

## 航空写真を用いた道路被災状況の把握に関する一考察

*The analysis of damage degree of road due to the South Hyogo Earthquake by using air-photos*

黒田 勝彦\*、竹林 幹雄\*\*、荻野 啓\*\*\*

*By Katsuhiko KURODA, Mikio TAKEBAYASHI and Kei OGINO*

The present paper discusses the usefulness of air-photo survey about road damage by the South Hyogo Earthquake in 1995. It analyzes the relation between damage degree and road width or road-surrounding conditions. The analysis was carried out for the Higashi-Nada district of Kobe City. Two kinds of data obtained from in-situ field survey and air-photo were used for the analysis. Comparing with those data, the limitance and usefulness of the analysis by air-photo are discussed. The results say that air-photo survey can give rough information about passability of road, but, it can not make clear the impassability of road if the damage is relatively slight.

**Keywords:** air-photo, damage degree of road, in-situ field survey

### 1. はじめに

本研究では、震災によって生じた道路機能障害の傾向や要因を明らかにするため、平成7年3月中旬に神戸市東灘区において現地調査による道路被災調査を実施し、震災による道路の被害状況を把握した。この調査結果に基づき、道路の被災状況を幅員別・沿道環境別に分類把握した。

しかし、今回のような緊急時においては、住民にとって道路の通行状態を一刻も早く把握し緊急の避難ルートの情報を得ることが必要であった。現地調査による道路被災調査は人手と時間を要するなどの問題点も挙げられる。そこで、航空写真を用いた道路被災調査を検討した。本研究では、現地調査と航空写真調査とを比較検討することで、様々な角度から道路の被災状況を分析し、航空写真を用いたより合理的な災害調査について提言を行った。

キーワード：航空写真、現地調査、道路被災

\*正会員 工博 神戸大学工学部建設学科教授

\*\*正会員 工修 神戸大学工学部建設学科

(神戸市灘区六甲台町 1-1)

\*\*\*正会員 神戸製鋼所 (神戸市灘区岩屋中町 4-2-15)

### 2. 現地調査に基づく道路被災調査

#### (1) 現地調査の概要

時期は平成7年3月13日より2週間、約15名の調査員によって、神戸市東灘区を対象に行われた。道路の被害度判断基準は、被害の程度順に6段階に分類し、道路の区間単位(交差点から交差点)ごとに被害度を判定し住宅地図に記入する方法を採った。道路の被害度判定基準は、表-1の通りとする。付帯設備の損壊や、その他気付いたことがらはその都度地図上に記入した。

表-1 現地調査による道路被災調査の被害度判定基準

道路被害度	道路車道
止：通行止	倒壊物・ひび割れ・うねり 1箇所以上段差・陥没・崩壊
A：重度の損傷	1/3区間以上ひび割れ・うねり 1箇所以上段差・陥没・崩壊
B：中程度の損傷	1/3区間以上ひび割れ・うねり
C：軽微な損傷	わずかなひび割れなど
D：無被害	異常なし
H：補修中	わかればA・B・Cを記す

(2) 道路被災状況の把握

a) 神戸市東灘区の地区別道路被災状況

東灘区を、赤塚山・住吉・御影・本山・岡本・魚崎・森北・森南・深江の9地区に区分し、道路被害を図-1に整理した。通行止発生区間は、住吉・御影・岡本地区の道路被害件数が顕著である。また、道路被害度Aの発生区間についても住吉・御影・岡本・森南の地区での件数が顕著である。逆に、最も被害の少ない地区は本山・森北地区であり、重度の道路被害はほとんど発生していない。住吉・岡本・森南地区は、J R東海道線と阪神鉄道に挟まれた兵庫県南部地震の震度7の帯状分布地帯と一致しており、これらの地区は地震動により激しい道路被害が発生したと考えることができる。

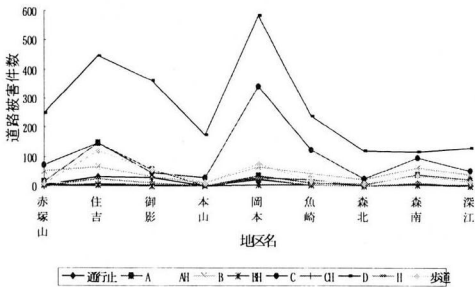


図-1 地区別道路被害件数

図-2は、それぞれの地区における道路区間総数に対する各被害度別の道路区間数割合を示しており、道路被害件数の多くなかった赤塚山・深江地区でも、道路総数の少なさを考慮すると大きな被害を受けていることが分かる。この様な地区が存在することより、道路被害の偏在には震度のみが関連しているのではなく、何らかの要因が考えられる。

