

地震時における道路機能の低下と交通障害

井上 広胤* 山川 仁**

秋山 哲男**

要 約

地震発生後の緊急活動および復旧活動においては、道路機能の低下の程度、特に交通路としての道路機能が確保されるかどうか重要な問題となる。

本研究では地震災害の場合、自動車による各種の活動に対して、交通障害となる要因と構造についての考え方を整理することを目的とする。最近の地震例などを用いて、

- 1) 道路機能を定義した上で緊急活動との関係を明らかにし、
- 2) 緊急用車輛等が活動しようとする場合、道路交通の障害をひき起す要因を、地盤、道路関連施設、沿道施設、自動車交通量の4つに大別し、過去の震害例（関東、福井、新潟、十勝沖等）に基いて、各要因の細項目ごとに交通障害となる程度を設定した。
- 3) 次に具体的な道路（目黒通り）を取り上げて、上記の2)の方法を適用し、区間別交通障害の発生する危険性について推定を行なった。

今後の研究においては、災害発生時に路上に存在する自動車、および避難等の手段として用いられる自動車について、その量およびドライバーの行動様式を明らかにし、緊急車輛等に対する交通障害の程度をより具体的に推定する方法の開発が必要である。

はじめに

都市における地震災害は、大都市であればあるほど災害は予想を越えて複雑に展開し、それにともなって被害も複雑、かつ大規模となり、緊急活動も非常に困難をきわめる。とくに道路交通に及ぼす影響は、単に物的破壊や火災、水害だけにとどまらず、走行車輛等人為的な条件も加わるために道路交通障害を想定しにくいものとしている。

しかし、地震時に緊急車輛が移動できる道路空間を確保することは、拡大しつつある災害をくい止め、かつ、被災者の救助・救出や避難地への誘導等を行なうために欠くことのできない前提条件である。また、災害が終結した直後からも道路空間は、救援物資の輸送をはじめとし、様々な応急・復旧処置等の対策を行なう際に重要な役割を果す。このような地震時の緊急車輛等の走行障害

を想定することは重要なことであるが、災害そのものが非常に地域的なものであり、道路そのものの障害も地域性が強く一般化がむずかしい。また、従来までの研究成果でも道路交通障害を総合的に取り扱ったものは非常に少なく、報告されているものは消防車の交通障害に関するものと道路の延焼阻止効果が主なものである。

消防車の交通障害に関する研究は、地震による建物倒壊・道路傷損・交通渋滞といった状況下で消防車が走行可能なのか、また、可能であればどの程度の速度が期待できるのかを交通障害要因を組み込んだ速度推定モデルとして作成したものである。また、道路の焼け止まり効果に関するものは、道路が大震火災時に市街地の延焼を防ぐ効果を持っているか否かを判定するものである。

この他にも、地盤・土木構造物・建築物等の研究がかなりなされているが、交通障害の面から整理されているものは少ない。

したがって、本研究では道路交通障害を総合的に検討

* 東京都立大学工学部

** 東京都立大学都市研究センター・工学部

する方法を確立する手がかりを得るために個々の交通障害要因（土木構造物・建築物・2次災害・交通量）を総合的にとらえることを念頭におき各々の障害要因を交通障害度として整理することを試みる。交通障害度とは災害が発生した場合、道路の交通を確保するために行なわれる応急あるいは復旧活動のために要する時間や費用の程度を表わしたものである。しかし、交通障害度は比較的容易に個々の要因の数量的な分析をとまわなしに表わせるものであるが、あくまでも対象区間で相対的危険性の比較を示すに止る欠陥もっている。

1 道路機能の分類

道路を機能面から考えた場合、歴史的にはその主要な目的は、人及び物の輸送が中心であった。そして、人間の生活様式が多様化している現在では、街区を構成し、コミュニティの軸となり、市街地の誘導・発展などの機能へと拡大し都市構造に大きく影響を与えている。また、最近では都市の過密化及び都市施設の充実という観点から、新たに、供給処理施設空間、防災のための空間、および都市環境上の空間として機能が強く要求されている。（都市計画協会 1974）このように道路はきわめて多様な機能を持っており、その分類も様々に試みられているが、既ね、交通機能・土地利用機能・空間機能の3つに大別できよう。（図1—1）

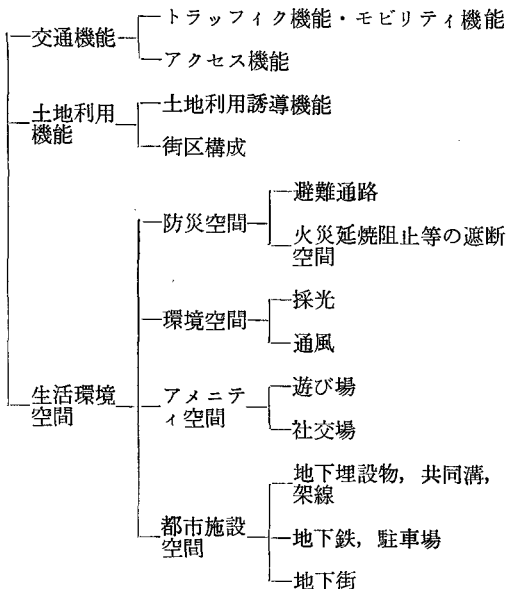


図1—1 道路の機能分類

(1) 交通機能

道路機能の基本はいうまでもなく交通機能である。交通機能は自動車等を走行させることを目的とするトラフィック機能と、沿道の土地、施設、建物等への出入するための機能を主体に考えるアクセス機能があるが、アクセス機能はトラフィック機能の一部と考えられる。

いわゆるトラフィック機能とアクセス機能はトレードオフの関係にあるために、トラフィック機能を重視すべき幹線道路等にあつてはアクセス機能のある程度制限し（アクセスコントロール）、円滑な交通流を確保する必要がある。特に自動車専用道路はインターチェンジ以外のアクセス機能を排除し、トラフィック機能に純化した道路である。逆に生活圏内の道路にあつてはアクセス機能を重視してトラフィック機能（走行速度、運転の快適性）は制限されてもやむを得ない。両機能のバランスは各道路の性格によって差異があるものであり、要は道路網全体としてのサービス水準の確保を交通の円滑化と沿道環境に与える影響も考慮して、はかる必要がある。

(2) 土地利用機能

土地利用機能は沿道土地利用を可能ならしめる機能であり、他の交通施設にはないものである。すなわち土地利用は道路なしでは考えられないものであり、特に都市内では街区の形成や市街化の誘導をはかる上で重要である。道路の有するこの機能には当該道路および関連道路の交通機能、特に交通容量との関連において適正量があり、過大な土地利用がなされるとしばしば交通機能上のネックを生ずることになる。

(3) 空間機能

道路の機能は地方部にあつては交通機能が主体であるが、公的空間が限定されている都市部にあつては空間機能も重要な役割を持っている。

避難路、火災延焼防止等の遮断のための防災空間、採光・通風としての環境空間、遊び場、社交場としてのアメニティ空間、上下水道、架線、地下鉄、駐車場、共同溝、地下街等に必要都市施設空間などは、いずれも都市における基本的なスペースであり、都市内道路がそのために果している空間機能は極めて大きい。

例えば火災延焼防止の観点からみると、延焼確率は隣接家屋間距離にはほぼ逆比例し、大体5~7m（風速が2.5m/s以下）ないし8~14（風速2.5~5.0m/s）離ればゼロとなる。この延焼確率は家屋構造（木造、防火造、耐火造）および風向（風上、風側、風下）によって

当然異なるが、この確率を低下させるために道路が果す空間機能は極めて大きい。

その一例として一辺500mの地区に延長7,000mの道路があり、そのほとんどが4m道路の場合(道路面積率12.2%)と(全延長の)約半分が6~8mの道路の場合(同15.0%)の住宅地で家屋間距離が道路幅プラス2mの条件で、シミュレーション行なった結果によると、その平均焼失数は前者で17.8戸、後者で7.4戸であった。

もち論、道路がよければ消防活動もまた迅速に実施できる。出火してから他の家屋へ延焼するまでの時間は風速2m/sでは8分程度、5m/sでは7分程度であるが、出火してから通報が入り出動まで、および到着後の放水準備で、4.5分程度を要するので、消防車の走行のためには3分程度しか残されていない。この瞬間をあらそう消防車の走行に整備された道路網の果たす役割の大きさはいうまでもない。

また大震災火災時の焼止りに関し、炎の形、大きさとそれから放射する輻射放熱とを求め、前面空地を隔てて建つ木造家屋に延焼しない許容輻射受熱と対比して条件式を求めた調査研究によれば、風速8m/sの条件で炎の幅300m、奥行100mの火流の場合、風下側35mでも程度以上の空地があれば焼け止まりが期待できるとされている。(野村正和 1976)このような観点から大都市周辺では大震災火災の遮断空間をかねた幹線道路の建設促進が期待されているといえよう。

2 災害時の道路機能と緊急活動

災害時における道路機能は、ひとつは、災害以前に造られた道路の災害時の存在効果、すなわち、火災が発生した場合の延焼阻止の機能であり、もうひとつは、災害が発生してから一方では避難行動が始まり、他方では被災者の救援活動や火災・水害等の防止活動を行なうための通行機能である。

(1) 災害時の道路の存在効果としての延焼阻止機能

存在効果は災害以前の条件に規定され、都市内の幹線道路の整備状況に左右される。東京消防庁の報告によれば、大火流によってブロックからブロックへ延焼が拡大するであろう突破予想路線は、木・防幅率(道路前面からみた木造及び防火建物の占める割合)60~70%以上、路線幅25m以下であると報告されている。また、道路の延焼阻止効果はとくに、広い面積を持つ単独ブロックが多数存在することに問題があると指摘している。(例、最小ブロック0.08km²(千代田区)、最大ブロック19.98km²(練馬区)しかし、江東区や墨田区等では他地域より路線が密にあり、かりに突破される路線があっても、消防

隊の防御効果や線の防災対策を進めるうえで比較的容易になり、その点からも例えば延焼阻止路とならなくとも幹線道路計画を進めることが災害時に有効な対策であるといえよう。(東京消防庁 1977)

東京都の幹線道路計画の整備状況についてみると、昭和52年3月末現在、幹線47路線597km、補助幹線・その他449路線1,025km、合計1,622kmが都市計画決定されており、そのうち完成が756km(46.6%)、事業中128km(7.9%)、未着手738(45.5%)と、まだ半分近くが未整備のままであり、現状では存在効果にあまり期待が持てない。(谷口丞他 1977)

(2) 災害形態別緊急活動

大地震による震害現象は、その性格から災害発生時の現象がそのまま持続してゆくものと、時間の経過とともに複合・拡大してゆくものに分けられる。前者は、落下・倒壊等地震発生時に一度に表面に出てきてそれ以上拡大しないという震害主体の災害であり、後者は、出火→延焼・爆発→延焼と拡大してゆく火災主体の災害と、堤防決壊→出水→浸水と拡大してゆく水害主体の災害である。

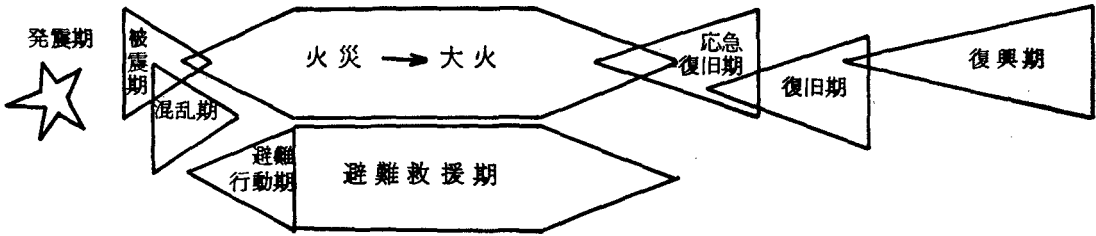
これらの災害を受けた結果として起こる都市機能の麻痺、あるいはその結果被害を受ける人間の行動様式を、地震発生時の時間経過による、災害の展開と状況の変化に応じて8期に区分し、また災害発生後の災害展開と震害主体の災害、火災主体の災害、水害主体の災害と分けて考えた研究がある。(図2-1)それによると、

i) 火災主体の災害——地震により火災主体の災害が発生した場合は、その災害の進行は時間的には、被震期、混乱期、火災拡大及び避難行動・避難救援期、そして応急復旧期、復旧期、復興期の順と考えられる。この種の災害は比較的順序よく時間の経過にもなると避難者が多くなり、比較的長時間にわたり避難救援期が続く特色がある。

