

地震後の道路交通機能の低下要因と その対応について

間瀬 利明¹・金子 正洋²

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 地震防災研究室 主任研究官(〒305-0804つくば市旭1)

E-mail:mabuchi-t2cn@nilim.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 地震防災研究室 室長(〒305-0804つくば市旭1)

E-mail: kaneko-m92pq@nilim.go.jp

本研究では、道路啓開等の地震直後における道路管理者の行動に関する計画づくりに必要な基礎資料とするために、都市部を襲う地震を対象とし、緊急輸送道路等において道路交通機能の低下をもたらす障害(震災ガレキ・放置車両)の内容とその程度を明確にするとともに、それらへの対処方策を検討している。兵庫県南部地震の際の航空写真を判読し、沿道建築物等の倒壊により、幹線道路上に生じた震災ガレキの発生状況等を整理し、発生量の推定式を作成した。また、兵庫県南部地震の事例を基に、放置車両の発生量を整理すると共に、道路上のガレキや放置車両の撤去に関する関係法令、手続きについても合わせて整理を行い、道路管理者が道路の交通確保のための啓開作業を行う上で必要な情報をとりまとめた。

Key Words : *Earthquake Debris, Prediction method, Road disaster prevention, Left vehicle*

1. はじめに

首都直下地震や中部圏・近畿圏直下地震など都市部を襲う地震に対しては、地震後における社会等への影響の大きいことから、緊急輸送道路等の早急な道路啓開が極めて重要である。このため、地震直後における道路啓開等の道路管理者の行動に関する計画づくりが必要となる。ここで、道路啓開等の計画策定においては、地震後の道路交通機能の低下をもたらす障害について、事前に予測し、その対応策を検討しておく必要があり、障害要因は橋梁、盛土等の道路構造物自体の被害から、道路構造物以外の要因によるものまで多岐にわたる。

本研究では、それらの計画づくりに必要な基礎資料として、都市部を襲う地震を対象とし、緊急輸送道路等において道路交通機能の低下をもたらす障害として道路構造物以外の要因にかかるもの(震災ガレキ・放置車両)に着目して、その内容や程度を明確にするとともに、それらへの対処方策を検討している。兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)の際に撮影された航空写真を判読することによって、沿道建築物等の倒壊によって幹線道路上に生じた震災ガレキの発生状況と、放置車両の発生状況を整理した。また、幹線道路上に発生する震災ガレキの発生頻度や道路へのはみ出し幅、ガレキの量等の予測手

法の検討を行った。さらに、道路上のガレキや放置車両の撤去に関する関係法令、手続きについても合わせて整理を行い、道路管理者が道路の交通確保のための啓開作業を行う上で必要な情報をとりまとめた。

2. 幹線道路上に発生した震災ガレキの実態整理

平成7年兵庫県南部地震の際に撮影された航空写真(写真-1参照)を判読することによって、沿道建築物等の倒壊によって幹線道路上に発生した震災ガレキの実態を整理した。ここで、道路上に発生する震災ガレキについては過去に調査された事例があるが、これらの調査は、



写真-1 幹線道路上のガレキの状況

細街路を対象としたもの¹⁾や、震災ガレキの処理がある程度進んだ地震数日後の国道を対象としたもの²⁾であり、幹線道路上に発生した震災ガレキの実態は十分に把握されていない。そこで、本研究では、兵庫県南部地震によって幹線道路上に生じた震災ガレキを調査対象とすることとした。震災ガレキの実態として整理したのは以下のデータである。

【震災ガレキの発生状況を表すデータ】

- ・震災ガレキの道路上へのはみ出し幅・長さ
- ・震災ガレキの由来（沿道建物、電柱等）等

【震災ガレキの発生に影響を与え得る要因】

- ・倒壊建物の属性（木造・非木造、低層・高層）
- ・沿道街区の建物倒壊率
- ・震災ガレキが発生した道路の道路種別
- ・ガードレールの有無、歩道幅員、分離帯幅 等

航空写真で画像判読の対象とした道路延長や、画像判読で道路上に確認された震災ガレキの発生箇所数を、道路種別ごとに整理した結果を表-1に示す。本調査研究では、同表に示した合計158箇所の震災ガレキの発生に対し、震災ガレキが道路上にはみ出した幅や長さ等の情報や、倒壊建物の属性（木造・非木造、低層・高層）等について整理した。