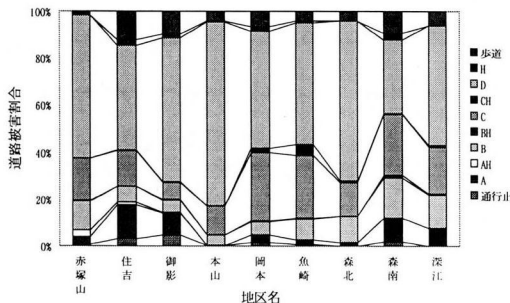


図-2 地区別道路被害割合

(3) 道路被害発生要因に関する検討

a) 概要

道路被害の程度に関連する項目として、道路の幅員に基づいた道路被災状況分析を行う。また、道路の周辺環境に対しては用途地域指定地域を用いて、用途地域に基づいた道路被災状況分析を行う。

b) 幅員に関する検討

本研究では車道部分と歩道部分を合わせて幅員とする。道路の幅員の判別は住宅地図上で縮尺に基づいて決定し、5mから45mまで7段階に区分した。

図-3には、道路の幅員別に道路被害の発生割合を示した。被害度別に比較すると幅員8m以下の道路が特に被害集中する結果となった。しかし道路総数の相違を考慮し、幅員別の被害発生割合で比較すると、幅員12mから22mについても被害発生割合が40%前後の高い値を示した。また、今回の調査は震災2ヶ月後であり、主要幹線道路では補修工事がすでに完成しており、幅員33m以上の幹線道路での道路被害が非常に低い結果となった。

道路の幅員と道路被害の関係については、幅員8m以下の道路での被害件数の高さが認められるが、明確な傾向は認められなかった。

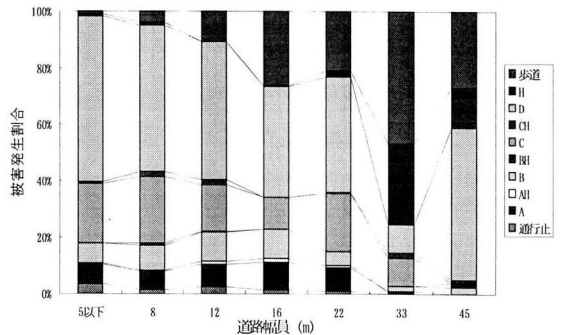


図-3 道路の幅員別被害発生割合

c) 用途地域指定に関する検討

本節では、東灘区で発生した道路被害と周辺の土地利用形態との関連性について考察する。周辺の土地利用の把握手段として、用途地域を用いる。用途地域の指定は、以下の8種類に分類される。

- ①第一種住居専用地域、②第二種住居専用地域、③住居地域、④近隣商業地域、⑤商業地域、⑥準工業地域、⑦工業地域、⑧工業専用地域。

図-4は、重度の道路被害（通行止・被害度A）の発生件数と、道路被害発生区間の周辺土地利用形態について整理したものである。

被害度A発生区間については、第一種住居専用地域・第二種住居専用地域・住居地域・準工業地域での被害発生が顕著である。

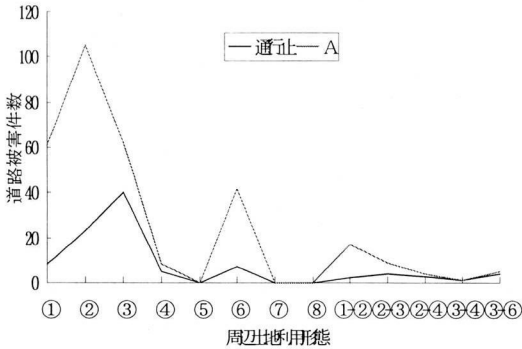


図-4 周辺土地利用別道路被害件数

図-5は周辺土地利用別の道路被害割合を整理したものである。このグラフにより通行止区間は、住居地域・近隣商業地域で発生割合が高いことが分かる。この理由として、住居地域では古い木造住宅が比較的多く立地しており、倒壊した家屋等により通行を遮断され、通行止め発生件数が多くなると考えられる。以上のことから、通行止発生区間は住居地域・近隣商業地域で集中傾向が見られ、周辺土地利用形態と関連があると考えられる。