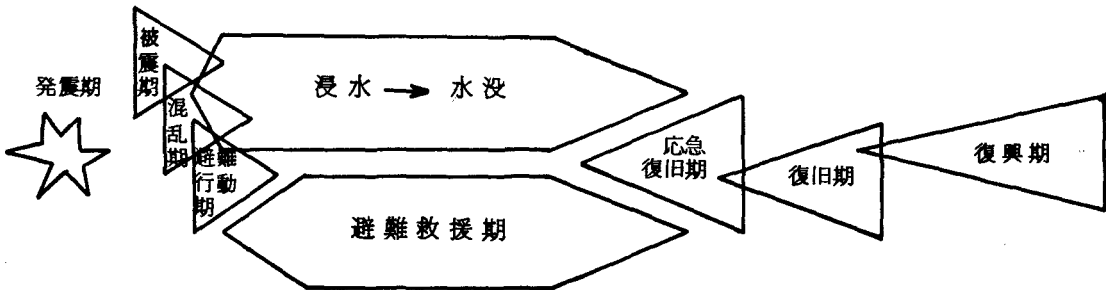
ii) 水害主体の災害——地震により水害主体の災害が発生した場合は、その災害の進行が比較的早く、被震期、混乱期及び避難行動期が重複することも考えられる。この種の災害は、浸水が始まってから水が完全に除去されるまで比較的長時間を要するため、避難救援期が長くなり、かつ応急復旧期まで相当の日時がかかるという特色がある。

iii) 震害主体の災害——地震による震害だけが発生した場合混乱期及び避難行動期も極めて短時間で終り避難救援期と応急復旧期が同時に開始され、復興も比較的容易であるという特色がある。ただし、余震の場合はこの限りでない。(日本都市センター 1976)

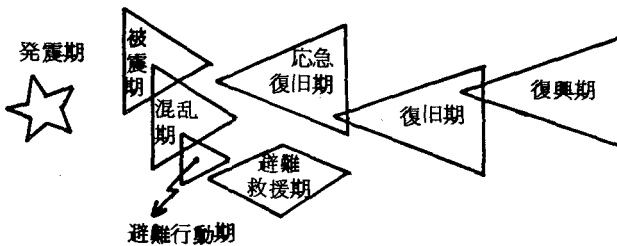
火災主体の災害が発生した場合



水害主体の災害が発生した場合



震害主体の災害が発生した場合



- 1) 発震期 — 地震が発生し、地震波が都市に到達するまでの極めて短い時期
- 2) 被震期 — 都市が地震により揺り動かされる時期（前震、本震、余震を含む）
- 3) 混乱期 — 揺れが一段落して、地震による災害が発生し混乱する時期
- 4) 避難行動期 — 火災や水害等の二次災害に追われ住民が避難する時期
- 5) 避難救援期 — " " が拡大し、一般住民はそれを避難せざるおえなくなり、かつ、それに対する救援活動が展開される時期
- 6) 応急復旧期 — 災害が一段落し、住民の復旧活動が始まる時期
- 7) 復旧期 — 生活の維持確保のため復旧活動が始まる時期
- 8) 復興期 — 都市の回復・再生が急テンポに進む時期

図2-1 災害形態別緊急活動模式図（日本都市センター、1976年より）

(3) 災害時の緊急活動と道路交通障害

① 災害時の緊急活動

災害時における緊急車輛が必要となる活動は図2—2に示す消火活動、避難路確保、救援活動、生活確保、応急復旧活動、復旧活動、復興活動等である。これらの活動を行なう場合その障害となるものは、消火活動を例とした場合、まず何処へ出動するかを確認し、次に出動準備を整えた後、目的地までの道路の確保ができていのかどうか、そして消火のための水利が有るか否かの、出動準備、道路確保、水利確保が整ってはじめて目的の達成が可能となる。

しかし、出動の準備や物資・機材等の確保は直接通行障害を取り除くことはできず、むしろ、道路確保ができるか否かが交通障害を取り除くことと直接連動する。言い換えれば、土木構造物、沿道施設、2次災害、交通量等が通行障害を持たらず直接的な要因であるといえよう。

② 道路交通障害要因

通行障害を持たらず要因は、被災によって持たされる土木構造物や建築物の物理的破壊によるもの、火災や水害などの2次災害によるもの、災害時の交通量によるものが考えられる。図2—3はこれらの障害要因を障害形態に即して大まかに、地盤、道路に関わる施設、沿道施設、交通量の4つに分類したものである。

地盤は、地盤の硬軟の性格に関わってくる地形・地質と、水害危険と関連性が高い地盤高の2つに区分した。

第二の道路に関わる施設は、交通機能に比較的關係性の高い交通施設系、道路の地下空間を都市施設のために利用する地下施設系、道路の交通・美観・環境・供給施設等のための路上施設系の2つに区分できよう。

また、第三は沿道の土木構造物や建築物等の倒壊危険あるいは火災・水害などの2次災害時の沿道施設系の障害危険である。

第四は、走行中あるいは駐車中の車輛が及ぼす影響、そして避難時の歩行者による障害危険である。

3 道路に係る施設と交通に関する震害事例研究

(1) 地盤被害の特徴

従来の地震において地形・地質等の地盤条件が震害と深い関係を有していることは十分認められる。すなわち、震央に近いところでも岩盤のような硬質地盤地域では被害が小さく、震央から離れていても沖積地においては被害が大きくなる。また軟弱な沖積地における構造物の被害には、振動的な破壊の他に、不等沈下による傷損

といった地盤震害的な形式のものが、かなり含まれることなどである。

① 地震動と地盤

ただし、今までは震害に対する地盤条件の影響を考察するにあたり、主として地震動の性質が地盤の種類によって、どのように変わるかという面に主眼をおいており、もうひとつの面である地震動を受けた時に表層地盤がどのような挙動を示すかということに対しては、十分な検討がなされていなかった。前者、すなわち、地震動と地盤の関係については関東大地震をはじめとする過去の震害例から次のようなことがわかっている。

- i) 沖積層は卓越周期をもっており、それは常時微動の卓越周期と関連がある。
- ii) 沖積層上の振動は、岩盤や洪積層上の振動に比べて振幅や加速度が大きくなる。沖積層の厚いほどこの傾向は著しい。
- iii) 地中における振動は地表における振動よりかなり小さい。
- iv) 埋立地も沖積層と似た性質を示すが、とくに震度が大きくなる場合が多い。

上記のうち、iv)、の震度に関する考察は過去の震害状況から割り出されたものであるから、地震動の激しさの他に、地盤震害的な要素が含まれている。

② 表層地盤

次に、地震動の大きさが直接影響する振動的な被害に対して、表層地盤の動的性質の違いが影響する地盤震害については、地盤の動的性質はその地盤を構成する土の組成や力学的性質などと密接な関連を有していると考えられる。特に地盤被害の典型例である新潟地震を例として地盤の流動化について沖積層の性質と噴砂現象、N値、粒度組成について文献例を整理したものが表3—1、表3—2である。

沖積層の性質——表3—1に示すごとく、上層部、中層、下層部に分けられるが、土質工学的に問題となるのは上層部と中層部である。中層部は全域に普遍的に発達していて、比較的良好に締まっており震害の地域性には関連がない。したがって震害の大小に直接関連したのは上層部の性質である。

噴砂現象——被害の大きかった地域に特に集中し、又、その噴出量は建物の密集地域に顕著であったと報告されている。噴出箇所については、建物の周囲、側溝、道路上の弱線などから起きている。

N値——被害が最も著しかった河床地域ではN値が10以下であり、他の地域では一般に10以上である。新潟地震においてはN値が小さいほど被害程度が大きく、N値と震害の関連性があることが窮える。新潟地震の場合N値と被害の関係が表わされる理由として、巨視的に対象地区が砂質土という共通のわくの中に入ることが考えられ