3. 幹線道路上に生じた震災ガレキの特性

表-1 の合計 158 箇所の震災ガレキの発生に対し、震災ガレキが建物敷地から道路上にはみ出した幅や長さについて特性を分析した。分析にあたっては、兵庫県南部地震の際に細街路上に発生した震災ガレキ¹⁾との比較を通じて、幹線道路に発生する震災ガレキの特性について整理した。

幹線道路について、道路延長あたりの震災ガレキの発生頻度を求め、震災ガレキ発生箇所の沿道街区の建物倒壊率ごとに整理した。図-1 には、整理した震災ガレキの発生頻度を道路種別ごとに示す。図-1 から、道路種別によらず沿道街区の建物倒壊率が増加すると、道路延長あたりの震災ガレキの発生頻度も増加する傾向があることがわかった。

細街路を対象とした震災ガレキの調査事例¹⁾では、兵庫県南部地震の被災地として約 500~900m 四方の地区を複数設定し、各地区（1 辺約 20 区間）に含まれる細街路区間（交差点間を 1 区間とする）に発生した震災ガレキ箇所数を数えていた。この結果、全細街路区間のうち 56%の細街路区間上に震災ガレキが発生していた。これをキロメートルあたりの発生件数に換算すると、12~22（件/km）の頻度で震災ガレキが細街路上に生じたことに相当する。これに対し、幹線道路を対象として求めた

表-1 航空写真の判読対象

道路種別	震災ガレキ発生箇所数	道路延長
直轄国道	52 箇所	31.5 km
補助国道	14 箇所	10.5 km
主要地方道	33 箇所	95.7 km
その他の幹線道路	59 箇所	258.4 km
計	158 箇所	396.1 km

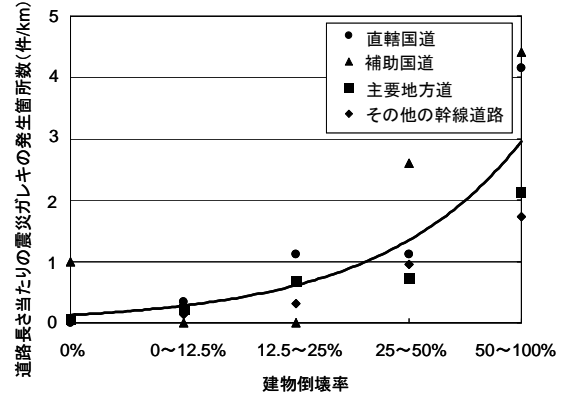


図-1 道路種別ごとの震災ガレキの発生頻度

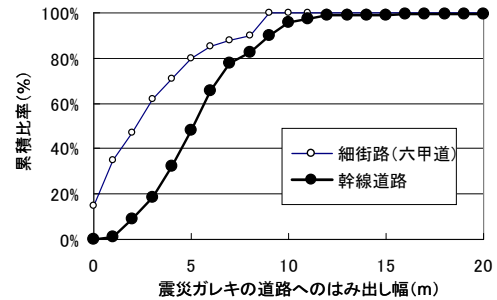
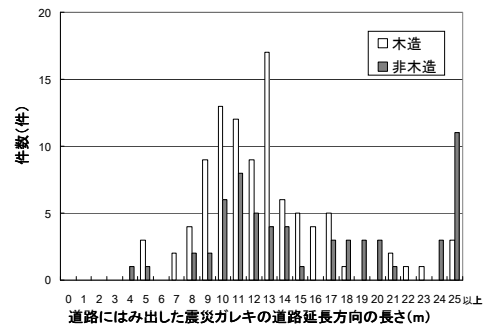
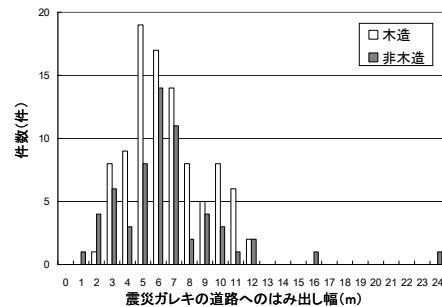