被害度A発生区間については、第二種住居専用地域や準工業地域での発生件数の高さが認められた。しかし、明確な要因については、具体的に把握できない。

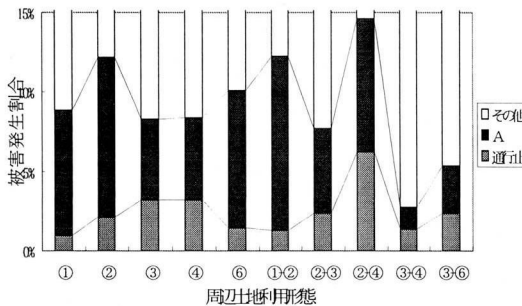


図-5 周辺土地利用別道路被害発生割合

d) 幅員・周辺土地利用形態のクロス分析

図-6には各周辺土地利用形態（用途地域指定）における、重度被害（通行止め、被害度A発生区間）の発生割合を、道路幅員別に整理した。

特に住居地域と近隣商業地域では幅員の減少に従い他の地域より通行止発生割合が高くなっている。また、被害度A区間については、道路幅員・周辺土地利用共に顕著な関連性が見られない。

住居地域は、第一種・第二種住居専用地域と比べ、商店や工業施設が混在しており、中層構造物も立地しているため、その倒壊によって周辺道路が閉塞する可能性も高い。また住居地域には木造住宅が密集した地域が広く分布し、幅員3～5mの道路数も多いため、重度の道路被害が発生しやすい環境と言える。近隣商業地域は、住宅地の日常生活用商業の中心地をめざす地域で、幹線道路沿いに指定されることもある。したがって幅員の大きな道路が多数存在する。しかし中高層の構造物も存在し、倒壊による道路閉塞が十分予想される。以上のような原因から、住居地域・近隣商業地域に通行止区間の集中したと考えられる。

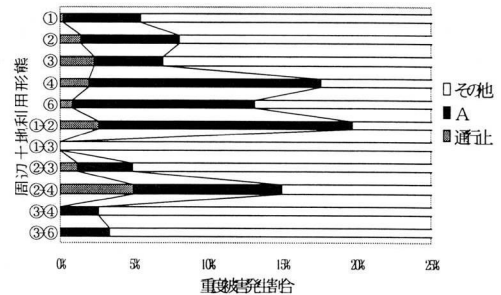


図-6 幅員8m道路におけるクロス集計

e) 道路被害度の地区差に関する考察

神戸市東灘区御影地区は、震度7分布域以南に位置するが、高い道路被害件数を示した。その要因を幅員・周辺土地利用形態から考察する。

図-7は、御影地区の道路幅員別の土地利用形態（用途指定地域）を整理した。図より御影地区において、道路幅員が減少するにしたがい住居地域が占める割合が高いことがわかる。また御影地区では準工業地域が道路区間総数の半数近くを占めている。

前述したように準工業地域では地盤が埋立地であることから、重度のひび割れが多数発生している。したがって、御影地区になされている用途指定地域は、道路被害の発生しやすい環境であるといえる。

以上のことから地区によって震災の道路被害が集中した要因に、道路幅員と周辺土地利用形態が関連していることが確かめられた。

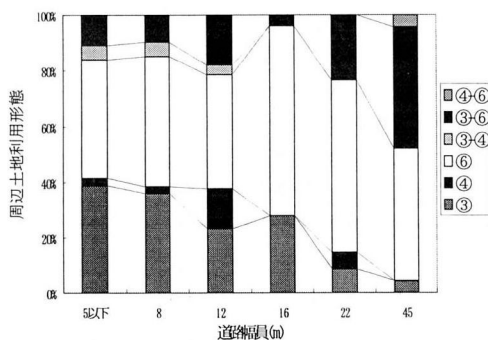


図-7 御影地区幅員別土地利用形態

### 3. 航空写真による道路被災調査

#### (1) 航空写真調査の概要

本研究では航空写真による道路被災調査における信頼性を、現地調査による道路被災調査と比較検討し、考察するのが目的である。

航空写真は、国際航業撮影による平成7年1月17日、19日撮影の縮尺 1/4000 の航空写真である。

本研究では、神戸市東灘区の西部における航空写真を選択的に用いた。

#### (2) 神戸市東灘区の被害状況の把握

航空写真調査は、実体鏡による航空写真判読を実施した。道路被害度の判別は、現地調査と同様表-1の被害度判別基準に従うものとするが、実験的に航空写真を判読した結果、家屋倒壊などによって発生した土砂や、火災発生による煙によって、道路の被災状況を判別できない区間が、数多く存在した。そこで、新たに被害度E（判別不可能）を設定し、道路被災度を7段階に分類する。