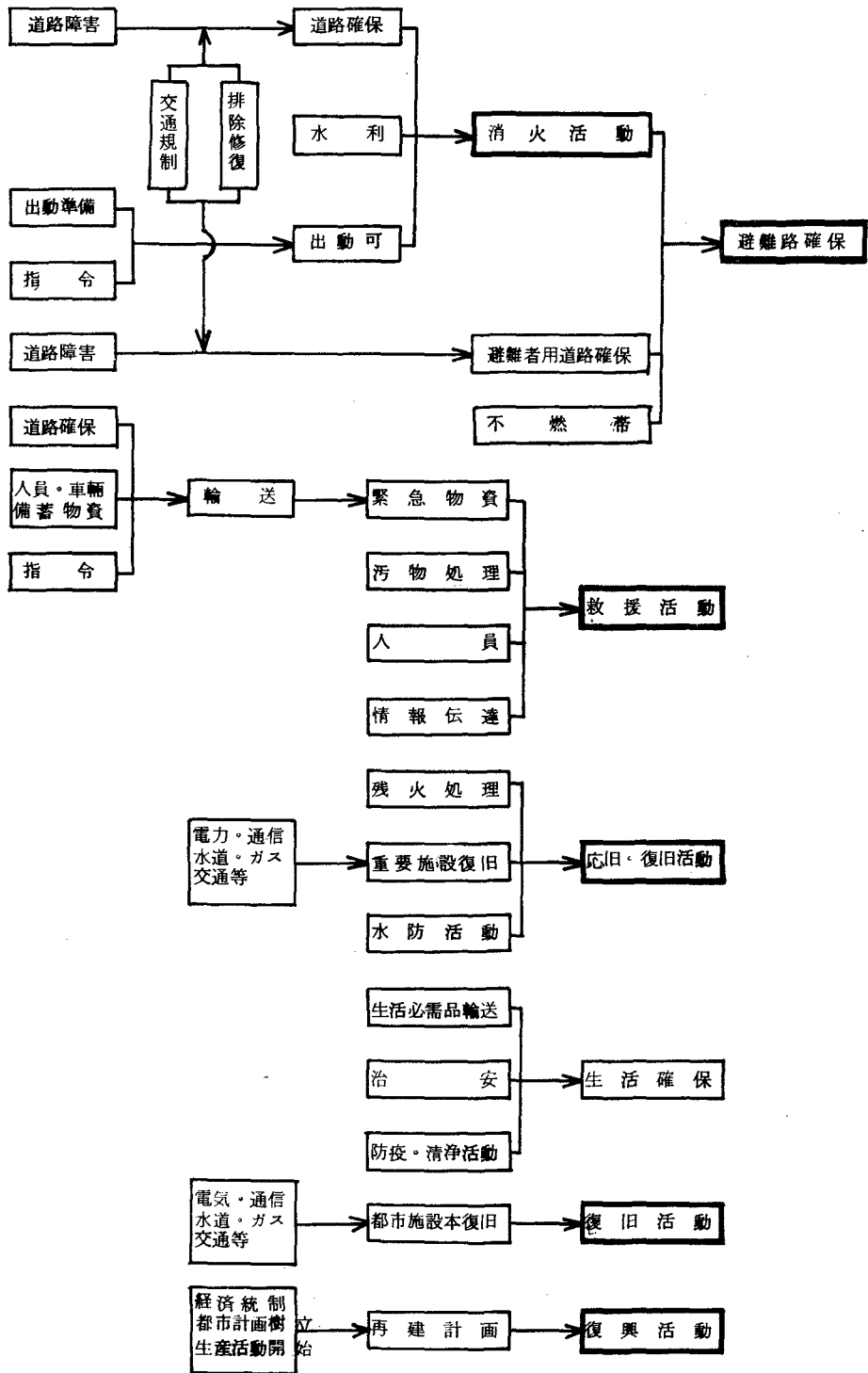


図2-2 災害時の緊急活動フロー（日本都市センター，1976年を参考）

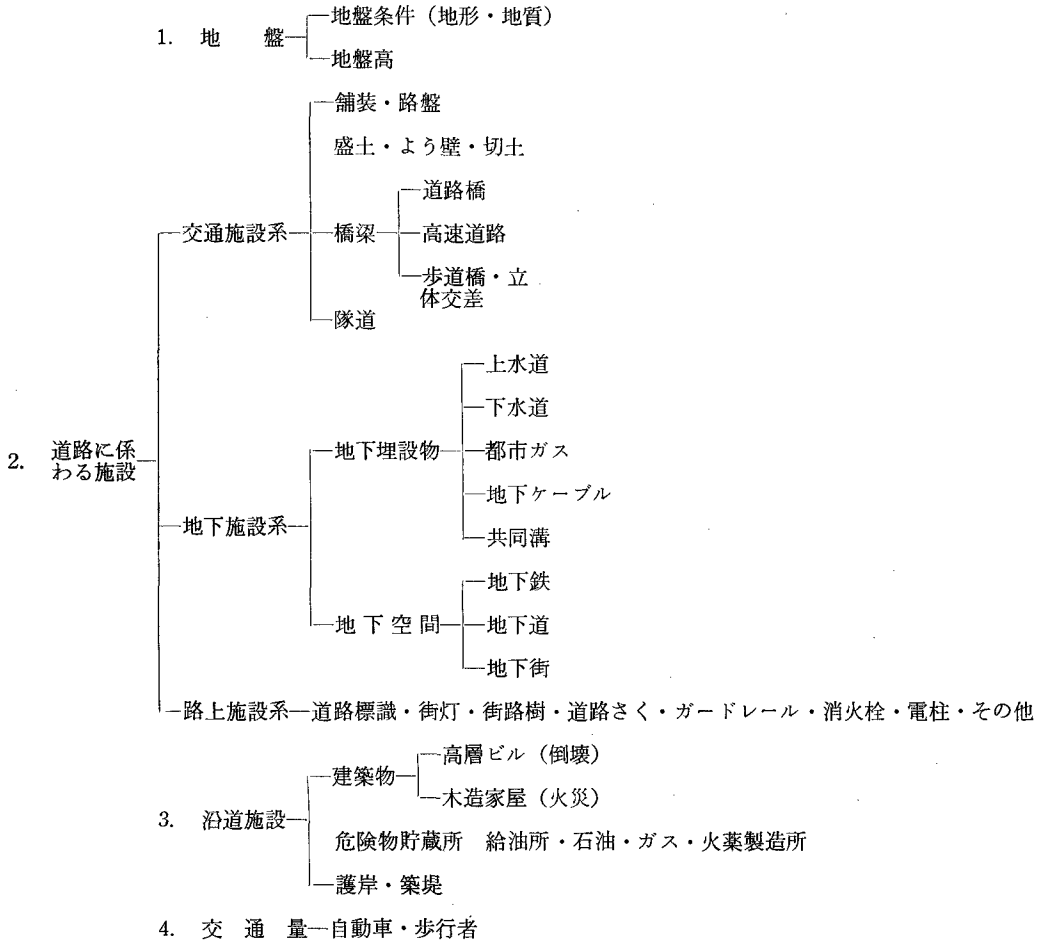


図2-3 交通障害危険要因

表3-1 沖積層の性質

沖積層	深さ(m)	地質
上部層	0~15	中砂が多くところによりシルト粘土泥炭からなるが比較的よく締まっている。
中部層	15~40	海成層で細砂から成る。この層になるとN値が急増して20以上になるのが普通である。
下部層	40~G ₁ 礫層	細砂とシルトの互層

る。

粒度組成——新潟市付近の土質は一言でいえば砂質土であることは間違いないが、その粒度組成は地域別により相違がみられる、これが震害の形態に影響している

ようである。建設省土木研究所の調査によれば、表3-2に整理されるとおり、流動化は砂質土特有の性質であって、シルト・粘土などはかえって振動の影響を受けにくいと考えられる。

表3-2 粘土組成 (深さ10mまで)

地域	土質	被害状況
砂丘地域	中砂	建造物にはほとんど被害がなかった。
河床地域	細砂~中砂	流動化による被害が卓越したが、シルト粘土分が20%を越えるところでは流動化が起これにくかった。
砂丘間低地	細砂~シルト	振動による被害がかなりあった。

以上から震害が大きいと予想される地域は、その地盤特性からみた場合、液状化の可能性が高い地域や軟弱地盤（主として沖積層）の厚さ、地質の変わり目等が主要な危険要因となりうる。その他に震害形態に影響を及ぼすものとして粒度組成が考えられる。（土木学会 1964、東京都防災会議 1971）

(2) 道路に係わる施設

（土木学会 1964, 1922, 北陸震災調査特別委員会 1948, 十勝沖地震調査委員会 1952）

① 交通施設系

i) 舗装

被害の特性として舗装の被害は地盤の破壊・亀裂・陥没等の地盤被害程度と既ね相関していると考えられる。その他の被害としては電柱やマンホールなどが舗装面と別個の運動をするために生ずる被害があるが、地盤被害の影響に比べ局所的な被害に止まっている。また、特殊例として関東地震の舗装被害は地震動よりは火災による被害が主要なものであったが交通機能にはほとんど影響がなかったと報告されている。

被害は舗装道路に比べ砂利道などの未舗装道路の被害が著しく（関東・十勝沖地震）、舗装種類別ではコンクリート舗装に比べアスファルト舗装の被害が大きい。コンクリート舗装は、喰い違いや破壊がその主要な被害であるが、喰い違いについてはストッパーが付いていれば被害をかなりくい止めることができる。

復旧面からは、コンクリート舗装の被害はその除去、舗修も容易でなく交通に及ぼす影響は比較的大きい。また、破壊が起こらないまでも地盤被害により舗装路面下に空洞が出来た場合、その後の交通により破壊に至ることもある。（新潟）アスファルト舗装の被害は、流動・破壊・クラックを起こしても復旧はコンクリートに比べきわめて容易である（新潟）。

ii) 盛土・切土・擁壁

被害の特性は、起伏のある地域よりは平地部の方が被害が大きく（関東）、2、3の地形的特徴の被害を除いて、一般に盛土・切土法面の崩壊が目だつ。（十勝沖）盛土・切土・擁壁の被害は地盤条件に左右され、特に埋立地や砂地盤のような軟弱地盤に被害が集中し、（新潟）また、施工面からは、排水不良が被害を助長する要因となっている。

復旧面からは、盛土・切土の被害の多くは、相当量の土砂の堆積あるいはそう失によるもので交通止めとなる。その復旧作業、すなわち交通機能回復は、土砂の除去や充填によるが、その場合の復旧には相当の日数を必要とすることが多い。

iii) 橋梁

——道路橋——

被害の特性は、全体として震害は震度分布にしたがうが、局地的には地盤条件に大きく左右される。橋梁の種別には木橋もコンクリート橋もその被害はだいたい地盤条件に左右されるが、木橋の場合、火災被害がこれに加わる。

被害の形態については、通行不能となるような大きな被害（落橋現象）はほとんど下部構造に起因し、上部構造の被害は下部構造の破壊・転倒などの結果として生ずる二次的なものがほとんどである。また、上部構造だけの被害は比較的軽微であり、交通機能への影響は少ない。

橋梁と道路の取付部は、擁壁・盛土部などが橋梁部と同じ支持層に支持されないための被害がめだっている。（新潟）

復旧面からみた場合、特に落橋現象は致命的であり、その仮設にも相当の期間を要する。また、落橋まで至らないにしても、下部構造の被害あるいは橋梁取付部の被害は大がかりな補修工事が必要となり、正常な交通の確保がむずかしくなる。

——高速道路の高架部——

高速道路高架部の被害が結果として道路交通に支障となるもので、その被害特性は橋梁の場合と同様に考えられよう。しかし、日本では高速道路の震害経験はなく、米国のサンフェルナンド地震にみられるだけである。サンフェルナンド地震の場合、耐震設計が発達していなかったこともあるが、その被害の中心が落橋現象であり、特に立体交差部に多いと報告されている。

復旧については、サンフェルナンド地震の場合、かなりの落橋現象をとまない、一時全面通行止め（高速5号線）にはなったが、復旧も早く地震発生24時間後に路肩（2×3.05m）や官民境界までの用地（4.6~6.1m）を利用し、さらに市道を迂回路として往復一車線を確保している。但し、トラックについては震災後10日間交通禁止の処置をとっていた。これは、一般車の交通確保とトラックの重量による高架構造物の影響を考え重量の制限を兼ねるためである。（東京都防災会議 1971、東京都総務局 1971）

——歩道橋と立体交差——

歩道橋は近年急速に発達したもので、その震害事例はほとんどみられない。被害の特性は歩道橋・立体交差とも道路橋と同様に考えられる。

復旧面からみた場合、歩道橋・立体交差が被害を蒙って道路交通に与える影響は、道路本体の一部をなしている道路橋と異なり、交通機能と直接結びついた被害ではなく、交通へ与える被害は崩壊片が路上に散乱することが障害となるものである。したがって、復旧については除去すれば事足りるもので、交通障害として道路に与える影響は道路橋ほどではない。

iv) 隧道

隧道の被害は過去の震害例ではほとんどみられないが、隧道の出入口の切取部の急勾配法面で被害を生じた例がある。(福井)

隧道被害の影響は、盛土・切土の崩落や橋梁の落下と同様に交通止めとなるケースが多いと考えられる。しかし、隧道の存在する箇所は比較的都市部には少なく、被害が起こっても都市に与える影響は僅であると考えられる。

②地下施設系

i) 地下埋設物

過去の震害例(特に新潟)からみると地下埋設物の被害は地盤の陥没・隆起・地割れ・あるいは、護岸の崩壊・橋桁の落下等の結果として起こるものが多い。その被害分布も道路の損傷に比例していることより、地下埋設物の被害は地盤の良否に影響されることは明らかである。上・下水道管の被害は、必ずしも震度の大きな部分に多く現われるわけではなく、震度の変化する境界線に最も多く現われる傾向がある。

被害が交通に及ぼす影響は物的損傷によるものとガスによる影響が考えられる。物的損傷については、埋設管の折損、崩壊等による浮き上りや陥没が主要な被害である。しかし、地盤や路盤の被害がともなわない場合埋設管に及ぼす被害も小さく交通に及ぼす影響もほとんどないと考えられる。管径の影響は小さい管ほど小さく大きくなるほど交通に及ぼす影響は大であり、また、埋設管の施工位置については、道路と平行している管よりは横断している管の方が交通に及ぼす影響は大きい。

その他、水道管の破裂による出水の影響は、河川水と異なり量的に少なく、例えば冠水しても一時的な場合が多い。ガスもれによる影響は新潟地震の場合、火災や爆発につながる例は一件もなかった。その理由は地震直後工場元のパルプの閉止や地下水による導管の水封があったことと昼食後で使用中の家庭が少なかったことがあげられる。その他、地下ケーブルや共同溝については施設がほとんどなく、被害報告もみあたらない。