図-2 震災ガレキのはみ出し幅（街路・幹線道路）



(a) 震災ガレキのはみ出し長さ



(b) 震災ガレキのはみ出し幅

図-3 木造・非木造建物に由来する震災ガレキのはみ出し長さと同幅

道路延長あたりの震災ガレキの発生頻度は、最大でも4(件/km)程度であり、相対的に低くなっていることがわかった。

幹線道路上に生じた震災ガレキの発生特性について、官民境界からのはみ出し幅の累積比率を図-2に示す。図-2から、幹線道路上にひとたび震災ガレキが生じると、はみ出し幅は細街路に比べて大きくなる傾向があることがわかった。

次に、幹線道路上に発生した震災ガレキの道路延長方向の長さ及びはみ出し幅を、倒壊した沿道建築物の属性(木造・非木造)で分類した結果を図-3に示す。図-3(a)から、非木造に由来する震災ガレキのはみ出し長さは、木造に比べて相対的に長い範囲にわたり分布していることがわかった。これに対し、図-3(b)からは、震災ガレキのはみ出し幅については、木造と非木造で大きな違いがないことがわかった。

4. 幹線道路上の震災ガレキ量の予測式の作成

震災ガレキ発生の予測式は、地区内の細街路を対象として家田等³⁾の提案した式(以下、家田式と記す)がありガレキ幅 a は式(1)のように表される。

$$a = 2.32X_1^{0.379} + 0.189X_2^{2.23} + 4.41X_3^{12.0} \quad (1)$$

X_1 : 建物全壊率=(全壊または大破の建築物) / (全建築物-火災による損傷建築物-未調査・不明建築物)

X_2 : 平均階層 (建築延べ床面積 / 建築面積)

X_3 : 建築密度 (建築面積 / 宅地面積)

家田式を幹線道路にも適用して、2.で整理したデータを用いて回帰分析を行った。ここでは、建物全壊率に変えて建物倒壊率ランクを用いて式(2)のように表すこととし、回帰分析の結果、相関係数 R は0.39となった。

$$a = 0.08X_1^{0.379} + 0.30X_2^{2.23} + 8.85X_3^{12.0} \quad (2)$$

X_1 : 建物倒壊率ランク

倒壊率50%~100% : 0.75,
25%~50% : 0.375, 12.5%~25% : 0.1875,
0%~12.5% : 0.0625, 0% : 0.0

X_2 : 平均階層

X_3 : 建築密度

表-2 震災ガレキ発生箇所数

道路種別	倒壊率ランク	震災ガレキ発生箇所数	道路延長
直轄国道	50~100%	45箇所	6.3km
	25~50%	23箇所	10.8km
	12.5~25%	13箇所	11.4km
	0~12.5%	2箇所	5.4km
	0%	0箇所	3.7km
主要地方道	50~100%	9箇所	2.4km
	25~50%	0箇所	4.7km
	12.5~25%	7箇所	10.2km
	0~12.5%	6箇所	8.4km
	0%	1箇所	0.9km
計	—	106箇所	64.2km

ここでは幹線道路を対象として、道路管理者が概略検討を行う際に簡便に使用できることを目的に予測式を新たに検討した。その際、予測のために建築密度、平均階層等取得が難しいデータに変えて、用途地域等の比較的入手しやすいデータを用いることとした。

調査対象とした震災ガレキの発生箇所は2.で用いた幹線道路の箇所に加えて、新たにデータを追加して106箇所について、航空写真からガレキ幅(a)、ガレキ高さ(h)、ガレキ長さ(L)を計測した。その結果、発生ガレキの平均幅は5.8mであった。表-2に建物全壊率ランクと震災ガレキの発生箇所数及び画像判読の対象とした道路延長を示す。

震災ガレキ幅(a)の予測式は、2 ケースを回帰分析により各変数の係数を算出し、式を設定した(式(3)(4))。ケース1では利用データが「建物階数」「建ぺい率」「容積率」「用途地域」(都市計画総括図等より入手可能)である。

ケース2では「建ぺい率」の代わりに建物倒壊率ランク(被害想定結果より入手可能)を用いた。相関係数 R は式(3)で0.55、式(4)で0.50となった(図-4参照)。(ケース1)

$$a = -3.479 + 0.621X_1 + 7.509X_2/100 + 0.607X_3/100 + X_4 \quad (3)$$

X_1 : 建物階数

X_2 : 建ぺい率(%)

X_3 : 容積率(%)

