を検討する。

このような狭い橋梁事故に対しては、橋面のすべり止めを先づ行ない、応急対策として次のような交通制御施設によるのが適当であろう。すなわち、警戒標識、デリニエーターの設置、橋梁端部の路面標示、これらは特に夜間事故に対して有効ならしめるため、反射材料、施設を利用すべきである。

6. 結 言

以上、道路特性と事故記録に関する工学的な面の不十分な資料から、事故発生と道路交通環境について可能な限り解析を試みたが、現実に事故多発地点が存在する限り、その地点において特に運転者、歩行者が不注意、判断力を欠いたとはいえない。すなわち、道路構造、安全施設などの交通環境に何等かの欠陥があることを指摘するのが適当であろう。道路構造令改正案によれば、構造基準において、安全確保を第1としたことは、戦後のわが国の復興期の道路建設が、最低の工費で出来る限り、改良延長を伸ばさんがため道路を物理的に考え、人間工学的配慮に欠けていたことを示すものである。改正道路構造令が施行されんとするとき、新設道路に対しては、適用上問題はないが、旧構造の数多くの事故多発地点、区間に対して、事例的調査研究に基く方法論より、抜本的、科学的な対策を講ずべく、道路管理者の政治的、技術的配慮を望んでやまない。終わりに、事故多発地点の診断に御協力を頂いた福井県警察、建設省、福井県の関係者各位に深い感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 長浜友治：福井県下における道路交通事故多発地点の分析，土木学会西部支部研究発表会論文集，pp. 361-364，1970.
- 2) Effect of Motorway Design on Accidents in Germany, by I. F. Bitzel. Highways and Bridges and Engineering Works. October 1956.
- 3) "Building Safety Into Our Road System," by J. C. Young, California Traffic Safety Conference. Proceedings, 1950.
- 4) 奥谷巖：今日の交通事故をどうとらえるか，交通科学 Vol. 1, No. 1, pp. 40-41, 1970.
- 5) Let's Build Safety into our Highways, by Sidney J. Williams and Carl E. Fritts. Public Safety, May 1955.

(著者 建設工学科 昭和45年12月19日受理)