復旧面からは、地下埋設物(上・下水道・ガス管)そのものが機能を回復するまでには相当の期間を必要とするが、交通機能を回復することだけ考えれば、その被害の主たるものは浮き上がりや陥没であり、比較的容易な応急措置で交通機能を確保することが可能である。

ii) 地下空間系

地下街・地下鉄・地下道の震害報告はないが、一般に地盤の影響、すなわち、地盤の硬軟、あるいは地盤の境界部が被害規模に影響を与えられられる。しかし、比較的耐震性のある構造物であり、交通に影響を持たらず被害は少ないといえよう。

被害形態は、亀裂や陥没として現われるが、補修工事

もかなり大がかりな補修工事をとめない、交通機能の回復のために時間が相当必要な場合もありうる。

③路上施設系

路上施設は、電柱、街路樹、交通標識、街灯のように路上に点在するものと、ガードレール、中央分離帯などのような带状の施設の種類の区分でできるが、带状の施設は舗装被害に準ずると考えられ、ここでは点在するものについてだけ報告する。

点在する施設の代表的なものは電柱であり、被害形態は震害による折損・倒壊や火災による被害の2形態があるが、交通障害に結びつくものは震害によるものである。

新潟地震の場合、傾斜・沈下・倒壊・折損の被害を蒙り、その大部分が、地盤の移動・流動化に起因する地盤被害である。また、火災による被害は木柱が多かった関東地震が顕著であり、最近ではコンクリート柱が増加し火災による被害は今後なくなることが予想される。

したがって交通障害となり得る被害は今後は震害によるものだけを考えればよい。復旧面からみた場合、点在する施設のうち電柱の倒壊が交通に及ぼす影響が最も高く、しかし、その除去は比較的容易である。

(2) 交通量と道路(災害時の交通状況)

①新潟市の場合

被害概況——新潟市の中心地区は信濃川を挟んで2つの核を持ち駅を中心に発達した商業地域と、県庁・市役所の所在する中核地域に分かれ、これらは国道7号線の万代橋を含めた八代橋・昭和大橋の3橋梁によって結ばれている。又、新潟市と周辺諸都市を結ぶ道路交通は、国道7・8・49・116号線を軸とし、その他の県道・市道がこれを補っている。

地震被害の著しかったのは、交通上重要な路線である国道7・8・116号線であり、信濃川に架設された3橋梁など市内中心部の土木構造物である。

橋梁の被害——2つの中心地区間を結ぶ信濃川に架設された橋梁のうち、昭和大橋は地震と同時に落橋し、八千代橋は落橋こそ免がれたがひどく破損して、落橋寸前の姿で車は勿論、人も通れない有り様だった。その中で、万代橋だけが重大被害を受けて車の通行こそ不能になったが、人々は亀裂をまたぎ陥没を越えかろうじて通行するほどだった。

道路の被害——被害が大きかった道路は、国道7号線(起点より泰平橋に至る5km区間に集中)8号線、116号線をはじめとし、県道村上線、下山地区一松ヶ崎線(仮称飛行場道路)、市道の上大川前一入月午山町線等である。

道路被害の大きかった地域の特徴は、河川敷の軟弱地盤や埋立地あるいは旧河川敷や堤防敷に建設した道路であり、又、地盤高も海拔0m付近であることが被害を助

長した。被害を形態からみると地盤そのものの亀裂・隆起・陥没・地盤沈下であり、道路について言えば舗装目地の段違い・平面線形の蛇行、縦断的に波打ち状態、この他、液状化にとまらぬ土砂の噴出、河川からの浸水や津波による影響が主要なものであった。

復旧活動と広域交通規制—新潟市内の中核部と東新潟を結ぶ万代橋付近は一日平均4万台の自動車交通量(昭和39年)があり、県下第一の交通輻輳の場所であった。地震によって、昭和大橋は落橋、八千代橋は落橋に至らないまでも通行不能となり、加えて市内の主要幹線道路も通行不能箇所(図3-1)が相次ぎ、地震災害復旧のために県内外より新潟市へ乗り入れる車輛が殺到して大混乱を来すことが予想された。新潟県公安委員会では、尋常な体制では殺到する自動車を捌ききれないと判断し、地震発生後7時間経った6月13日20時には災害対策基本法に基づく広域交通規制を実施することを決めた。翌14日午前9時には9箇所の検門所を設け広域交通規制を実施し、新潟市内に流入する不急不用車輛の抑制と緊急車輛以外の車輛の新潟市内乗り入れを禁止する措置を取った。その後、6月18日に広域交通規制区域を拡

大(8号線のみし)、かつ、主要道路81箇所を選定して規制案内を設け、警察官を配置して、新潟市内乗り入れ車輛抑制の強化に努め、最悪事態を回避することができた。また緊急輸送車輛確認のため(緊)のステッカー交附を行なった。

しかし、東西を結ぶ交通は取付道路の破損を一夜にして緊急補修した万代橋と10kmも上流の帝石橋だけであったので、万代橋は日増しに交通が激増していった。そこで、これを緩和する方策として6月19日午前4時より西新潟から東新潟へ通ずる一方通行を実施した。6月20日午前6時には(災)のステッカーを発行し公的機関の緊急車輛や電気・通信・水道・ガス等の公益企業の応旧復旧車など(14,052枚)に限り東から西の逆通行を認める措置をとった。しかし、標章の盗難や偽造が逐次増加したため、6月28日からは(災)だけでなく車輛番号・交付月日・有効期限などの入った新様式に改めた。

その後、7月2日に八千代橋が開通すると同時に、万代橋の一方通行を解除し、(災)のステッカーも廃止となり平常時の交通状況に戻ることができた。(新潟市、1966年)

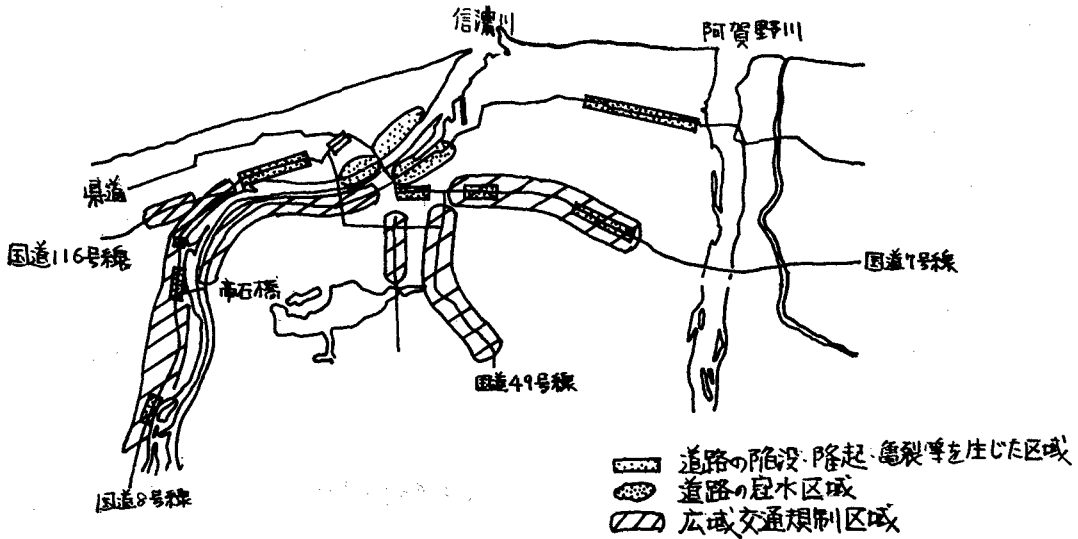


図3-1 主要幹線道路被害箇所図

4 災害時の交通障害危険の考え方

(1) 災害時の諸活動と緊急道路の確保

通行障害を考える場合、緊急車輛の活動は災害が発生してから終結するまでの期間、すなわち被災期と、地震や2次災害が終わった段階で被害の後遺症が残っている期間、すなわち被災回復期の2つに区分できる。

①被災期

被災期の活動は災害から物的・人的犠牲を最小限にくく止めることが主要な目的である。これらの活動は災害のまっただ中で行なわれる性質上非常に緊急度が高く、かつ、短期的に集中するが、災害が衰退し、終結に近づくとともにその活動の役割も終了に向かう。

この期間に、消火活動・避難行動=避難路確保、救援活動、応急的復旧活動が行なわれるが、緊急活動を行なう

ために出勤地区の確認、機材や出勤人員の確保等の出勤前の準備もあるが、いずれの活動も緊急道路の確保が大前提である。

緊急道路の確保は、道路の被害状況、並びに被害に応じた復旧速度によって異なるが、既ね道路被害の影響・火災水害による影響・交通量の影響の3つに整理できよう。(図4-1)

②被災からの回復期

災害によって被災被害から正常な都市活動が出来るまで回復することをめどとして行なう活動である。これらの活動は、生活を確保することをはじめとし、応急的復旧活動、復旧活動、復興活動が主要であり、被災期のような緊急性はなく、比較的長期の展望に立った活動である。この時期には、被災地区への緊急物資を輸送し、一方で重要な施設から復旧活動が始動するとともに、日常の都市活動も序々に始まる。都市内には、復旧・復興活動と経済活動を行なうための交通が急増するが、反面、道路の交通不能箇所が交通の混乱に拍車をかけることが予想される。被災からの回復期は被災期ほど緊急性を持たないが、主として諸活動並びに都市活動が効果的に行なえるようなネットワークを確保し、正常な交通状況に制御するため総合交通規制を敷く期間である。そのステップは次のように示される。

- チェックⅠ 道路の復旧箇所を摘出し、復旧路線の優先順位のプログラムを作成する。
- チェックⅡ 復旧プログラムに応じた交通規制の範囲・種類を検討し、交通制御を行なう。
- チェックⅢ 上記のような対策を行なっても、混乱を起こす箇所が生じた場合は、チェックⅠ、Ⅱを再び検討する。

(2) 道路交通障害

①物的被害による道路交通障害

物的被害が道路交通に及ぼす影響は大きく、その種類や障害形態も多様である。この障害を、交通機能の回復に必要な復旧措置の面から区分すると、被害を受けた構造物そのものを補修あるいは再建しなければ交通機能を確保できない場合と、補修や再建をとまわなくとも倒壊片等の除去により交通機能を確保できる場合がある。