X_4 : 用途地域による定数

住居地域:0.585, 近隣商業地域:0.311,
商業地域:-2.585, 準工業地域:1.155,

工業地域:2.857

(ケース2)

$$a = 5.284 + 0.812X_1 - 0.493X_2 - 0.426X_3/100 + X_4 \quad (4)$$

X_1 : 建物階数

X_2 : 建物倒壊率ランク

倒壊率50%~100% : 0.75,
25%~50% : 0.375, 12.5%~25% : 0.1875,
0%~12.5% : 0.0625, 0% : 0.0

X_3 : 容積率(%)

X_4 : 用途地域による定数

住居地域 : -0.528, 近隣商業地域 : 0.166,
商業地域 : 1.797, 準工業地域 : -0.300,
工業地域 : 0.716

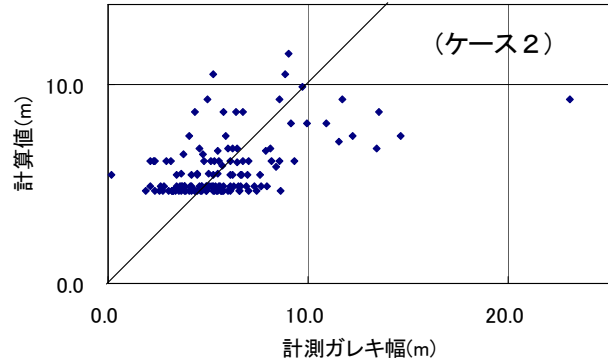
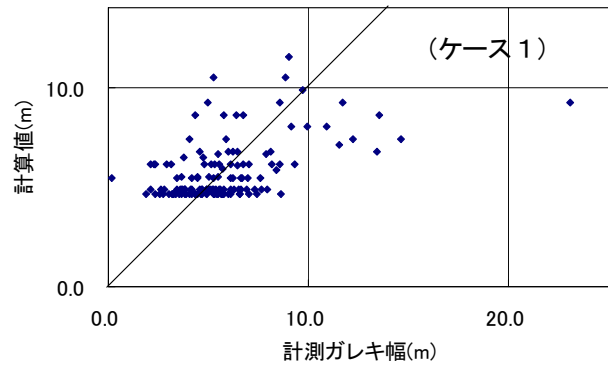


図-4 計測と予測式の関係

ガレキ高さ(h)・ガレキ長さ(L)は、ガレキ幅(a)の関数として、計測値を用いて回帰分析を行い式(5)、(6)のように設定した。このときの相関係数 R はそれぞれ0.46、0.41となった。

また、ガレキを三角柱であると仮定すれば、ガレキ幅(a)、ガレキ高さ(h)、ガレキ長さ(L)を用いて、式(7)のように体積を求めることができる。さらに、撤去すべき道路区間上の震災ガレキの発生量は、式(7)の体積と、表-2から求められる単位延長(km)あたりのガレキ発生箇所(106箇所/64.2km=1.65箇所/km)を乗じることにより求めることができる。

$$h = 0.32a + 0.853 \quad (5)$$

$$L = 1.089a + 7.487 \quad (6)$$

$$V = a \times h \times L / 2 \quad (7)$$

a : ガレキ幅(m)

h : ガレキ高(m)

L : ガレキ長さ(路側延長)(m)

V : ガレキ体積(m^3)

データのばらつきが大きく精度があまり高くないため、更なるデータの収集による精度の向上や、最悪の状況を想定するために発生量の最大値を計算する等の、工夫が

表-3 航空写真判読による放置車両の発生状況

路線	区間延長	台数	台数/延長
国道2号(一般国道)	19.2km	52台	2.7台/km
山手幹線(主要地方道)	12.5km	78台	6.2台/km

表-4 放置車両の発生量

道路種別		km延長あたり台数(台/km)	1時間・km延長あたり台数(台/km・h)	昼間12時間・km延長あたり台数(台/km・12h)
一般国道	2車線	1.8	4.7	0.24
	多車線	2.8	1.7	0.08
	区別無	2.7	1.7	0.09
主要地方道	多車線	6.2	7.8	0.27

必要となるが、道路管理者が概略の検討を行う際には役立つものと考えられる。

5. 放置車両の量を予測する手法

震災時の放置車両の量の予測手法に関して、兵庫県南部地震時の航空写真を活用して発生状況を調査した。ここで、放置車両の量は、兵庫県南部地震当日の17日午後の撮影と翌日18日午前の撮影の写真を比較し、同じ場所に同じ車両があれば放置車両と判別した。表-3に結果を示す。地震発生が早朝のためあまり多くの放置車両は発生していない。