前者は、交通機能のために造られた土木構造物で、道路橋、盛土・切土・擁壁・隊道等であり、その復旧形態

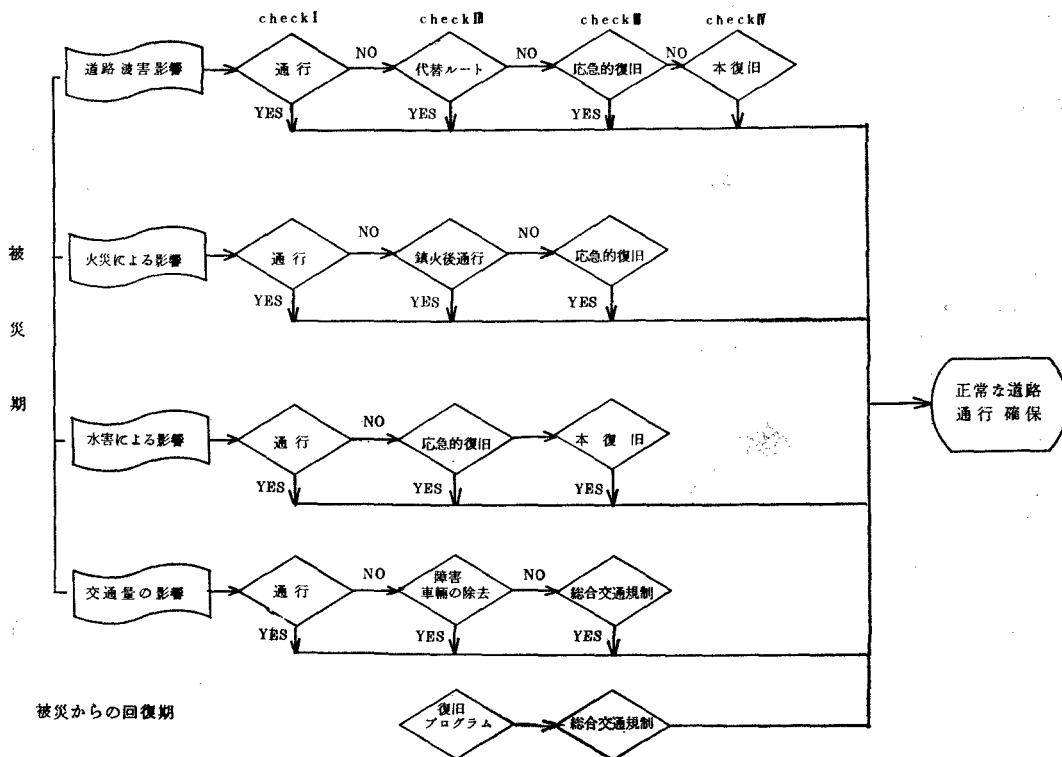


図4-1 道路交通障害チェックフロー

は補修工事あるいは補修の一部とみなし得る土砂の充填・除去等が中心となる。

後者は、主として道路空間を利用し、地上・地下・沿道に建設された土木構造物や道路付属施設沿道の高層建築物がこれに当り、補修工事も多少ともなうがその多くは、崩壊片の除去あるいは陥没空間を覆うか土砂等の充填等の復旧措置が中心的である。

交通機能を確保するために、上記の種類の間違った復旧処置は、時間という一つの尺度に置換することによって比較が可能である。

交通機能確保までに必要とする時間を、本復旧を必要とする場合、重度の応急的復旧を必要とする場合、中度の応急的復旧を必要とする場合、軽度の応急的復旧を必要とするかあるいは全く必要としない場合の段階に区分を試みた。(図4-2)

1) 本復旧を必要とする場合——被震により全く原型を失なったり、かろうじて原型をとどめていてもその復旧処置に相当の時間と費用がかかるものをいう。復旧に用いる時間は数日～数週間のもの指し、例としては橋梁の流出や落橋、隧道、規模の大きな盛土・切土の全崩壊等がこれにあたる。

2) 重度の応急的復旧を必要とする場合——被震により原型こそ止どめているが、破壊が激しくその復旧にも1日～数日を要するものをいう。例としては、規模のそれほど大きくない盛土・切土の全壊、橋梁の上部・下部構造の大きな被害、隧道の部分壊、地下空間系(地下鉄・地下道・地下街)の全壊、高速道路の全壊、立体交差の全壊がこれに当たる。

3) 中度の応急的復旧を必要とする場合——被震により原型は十分止どめているが、補修工事あるいは除去に数時間～1日程度を必要とするものをいう。例としては、舗装の大きな亀裂や陥没、小規模な盛土・切土、立体交差の全壊や半壊、高速道路、地下空間等の部分壊、高層ビルの全壊がこれに当たる。

4) 軽度の応急的復旧を必要とする場合——被震により多少の被害を被むるが、通行を確保するために補修工事を全く必要としないか、補修工事を必要としても通行可能かあるいは数時間以内の応急的復旧ですむものをいう。例としては、舗装の軽度の亀裂や陥没、橋梁の軽度の上部構造の被害、水道管・不水道管の損傷、折損による浮き上がりや陥没、高層ビルの半壊等がこれにあたる。

② 2次災害による交通障害

i) 火災

火災についての危険度は、木造率、出火率、危険物・危険施設の有無、空地率、道路率等が考えられているが、道路交通障害と直接結びつく要因は少ない。

緊急車輛の通行に障害となるものは、火災そのものの

火流を通り抜けられない場合であり、言い換えれば火災延焼阻止の効果を持たない路線である。東京消防庁の報告では延焼阻止路線の判定を行っており、これは、風向を各路線に直角にとった最悪の場合と、夏、冬の卓越風としての南々西、北北西のケースについて東京区内の街路の判定を行なったものである。これは、せん風などの特殊な状況について考慮されていないが緊急車輛の走行障害の有力な手がかりとなり得る。

緊急車輛の通行障害度の評価については東京消防庁の延焼阻止路線の判定を参考に、以上のように分類する。

(東京消防庁 1977)

交通障害の可能性大——路線に直角、南々西、北々西の3ケースとも阻止路線にならない場合

交通障害の可能性中——ケースのうち阻止路線となりうるものが1ケースの場合。

交通障害の可能性小——3ケースのうち、阻止路線となるものが2ケースの場合

交通障害の可能性ほとんどない——3ケースとも延焼阻止路線となる場合

ii) 水害

水害による交通障害は、水の発生源として河川・湖沼・海が道路周辺に存在するか否か、また、管径の大きい上下水道管が存在するか否かが考えられる。又、道路の冠水の程度については、まず地盤高、地形、地質等が関連するが、本論ではデータも少ないこと等もあり割愛する。

③ 交通量による道路交通障害

災害時に緊急車輛にとって障害となる主なものとして、まず道路に存在する車輛そのものが障害となる場合、又、事故や沿道火災による自動車そのものが延焼する場合の点が考えられよう。

i) 存在車輛

4車線道路の場合緊急車輛の通行が確保されるためには上り下り各1車線の歩道側によせて車輛が停車することが原則とされている。実際の道路上においてこの原則を満たしているかどうかを判断する一般的な方法として空間占有率により判断することが可能である。空間占有率とは、ある瞬間に路上に存在する車輛の空間的比率を表すもので、次式に示されるとおりである。(交通工学研究, 1973a)

$$O_s = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n l_i$$

O_s ; ある瞬間にL区間上を占有する車輛の空間的比率

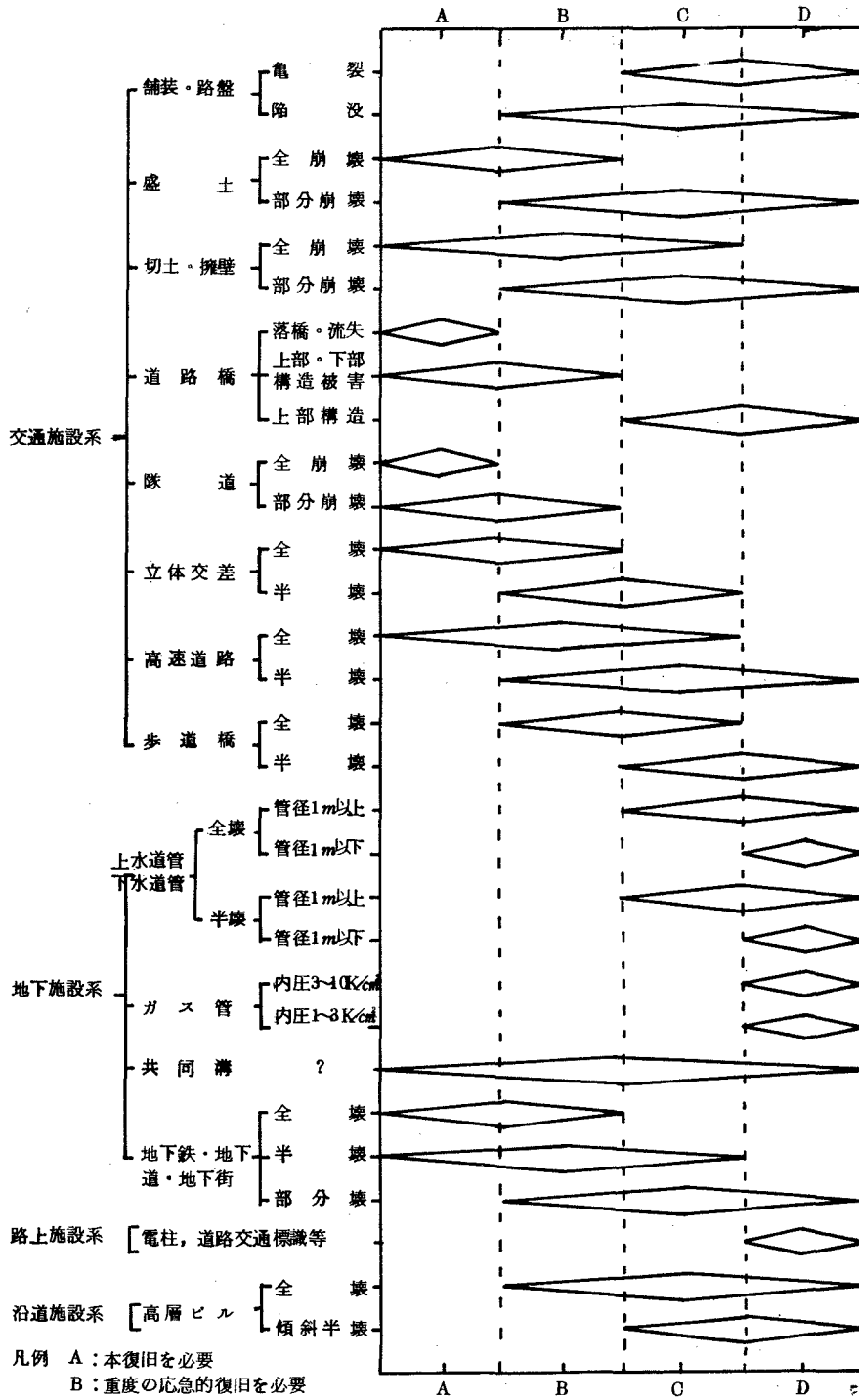
l_i ; L区間上に存在する車輛iの長さ

L; 任意の道路区間長

n; 車輛の台数

さらに、自動車が必要な駐車長を考えるためにまず自

備考



凡例 A: 本復旧を必要
 B: 重度の応急的復旧を必要
 C: 中度の "
 D: 軽度の "

図4-2 道路交通障害度

自動車1台当りが必要とする最小道路占有長（liプラス駐車余裕長）について考えてみると、駅前広場設計用各種駐車方式最小寸法表（交通工学研究会b 1973年）から、小型車の必要駐車長は5.8m、大型車（バス）は10.5mの値を得た。これより自動車1台当りの最小道路占有長は次式によって表わすことができる。

$$p = \frac{1}{100} (5.8x + 10.5y)$$

x；小型車混入の割合

y；大型車混入の割合

p；自動車1台当りの最小道路占有長（li+駐車余裕長）

一般道路にPを適用するために、目黒通りを例として実測より大型車混入率10%を得た。この値を用いてPを計算するとP=6.27mである。すなわち目黒通りについては大型車混入率10%を前提とした場合、1台当りの道路占有長が6.27m以上になったときに理論的に4は車線のうち緊急車輛に必要となる中央の2車線を確保できることになる。

次にこの1台当りの最小道路占有長と比較するため1台当りの道路占有可能長について考えると次式で表わすことができる。空間占有率が区間を単位に考えて自動車の占有率を表わしているのに対し、1台当り道路占有可能長は、自動車を単位として、その自動車の道路占有可能長を表わしたものである。

$$K = \frac{L}{n}$$

K；1台当りの道路占有可能長

L；任意の道路区間長

n；車輛の台数

1台当りの道路占有可能長（K）が短ければ短いほど、緊急車輛通行障害の危険性が高くなり、1台当りの最小占有長6.27mより短くなれば交通障害となることを意味している。しかし、Kの値を用いて交通障害危険を評価することは、交通量の多い時間帯であるか否か、又、区間のとり方によって値が異なってくるので注意を要する。