表-3 の値をもとに、予測対象となる道路の延長や交通量等の条件により、放置車両の発生状況が想定可能となるように単位あたりの放置車両台数を表-4 のように整理した。ここで、交通量は H6 道路交通センサス交通量を使用した。地震発生時の午前 6 時台の交通量比率は H17 センサス 24 時間調査測定値から算出し、時間交通量が得られない場合も想定し 12 時間交通量についても計算した。これにより、対象路線、区間を設定することで区間距離と交通量から、放置車両の概算台数を求めることができる。

表-5 道路管理者が必要とする情報

作成計画	作成項目	必要な情報
管理区間の震災ガレキ、放置車両の被害想定	対象区間の重要性の把握	緊急輸送道路ネットワーク
		防災拠点の配置状況
		対象道路の概況
		沿道の土地利用
区間の被災想定量の把握	想定被災箇所数・台数（ガレキ、放置車両）	
	想定被災量（ガレキ、放置車両）	
対策投入量の把握	対策投入可能な資機材の状況	自己保有資機材リスト（名称、住所）
		上記資機材の保有先（住所）
		建設会社リスト（名称、住所）
		上記の資機材保有リスト（種類、数量）
		上記資機材のリース状況（常時の保管場所）
		上記の協定内容の把握（委託可否）
処理目標（シナリオ）の検討	復旧目標時間の想定	
	対策投入量と被害想定量との比較	
	投入不足量の確保手法の想定	
搬送計画	処理体制構築	自己保有資機材リスト（名称、住所）
		上記資機材の保有先（住所）
		建設会社リスト（名称、住所）
		上記の資機材保有リスト（種類、数量）
	上記資機材のリース状況（常時の保管場所）	
貯留地確保	利用可能な土地・空地リスト（名称、住所、貯留面積、管理状況（防犯））（一時的な利用も想定）	
搬送経路選定	緊急輸送道路ネットワーク	
	被災候補箇所 経路候補路線状況（幅員、橋梁有無、沿道状況）	
処分計画	貯留地確保	利用可能な土地・空地リスト（名称、住所、貯留面積、管理状況（防犯））（長期的な利用を想定）
	最終処分地確保	廃棄物処理地リスト（名称、住所、連絡先、処分条件（ガレキ寸法等））
		搬送経路（幹線道路からの経路、幅員、沿道環境）

6. 震災ガレキ、放置車両の処理対策

震災ガレキ、放置車両等の処理対策の概要と留意点を既存の文献及び、東日本大震災時の対応について道路管理者へのヒアリングにより整理した。また、啓開時（地震発生直後から数日間程度）、応急復旧時（地震発生数日後から 1 ヶ月程度）における道路管理者の啓開復旧への対応に関して、道路上のガレキの処理等による啓開作業に関する詳細な内容、道路管理者間の連携や調整事項、関係機関との連携や調整事項などのヒアリング調査を行った。調査対象とする道路は、国道 45 号、6 号、国道 15 路線（くしの歯作戦）とした。

(1) 処理に関する法的条件等

現状の震災ガレキ・放置車両の処理対策は、道路管理者が「道路法第 42 条、44 条、67 条の 2」、警察等の交通管理者が「災害対策基本法第 76 条の 3」等を、法的な根拠として実施している。

(2) 移動・撤去に関する交通条件等

緊急輸送道路等は優先的に交通機能の確保が必要となる。また、道路の全断面での交通機能確保が望ましいが、道路上の震災ガレキ等の状況に応じた移動・撤去を進めることも想定される。

(3) 関係機関の連携・情報共有

道路管理者と警察等の交通管理者、協会会社、その他の道路管理者等との連携が想定される。震災直後では警察等は交通整理等が優先されるため、事前に情報共有のタイミング、方法等を協議しておくこと、事後の円滑な対応が可能となる。