時間帯については、最も通行障害危険が高いと考えられるのは朝、夕のピーク時や業務交通が多い昼間の渋滞時である。渋滞時の例として川越街道和光橋付近の観測調査結果によれば（表4-1）、朝の渋滞時で1台当りの道路占有可能長(=K)は、11.68m、11.16m、12.1mと理論的には緊急車輛通行障害危険はないものと考えられる。しかし、この調査は500mの区間に存在する車輛の平均値であり、実際の道路では交差点付近に多く存在し単路部には少なく各々の値に違いがあると考えられる。

次に、交差点付近と単路部の区間を比較すると（表4

一2）交差点の場合、交差点の手前は6箇所中4箇所が1台当り占有可能長（K）は6.7~8.3mの範囲にあり、交差点通過後は、6箇所中4箇所が20.0m以上である。また、単路部では10.4~50.0mとばらつきが大きく交差点の手前よりKが長い。したがって交差点の手前は、交差点通過後と単路部より交通障害危険は高いと考えられる。

表4-1 500m当り平均占有可能長

	時 間	交通量	平均存在台数	1台当り平均占有可能長
1	6:56~7:01	204台	85.7台	11.68 ^m
2	7:12~7:17	174台	89.6台	11.16 ^m
3	7:26~7:31	194台	82.6台	12.10 ^m

注) 科学警察研究所報告交通編一車輛感知器の情報と渋滞長に関する一解析より

表4-2 1台当り道路占有可能長

	交差点の手前		交差点通過後		合 計		単路部		合計
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り	
都立大駅前交差点	6.7	8.3	8.3	33.0	7.5	20.7	20.8	12.5	16.7
環状7号線交差点	7.7	7.7	25.0	20.0	16.4	13.9	50.0	13.6	31.8
都道4号線交差点	16.7	6.7	20.0	9.1	18.4	15.8	12.5	10.4	11.5

注) 交差点前後100mの区間、単路部125~150mの区間、単位=m

注) 観測調査、目黒通り1976年8月18日 P m5:00~6:00

ii)沿道火災の影響による自動車火災

東京消防庁の実験報告によれば、沿道火災の熱影響により自動車が着火し延焼する距離限界は、火災規模が約360㎡の範囲で可燃物約750tonに相当する街区建物火災程度の場合、17m以内である。また、路上の自動車群が延焼する場合は、これに熱影響を与える沿道火災の燃え方によって延焼速度、延焼範囲などが左右されるが、自動車そのものが、延焼拡大現象に作用する例は少ない。しかし次の場合に限って路上の自動車群自体が延焼拡大規模に作用すると考えられる。

(イ)トラック等多量可燃物を積載した自動車が燃焼した場合。

(ロ)危険物又はL.P.G等のタンクローリーが事故によ

り内容物が漏洩し、火災となった場合。

(i) 燃焼する自動車トンネル等熱放散の少ない構造物内にある場合。

(ii) 路面をアスファルト舗装した場合。

自動車は一般に、周囲に火災があっても、燃料のガソリンやL. P. G等に即時引火したり、燃料タンクが爆発するという現象は示さないが、衝突等により燃料系が破損し、燃料が漏洩している場合は例外である。

以上のように自動車火災は、市街地の火災の影響によるものがほとんどであり、特にタンクローリー車のような危険物を輸送する車輛は注意を要する。しかし、タンクローリーの場合、自動車に取り付けられたコンテナに納められたL. P. Gポンベは、一般家庭等に使用されるL. P. Gポンベほど急激加熱を受けることがないから、火災破裂事例の多い家庭用ポンベのような危険性状は示さないともいえる。

iii) 自動車のほかに、車道部分に出現する人も大きな問題となるが、本論では対象から除いてある。

5 ケーススタディ —— 目黒通りを例として ——

(1) 対象地区の概要

対象とする道路は目黒通りの一部で、東京都心より約8~12kmに位置し、起点を自由通りとの交差点(中根町)から、終点を環状6号線との交差点(大鳥神社前)とする約4.2kmの区間である。目黒通りは、桜田通りと環状8号線間を結ぶ、都心から放射状の路線である。また、バス路線でもあり、通勤時AM7:30~9:30には優先レーンが設けられている。道路の構造は、幅員約25mでそのうち歩道が両側各々3~5mづつ、車道は一車線16~18mの4車線である。対象区間内には、東横線、環状7号線等の交差区間があり、また沿道建物用途も店舗、住宅等を中心とし一戸の木造建築を除きほとんどが耐火構造である。

(2) 目黒通りの交通障害要因の概況と障害度

交通障害度を求めるために、地盤、土木構造物・建築物等の施設、沿道火災、交通量の4項目にわけ各々の障害度を100mを1つの単位とし42区間について行なう。

この場合も、交通障害度を相互の要因間の比較を可能とするために4章の交通障害危険度をを用いて点数評価を行なった。

① 地盤

地盤については、交通障害と関連するものとして東京都防災会議では、地盤高、軟弱層の層厚、地盤沈下量、液化化現象発生の可能性、地形の5項目について行なっ

ているが、対象地区では地質境界部と軟弱地盤について検討項目とし、液化化の可能性については東京都防災会議の資料を参考とし、以下のように障害度を定めた。

(東京都, 1975)

軟弱地盤・地質境界部——土木構造物・建築物等の被害に与える影響が大きい。図には存在だけを示すこととする。

液化化現象発生の可能性——については東京都防災会議の分類である可能性大、中、小、なしの4段階を用いて示すこととする。

対象地区における地盤・地質の性状は表層部分はほとんど黒色土で覆われ、そのすぐ下層にローム層(3~5m)が一樣に分布し、ローム層下には砂歴・粘性土(シルトを含む)が分布するがさほど厚くない。

交通障害度に関しては、軟弱地盤が、柿木坂一丁目交差点付近(区間5~9)と碑文谷三丁目付近(区間16~21)の2箇所沖積層が存在し、厚さは5m前後、地質は粘土およびシルト質粘土である。

地質境界部は、上記の沖積層との境界地区は区間5, 9, 16, 21の4区間である。また、液化化現象発生の可能性については、全区間とも全く可能性がない。

以上から、対象地区における地盤が交通障害となり得る可能性は軟弱地盤(沖積層)の存在箇所、すなわち区間第5~9, 第16~21が危険性が高いと言えよう。なかでも、特に第5, 9, 16, 21の区間は地盤境界でもあり最も危険性が高い区間と言える。

② 道路に関わる施設並びに沿道建築物

道路に関わる施設と沿道建築物の交通障害度は4章の道路交通障害度表を基に、点数評価を試みたのが表5-1である。この場合の点数は、本復旧を必要とする(3点)、重度の応急的復旧を必要とする(2.0~2.99点)、中度の応急的復旧を必要とする(1.0~1.99点)、軽度の応急的復旧を必要とするかあるいはほとんど必要なし(0~0.99点)の4ランクにわけてみた。これは点数が大きいほど障害度が高いことを意味するが、起こりうる危険性とは異なる。

対象地区においては、盛土・隧道・高速道路・橋梁・地下ケーブル・共同溝・地下街・地下道・地下鉄は存在しないので省略し、又、舗装、電柱については、全地区ともほぼ同一条件とみしな現況報告に止める。

i) 舗装

対象地区は一樣にアスファルト舗装(5cm)がされており、その下の路床は砂利層(12~13cm)、玉石層(13~15cm)が敷かれている。

この構造は路床上に直接舗装されたもので自動車荷重に対する地耐力を考慮し、路床上の変動が直接路面に影響するように設計されているため、耐震性に乏しい。したがって舗装の被害はかなり地盤に左右されると思われる。

表5-1 道路交通障害度表

施設	被害形態	障害度	備考
舗装	亀裂	0.5	
	陥没	1.0	
盛土	全崩壊	2.5	
	部分壊	1.0	(小規模全壊)
切擁土壁	全崩壊	2.0	
	部分壊	1.0	(小規模全壊)
道路橋	落橋・流出	3.0	
	上・下部構造被害	2.5	
	上部構造	0.5	
隊道	全壊	3.0	
	部分壊	2.5	(小規模全壊)
立体交差	全壊	2.5	
	半壊	1.5	(歩道橋と同程度の小規模なもの)
高速道路	全壊	2.0	(道路を横断する場合2.5)
	半壊	1.5	
歩道橋	全壊	1.5	
	半壊	0.5	
上・下水道管	管径1m以上全壊	0.5	
	管径1m以下全壊	0.25	
	管径1m以上半壊	0.5	
	管径1m以下半壊	0.25	
ガス管		0.25	
共同溝			
地下鉄地下街	全壊	2.5	
	半壊	2.0	
	部分壊	1.5	
電柱		0.25	
信号その他		0	
高層ルビ	3~9階全壊	0.5	
	10階以上全壊	1.0	
	3~9階半壊	0.25	
	10階以上半壊	0.5	

る。

ii) 切土

対象地区には柿木坂一丁目(区間10~11)のみ存在するが、その規模も非常に小さく(高さ2~3m)例え全壊したとしても歩道を遮断する程度であろう。したがって交通障害度も軽く、切土の小規模全壊として1点の評価を行なった。

iii) 立体交差

対象地区の立体交差は、東横線の高架橋(区間8~9)と環状7号線柿の木坂陸橋(区間12)の2つが存在する。このうち東横線の高架橋部分に沖積層が存在し危険性は環7の陸橋より高いものと思われるが、障害度はいづれも2.5点と評価する。

iv) 歩道橋

対象地区には合計6箇所(区間3, 6, 8₁, 8₂, 11, 12, 19, 28)の歩道橋が存在するが、その構造はすべて鋼鉄である。これらの支柱には軽度の腐食が2本(区間8₁, 28)みられる。

これらの6本の歩道橋の障害度は、規模がほとんど変わらないのでいづれも1.5点と評価する。

v) 地下埋設管

上水道——対象地区における水道管は車道の両側に管径100, 150, 200, 250, 500mmの5種類の管が埋設されており、道路を横断する環状7号線には180mm(区間12)の水道本管が陸橋に付帯している。目黒通りの水道管は耐震性を考慮して開発されたもので強度が高く伸びが大きいダクリール铸铁管が用いられ、管継手にはたわみ性と伸縮性がある。メカニカル継手が用いられている。したがって地盤変動がなければ安全性側にあると考えられる。

また、水道管による水害危険は今回のスタディでは割愛する。

下水道——対象地区における下水道管36~42は区間の下り車線の舗道下に存在し、管径も700mmの区間に250, 300, 350, 400, 500, 600mmの6種類と短い区間のわりには多種類の管が埋設されている。また、区間9(3,000×4,180mm), 7(2,700×3,000mm)には河川を埋めたてた大規模な管が目黒通りを横断している。震害による障害危険度は、舗道下に埋設されているため交通障害となり得ることはほとんどないと考えられる。しかし河川を埋めたてた管は比較的被害規模も大きいと考えられよう。

ガス管——対象地区におけるガス管は内圧1~3kg/cm²(中圧), 内圧3~10kg/cm²(高圧)の2種類が存在し、いづれも舗道下に埋設されている。下り車線側には区間1~6(管径200mm), 区間13~42(管径600mm)の中圧管が埋設され、上り車線側には区間17~26(管径750mm)の高圧管が埋設されている。

以上の上水道管・下水道管・ガス管の交通障害度は次のように定める。

- 管径が2,000mm以上の場合——交通障害度1.0
- “ 1,000~1,999mm “ —— “ 0.5
- “ 999mm以下 “ —— “ 0.25

複数の管が存在する場合

- 管径の合計が 2,000mm以上の場合——交通障害度1.0
- “ 1,000mm~1,999mm “ —— “ 0.5
- “ 999mm以下 “ —— “ 0.25

vi) 路上施設

路上施設は震害に最も関連性が高い電柱と交通に関連するものとして信号について調査を行なった。

電柱——は上り車線に合計149本存在し1区間当り平均3.6本/100m下り車線には合計145本存在し1区間当り平均3.5本/100m両車線で1区間平均7.1本/100m存在する。

信号——は合計17箇所存在するが、倒壊危険より、信号機能を失なうことの方が交通障害となり得ると考えられる。

したがって、電柱と信号は存在状況を示すだけに止める。

vii) 沿道建築物

対象地区における高層ビル3~9階は75棟、10階以上は6棟存在し、各々55m、592mに1棟の割り合いで存在する。これらの道路交通障害度は以下のとおりとする。

- 交通障害度1.5 —— 3~9階の建築物が7棟以上存在する場合（ただし、10階以上は3棟に換算する。）
- 交通障害度1.0 —— 3~9階の建築物が4~6棟存在する場合
- 交通障害度0.5 —— 3~9階の建築物が1~3棟存在する場合

viii) 総合評価

以上の土木構造物並びに建築物等を個々に交通障害度として評点してきたが、これを合計点により総合的な交通障害危険度を表わすと次の結果となった。（表5—2）

表5—2

	区間数	区間数の構成比 %
障害度合計が4.0以上	2	4.7
“ 2.00~3.99	7	16.7
“ 1.00~1.99	11	26.2
“ 0.50~0.99	18	42.9
“ 0.01~0.49	4	9.5

交通障害度が最も高い地区は、都立大駅前交差点付近から東横線高架橋をくぐり抜け環状7号陸橋に到る第6

~12区間である。この区間には障害度合計点が高い2.0点以上のものが、全区間に9区間あるうちこの区間に6区間も集中し、かなり注意を要する区間である。又、該当地区は沖積層の分布もみられ、危険性はさらに高くなると考えられる。

その他の交通障害度の高い地区は、それほど集中してみられず、分散して存在している。

③沿道火災

沿道火災の影響による交通障害は、沿道が延焼しやすい都市施設が存在するかどうか、また、延焼過程で道路自体が延焼阻止となり得る路線の条件を備えているかどうかの面から考察する。自動車火災による影響については、ここでは省略する。

まず、沿道に延焼助長要因となる施設として、木造建物や危険施設が考えられるが、交通障害度として表わすには問題があるので存在位置を示すに止める。

延焼阻止路線については東京消防庁の報告書をもとに次のように交通障害度を設定した。

- 交通障害度大——3つのケーススタディのいずれの場合も延焼阻止路線とならない場合
- 交通障害度中——3つのケーススタディのうち1つだけが延焼阻止路線となる場合
- 交通障害度小——3つのケーススタディのうち2つが延焼阻止路線となる場合
- 交通障害度なし——3つのケーススタディのいずれの場合も延焼阻止路線となる場合。

④交通量

自動車が交通障害となる場合は、まず交通量そのものが問題となる場合、さらに、各自動車のドライバーがどのような行動を示すかによって問題となる場合が考えられるが、今回はドライバーの行動については触れないで、自動車の存在量そのものの交通障害について求めることとする。

4章では災害時に道路空間の両側車線を確保（4車線の場合）するために、1台当りの最小道路占有長は、6.27m/台（目黒通りの場合）であると計算された。これをもとに交通障害度を示すと以下のとおりである。

片側1車線が確保できずに交通障害となる場合——1台当りの最小道路占有可能長6.27m/台以下のとき

片側1車線を確保できるが条件によっては交通障害となる場合を、次の4つに区分した。

交通障害の可能性大——1台当りの道路占有可能長が6.27~9.99m/台の範囲にあるもの

交通障害の可能性中——1台当りの道路占有可能長が10.00~19.99m/台の範囲にあるもの

交通障害の可能性中——1台当りの道路占有可能長が20.00m/台以上であるもの。

交通障害の可能性なし——自動車が1台も存在しない

場合

日黒通りにおいて、渋滞時の1台当りの道路占有可能長を求めるために、1977年8月18日金曜日午後17:00～18:00に観測を行なった。

この結果、約4.2km区間において、上り車線272台、下り車線377台、合計649台存在し、各々の1台当りの道路占有可能長は上り車線15.44m/台、下り車線11.14m/台、上・下車線平均12.94m/台であり、1台当りの最小道路占有長6.27以上で理論的には、4.2kmの区間の平均では緊急車輛に必要な2車線が確保できる。

しかし、100m区間ごとについては、下り車線で区間9, 11, 25, 29の4つの区間で1台当りの道路占有可能長が6.27m/台以下であり、また、片側一車線が確保できない区間は全体で約5%である。次に、片側一車線を確保できるが交通障害の可能性大、中、小、なしに区分したもののうち、交通障害の可能性が大の区間は全体の約5%、可能性が中の区間は全体の67%、可能性が小の区間は全体の9.5%であり、これらの交通障害の可能性のある区間は全体の95%にのぼる。

表5-3

	区 間 数			構成比 合 計
	上り	下り	合計	
障害となる場合	0	4	4	4.8%
障害の可能性大	4	12	16	19.0%
” 中	32	23	56	66.7%
” 小	5	3	8	9.5%
” 0	0	0	0	0%

注) 上, 下線合計84区間を対象とした。

これらが交通障害となる場合は、存在車輛が区間内に均等に分布していなかったり、あるいはドライバーが歩道側2車線に駐車する行動をとらなかった場合に起こり得る。

以上のように本論文では、交通量に関して単に100m区間の存在車輛について検討を試みたが、交差点区間あるいは単路部のちがひ、又、時間変化によってどのように存在車輛が変化するか等、様々な問題が残されている。

まとめと今後の課題

災害時に問題となる道路機能は、道路による延焼阻止機能と緊急活動を行なう交通機能とに大別される。

この2つの機能のうち延焼阻止機能は、その多くは、天候・風向等の自然条件や都市内の施設状況などの都市

構造の面から検討することが一般的である。しかし、緊急活動、特に本論で取上げた車輛による緊急活動に関する交通機能については、自然条件あるいは土木構造物や建築物の倒壊等のフィジカルな面の検討もさることながら、時間や場所によって異なる流動的な人や車輛の移動等に関する行動面についても検討を加えなければならない。

この研究においては主として物理的な地盤や土木構造物および火災等が交通機能に与える影響を検討し、流動的なものについては自動車の存在台数を検討するにとどまった。

また個々の要因内部、あるいは要因相互間の交通障害程度に関する一応の重みづけを試みた。

このようにして出された交通障害度の考え方を日黒通りに適用することにより、交通障害危険の可能性が高い地区とそうでない地区の判別がある程度得られた。又、自動車については存在台数によって、1台当りの平均占有可能長が6.3m以下の区間は交通障害が大となるという結果が得られた。

以上から今後の課題として次の事項があげられよう。

- ① 自動車の存在量の街路種類別、時刻別の把握およびドライバーの行動と関連させた分析。
- ② 土木構造物や建築物の被害の程度と交通障害度との関係を定量的に明らかにする。
- ③ 道路の単一路線だけにとどまらず、都市内のネットワークの中で交通障害度を検討する。

文 献 一 覧

池上慶一郎・渡辺正己

1973年3月 「車輛感知器の情報と渋滞長に関する一解析」『科学警察研究報』

工通工学研究会

1973年 a 「交通の特性」『交通工学ハンドブック』
b 「駐車乗降施設およびターミナル施設」『交通工学ハンドブック』

谷口丞・戸張好一・古川公毅・中島幸彦・山崎俊一
1977年 「東京都市計画道路再検討の視点とプロセス」『都市計画』98号

東京消防庁

1977年3月 「大震災火災時における焼け止まり効果と防災対策」

東京消防庁

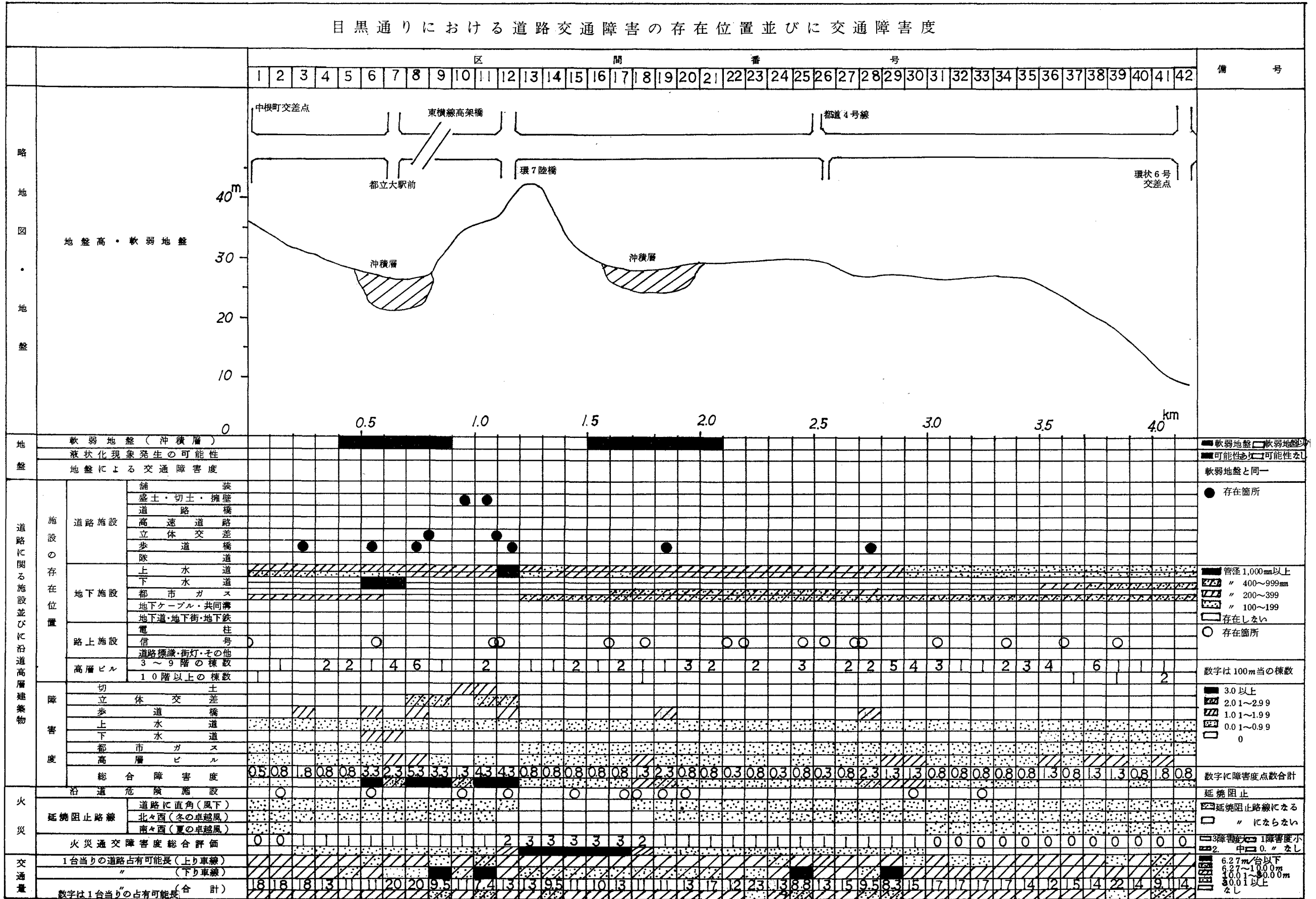
1975年3月 「震災時における消防車輛の交通障害に関する研究」

東京都

1975年 「地震に関する地域危険度測定調査報告」

- | | |
|---|--------------------------------|
| 東京都防災会議 | 土木学会 |
| 1971年 「東京都における土木施設，地下埋設物及び電気ガス施設等に関する現況報告書」 | 1964年 「新潟地震震害調査報告」 |
| 東京都総務局 | 日本都市センター |
| 1971年4月 「サンフェルナンド地震調査報告書」 | 1976年3月 「都市構造の推移と防災システムの研究報告書」 |
| 十勝沖地震調査委員会 | 新潟市 |
| 1952年 「十勝沖地震調査報告書」 | 1966年 「新潟地震誌」 |
| 都市計画協会 | 野村和正 |
| 1974年 「都市計画道路の計画標準」 | 1976年7月号 「道路網の整備水準および整備効果」 |
| 土木学会 | 北陸震災調査特別委員会 |
| 1922年 「関東大地震震害調査報告」 | 1948年 「福井地震震害調査報告」 |