(4) 道路管理者が必要とする情報の整理

道路上の震災ガレキ、放置車両の処理に関する計画作成時に道路管理者が必要になると想定される情報を表-5 に整理した。

(5) ガレキ処理の制度に関する整理

東日本大震災ではガレキ等の廃棄物の処理が大きな問題となったことから、今回の震災を受けてガレキ処理に関する方針が国（環境省）から新たに出されており、これらの措置に関する整理を行った。道路管理者が道路上のガレキを除去する場合の対応のこれまでとの主な変更点を表-6 に整理した。

a) ガレキ処理の制度の法令・告示・通知等

ガレキ処理の初期の段階（仮置き場への搬送時）では、これまでの建物、自動車他、船舶、家電、動産（貴金属等）等の個別対象物ごとの取扱いについて国から自

表-6 道路上のガレキ処理に関する制度等の主な変更点

	通常時	東日本大震災時
種類	建物, 自動車	左記に加えて, 船舶等, 動産(貴金属等の有価物やアルバム等の所有者個人にとっての価値がある物件)
所有者確認	所有者, 占有者に処理を命令	一定の原形をとどめている場合には所有者の連絡・同意(損失補償無し)の了解も)を基本連絡が取れない, 倒壊している場合は同意無しで解体・撤去可(警察官や市町村職員の立会いが必要)
移動, 保管	放置車両は所有者不明の場合は50m以内の移動が可能	放置車両の所有者不明で使用が可能な場合には仮置場に移動. 船舶等の撤去に時間のかかる物件の仮置き処理のために, 道路法第68条(非常災害時における土地の一時使用等)が適用

表-7 道路啓開時のガレキ処理の制度等の課題

項目	課題
建物及び建物等に係わる動産について	①現場でだれが回収・どこに保管するか不明確 ②現場に警察官等がない場合の取扱いについての不明確
車両(自動車等)について	①移動時に職員が立ち会うとしているが, 処理件数が多い場合の対応が不明確 ②移動作業中の損害に関しての補償の取扱いが不明確
その他の処理対象物	危険物の取扱い時の留意点や作業者の補償の取扱いが不明確

治体へ通知等が新たにしている。

b) ガレキ処理の制度等に関する自治体からの要望

自治体の要望については, ガレキ処理に関する財政支援, 災害廃棄物処理の早期処理に関する要望が多い。

c) ガレキ処理の制度の運用

各品目に関する分別, リサイクルに関する国の方針が出されているが, 品目(パソコン等)によっては, ガレキ等の迅速な処理を最優先とするために, 災害廃棄物として他の廃棄物と一括で処理することもやむを得ないと

する方針も出されている。

道路管理者が行う場合には, 移動に伴うトラブル防止のために職員の立会いや, 放置車両は道路法上の違反ではないため, 移動等に要する費用は道路管理者負担となる等の特徴がある。

d) ガレキ処理制度の課題

ガレキ処理の制度に関する整理と, 東日本大震災で道路啓開を行った道路管理者等のヒアリング結果から, 道路啓開時のガレキ処理の制度等に関する課題を表-7のように整理した。これらの課題に対しては, 作業を行う業者等との事前の取り決めをしておくことが重要であり, 全国的にも統一した考え方を予め検討しておく必要がある。

8. 結論

地震後の道路交通の確保のために, 道路上に発生するガレキ, 放置車両への対応について検討を行った。道路上に発生するガレキと放置車両の発生量の推定手法の作成を行い, 簡易的に発生量を推定する手法を提案した。これにより道路管理者が入手しやすいデータにより, 道路上の発生量を簡易的に把握し, 対応を検討する事ができる。

また, 関係法令, 手続き等についての整理を行い, 道路管理者が, 道路の交通確保のための啓開作業を行う上で必要となる情報を整理した。

これにより, 東日本大震災を契機に, 制度や運用が新たに制定されたり, 変わっていくことがわかった。予め状況を想定して対策を検討しておくことが重要である。

参考文献

- 1) 国際交通安全学会, 阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネジメントの研究, 1998
- 2) 土木学会他, 阪神・淡路大震災調査報告, 1996.
- 3) 家田仁等, 阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能障害とその影響, 土木学会論文集 1997.10

Reduction factor of road traffic function and measure of debris on the road after earthquake

Toshiaki MABUCHI, Masahiro KANEKO

By discriminating aerial photographs at the time of Hyogo-ken Nanbu Earthquake, the generation status of earthquake debris on the main roads, etc. caused by collapsed buildings, etc. by the road side was organized and the estimate equation was formulated. In addition, it generated the quantity of organized neglected vehicles. Further, to investigate into the applicable laws and regulations was organize the informa-

tion required in performing the cleaning and opening work for securing traffic road by road administrators.

It is hoped that the above will enable to forecast volume of debris, etc. on roads post-earthquake to some extent will contribute to advance preparation of equipment, etc. necessary for elimination of debris, etc.