目黒通りにおける道路交通障害の存在位置並びに交通障害度



地 震 被 害 事 例

比較項目		地震名	関 東 地 震	福 井 地 震	新 潟 地 震	十 勝 沖 地 震
発 生 日			1923年9月1日午前11時59分	1948年6月28日16時13分	1964年6月16日13時02分	1964年5月16日9時49分
震 央			東経139.3度, 北緯35.2度	東経136.3度, 北緯36.1度	東経139.2度, 北緯38.4度	東経143.35度, 北緯40.44度
マグニチュード			7.9	7.2	7.5	7.9
震 源			相模湾北部	福井県丸岡付近 深さ10km	新潟市北方50kmの栗島付近の地下40km	
被 害 概 況	死 者		99,331人	3,848人	26人	52人
	負 傷 者		103,733人	21,790人	447人	
	行 方 不 明		43,476人			
	全 壊 家 屋		128,266戸	33,482戸	1,960戸	676戸
	半 壊 "		126,233戸	8,471戸	6,640戸	2,994戸
	焼 失 "		447,128戸	4,162戸	290戸	13戸
	流 出 "		865戸			
	浸 水 "				15,297戸	
被 害 地 域			東京, 神奈川, 埼玉, 静岡, 山梨など	福井市を中心とする狭い地域	新潟市に大きな被害その他, 秋田県, 山形県など	北海道, 青森県, 岩手県に及ぶ広域
地 盤 被 害			1)沖積層の厚い所では震害率も大きく, 厚さが25~30を越せば震度が急に増加する。 2)沖積層が同じでも震害は場所によって(土層の硬軟)かなり異なるところがある。 3)砂州や砂浜では震害は軽微である。また埋立地の最上層部の厚さは震害と密接な関係がある。 4)木造家屋の被害率は, 沖積層上部の泥の厚い所(後背湿地)が砂の厚い所(砂州)よりも大きい。		1)流砂現象による噴砂, 地割れ, 地盤の隆起, 陥没, 水平移動 2)砂丘上では建物にほとんど被害がない。 3)信濃川兩岸地域で被害が著しい。 4)旧河道跡でも, 比較的埋立地や砂丘の所は被害が少ない。 5)湧水・噴砂・流動りなどは, 旧河道地域で水位が高く比較的浅層のゆるい砂の分布地域に生じている。 6)道路・水道等に損傷を与えた亀裂帯が顕著に分布する地域は, ①砂丘地帯と旧河道低地との境界部②現在の信濃川河岸地帯③旧湿田の埋立地域に大別される。	1)地盤の液状化, 噴砂およびそれともなる沈下を生じた箇所は比較的新しい埋立地(主として細砂や水田, 湿地の埋立地細砂, 黒ボクなど)で, 地盤の不同沈下などによる家屋等の被害が生じた。 2)激しい地割れ, 亀裂を生じたところは水田上の盛土に多いが, 黒ボクなど火山灰土によりなる台地にも地割を生じた所がある。 3)道路, 鉄道等の盛土は, ほとんど火山灰土および細砂を使用しているが, 台地, 丘陵地内の狭い谷を横断する箇所や低地と台地の境界部で破壊が著しい。 4)山崩れ, 斜面崩壊は八戸市, 五戸町付近で発生したが地震だけでなく, 地震前に降った降水による影響要因の一つと考えられる。
道 路 に 関 する 施 設	舗 装		1)震害は未舗装部分が大部分を占め, 舗装路面ではわずかに煉瓦道が被害を受けただけである。 2)舗装部分の主要な被害は火災による損壊である。 3)煉瓦道の歩道部が亀裂し, 大部分は両側下水混凝土壁に伝わり, 震害当時より亀裂が拡大し, 路面に噴水した。	1)亀裂・破壊の原因は路盤の沈下隆起, 崩壊によって生ずるものと電柱やマンホールが版と別個な運動をするために生ずるものがある。 2)コンクリート舗装が縦方向に移動し, 版が重なり合った。興味深いことは80mおきに重なり合う部分が表われることである。これらの被害は局所的なものであったから, 辛じて交通を維持することができた。 3)コンクリート舗装板が破壊, 喰違い等を生ずるとその点で明確な不連続点が出てきて交通に与える支障はかなり大きく, 又, その除去, 補修も容易ではない。 4)アンファルト舗装の場合, 路盤の変状がある程度以内であれば, それが直ちに亀裂, 破壊となって現われず, 従って交通に支障を与えないのが特徴だと思われ。又, 破壊したとしてもコンクリート舗装ほど不連続の程度が甚しくなく, 簡単な補修により実用に供し得る。	1)舗装の破壊, 亀裂, 移動は路床路盤の破壊と亀裂移動にもなって起こっている。 2)コンクリート舗装で, ダイバースリップバーに連結され, 鉄網の入っているものは, 路体がかかり被害を受けているものでも, 地震直後は全壊したものはほとんどなかった。しかし, 空洞(深さ3~40cm)が舗装版下に発生しているものは, 数ヶ月後に交通により破壊し始めた。 3)アスファルト舗装は路体の被害に応じまったく抵抗なしに流動クラックあるいは破壊を起こしている。しかし, 復旧はきわめて容易であった。	1)主要な地震災害は比較的辺鄙な所が多く, 道路被害も天然道若しくは砂利道程度であって, 高級舗装道は皆無といってよく, 帯広市, 釧路市等の街路には被害と称すべきものは無かった。 2)震災地帯の道路は土砂道に限られていたため, 被害も法崩が其の主なるものであった。
	盛土・切土・よう壁		1)丸の内線, 外濠埋立て道路(中央部に圧壊, 陥没,	1)片切土, 片盛土の道路では盛土部分の崩壊が多くなり	1)砂地盤上に造られた盛土に被害が大きかった。	1)低湿地(じゅんさい沼)の盛土地区で相当の陥没(数

比較項目		地震名	関 東 地 震	福 井 地 震	新 潟 地 震	十 勝 沖 地 震
道 路 に 関 する 施 設	橋 梁 系	盛土・切土・よう壁	亀裂)の被害大 2)盛土・切土部分は他の平地部より被害大きい	られ交通杜絶に至っている。 2)切取法面の法崩れ、転石その他の障害物の落下、土留擁壁その他の構造物の崩壊の被害 3)被災地区にはコンクリート擁壁の大きなものが殆んど見られないのでその震害について特記する程のものがない。小さなものとして石垣工法は簡単なため非常に多く利用されているが地震に対しては破壊率もきわめて大である。	2)盛土天端における亀裂はほとんど縦方向だった。 3)片盛土、片切土は排水不良によるすべり破壊を生じた。	日間にわたって1日2尺づつ沈下) 2)道路被害の主なるものは2~3の地形的特徴に依るもの他は一般に切取盛土法面の崩壊による被害であると云える。
		道路橋	1)被害を蒙ったのはほとんど下部構造に起因している。 2)震害は護岸間知積石の崩壊、目地の弛緩を生じ、又は橋台との継手が離れたもの、高欄、親柱地覆の一部倒壊または墜落したもの、装飾の破壊、橋脚の亀裂を生じたものがあるが、一般に通行に支障がない程度であった。 3)被害の傾向は全橋梁中、53%が被害を蒙り、そのうち83%のが火災による被害を受け、震害を受けたものは17%と、火災による被害が顕著であった。	1)橋梁の被害はほとんど下部構造に限定され、上部構造の被害は主として、下部構造の転倒その他の破壊の際の衝激等によって生じたもので、いわば二次的なものが大部分である。	1)橋梁の震害は全体としては気省庁発表の震度分布にしたがうが、局地的には基礎地盤の条件に大きく左右されている。すなわち、たい積時期、旧河道との関係、地下水位などのほか地盤そのものの土質が砂質であるか、地盤であるかななどにも影響を受けている。 2)上部構造の励震されて破損した例はほとんどなく、落橋のような大きな被害は下部構造に起因するものがほとんどである。 3)取付部盛土および擁壁などは橋梁部と同じ支持層に支持されないために相対的な沈下を起した事例が多い。	1)橋梁被害のほとんどが下部構造に限定され、殊に木橋は全部下部構造であった。 2)直接地震力によって上部構造が被害を受けたのは、わずかに3箇所(橋梁)ときわめて少ない。
		高速道路橋				
		歩道橋 立体交差				
	隊 道			1)隊道の被害は殆んどないが、隊道前後の切取部で急勾配を有する法面に亀裂を生じた例もある。		
地 下 並 に 路 上 施 設	地 下 埋 設 物	上 水 道	1)地震直後に発見された被害は極めて少ないが、火災等の混乱裡に於いてこれを発見出来なかつたに過ぎない。実際は漏水3.3割、滲出3.8割と多く、その原因は漏水中分水栓の脱出によるものと、地盤の不良によるものの2つが主なものである。	1)福井市の地震の水平動の震動方向(南北)に沿って被害が多く東西方向に少ない。	1)路面と管の被害については、一般的に路面被害のひどいところは、やはり管の被害も多くだいたい比例している。しかしながら路面が平らであっても管がひどく被害を蒙っている場合もしばしば見うけられた。	1)地割れ、山崩れ、崩壊等土壌の大量移動を生ずる場合に被害が大きく、既地盤被害があった地区はほとんど被害を蒙っている。
		下 水 道		1)今回の地震の災害地域には下水道施設を有する都市はなく、在来排水溝に蓋をした程度のものであったから、その被害も極めて軽微であった。	1)箱型きよ、円形管きよとも左右震動による激突、離脱、亀裂、蛇行、高低の変化、流砂現象による浮き上がり等を起こし、人孔、ヒューム管とも完全に道路上に露出した箇所もある。露出距離は比較的長いものが多かった。	1)下水道は最も遅れた地域であるために、地震被害として下水道は含まれない。又都市下水を流す街渠の被害は報告されてない。
		ガ ス			1)地震後都市ガスによる火災および爆発などの災害は一件もなかった。その理由は地震直後の工場元のバルブの閉止、地下水による導水管の水封、ならびに昼食時を過ぎていたことがあげられる。 2)供給導管の被害は、折損部分よりの浸水、土砂流入などによりまったく機能を失なった。道路へ影響を及ぼす浮き上がりは、あっちこち局所的にみられた。	
	電柱・道路付属施設等	1)街燈被害は全体で1004基あり、そのうち燈柱破損が42基であった。	1)配電線は市街地あるいは村落の中に張り廻らされ、且つ、支柱の多くは木柱であったために大きな被害を受けた。又、電話線は配電線と同様な被害を受けた。 2)木柱は震害の他に火災による被害も受けた。	1)コンクリート柱は524本被害があり80%が傾斜および沈下による被害で、15%が倒壊、折損である。これらの被害は大部分は地盤の移動、流動化に起因している。又、折損したもののすべては角度柱(架線の方向転換箇所)、および分岐支柱(架線の分岐箇所)		

比較項目		地震名	関 東 地 震	福 井 地 震	新 潟 地 震	十 勝 沖 地 震
地下並びに路上施設	電柱・道路付属施設等				<p>であり、地震時に、電線により引張力を受けたものと思われる。これらは中間で折損したものが大部分であった。</p> <p>2)木柱は被害があったのは3420本で、そのうち75%が傾斜、16%が倒壊、5%が折損、4%が焼損および流失であった。これらの被害の原因はコンクリート柱と同様である。</p>	