航空写真に基づき道路を調査した結果、最も判別が容易であるのは道路上の、倒壊家屋や土砂などの

障害物の存在である。道路の車線上に、障害物が確認される場合、道路の1車線以上の車両交通が不可能と判断できれば、通行止と判別した。その他、土砂などで道路表層部が判別不可能な場合をEとした。

道路被害件数のうち、1/4以上が重度被害という結果となったが、通行止め区間が判別可能であったのに比較し、被害度A発生区間については、判別できなかった箇所が相当数あると考えられる。また、被害度B・被害度C区間が判別できないため、実際はD（無被害）の件数に、中程度の被害件数が含まれていると考えられる。航空写真調査においては、通行止め発生区間の発見に関しては信頼性が高い。図-8には、道路幅員別に被害発生割合を示した。通行止は幅員 12m以下の道路で発生し、幅員が縮小するに従って大きな割合を占めることがわかる。被害度A区間は、幅員 12mの道路で割合が高いが、ひび割れや段差の確認が比較的容易であるためと考えられる。被害度E（判別不可能）は、12m以下の道路で発生しており、道路両側からの土砂流出による道路調査の不可能な区間は、幅員の小さい道路ほど生じやすいといえる。また、歩道被害については幅員 2.6m以上の道路（4車線以上の幹線道路）でのみ、確認されている。

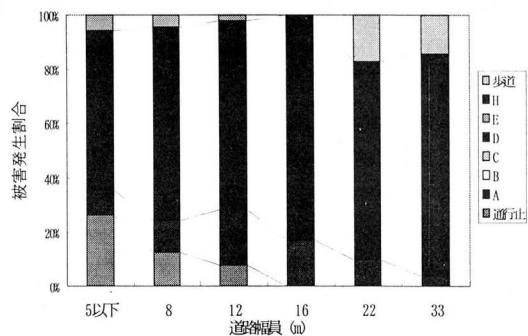


図-8 航空写真道路調査における幅員別道路被害発生割合

### 4. 現地調査と航空写真調査の比較

#### (1) 調査手順の比較

##### a) 現地調査

現地調査は人員と時間が必要とされる。本研究では、15人の調査員が3日間で調査を実施した。調査状況は、道路の被災度を判別する上で、各調査員

の主観による被害基準の相違が問題点となった。特に、道路被害度A・B・Cの区別が困難な道路被害が多く、調査員の判断に任されることとなった。あらかじめ道路被害度の基準には、十分な理解と意思の統一が必要である。

b) 航空写真

調査状況については、実体鏡を用いた道路被災調査は2人で実施し、神戸市東灘区の住吉地区について3日間で終了した。実体鏡による航空写真判読作業は、現地調査と違い室内作業である簡便性があった。道路の被害度の判別は、道路幅員の大小で精密度に差が生じ、予定していたほどの詳細な被害分類が不可能であった。

以上のことから、航空写真調査は道路調査の迅速性・作業性で優れている。現地調査に比べ、調査期間と手間が必要でないため、早急な調査の実行、道路被災状況の迅速な把握と伝達が可能であることが最大の利点である。また陸環境の影響を受けないため、現地調査不可能な被害箇所の調査が可能である。しかし道路調査の精密度は、現地調査が優れており、詳細な道路被害の把握も可能である。航空写真の道路被害調査として、震災後の道路通行状態を迅速に調査し伝達する利用に適していると言える。しかし詳細な道路状態の把握は不可能であり、後に現地調査を行う場合、現地調査と併用して調査分析を行うと正確な道路調査が可能となる。

(2) 調査結果の比較

a) 道路被害件数に関する比較

現地調査と航空写真調査の、道路被災状況調査から、被害件数についての比較を行う。図-9は、道路被害度別に、道路被害発生件数を整理したものである。

航空写真調査の通行止め区間が現地調査に比べ4倍近く発生しているが、現地調査が航空写真調査の2ヶ月後に行われ、主要幹線道路の補修工事がかなり進んでいることが挙げられる。被害度A区間(重度の被害)は、航空写真が現地調査の70%程度の判別結果しか残せなかった。この要因として、航空写真が道路のひび割れや段差を判読する点で限界があることが挙げられる。被害度B・Cについても航

空写真で判読不可能でありこの点が、航空写真の現地調査に劣る点であるといえる。

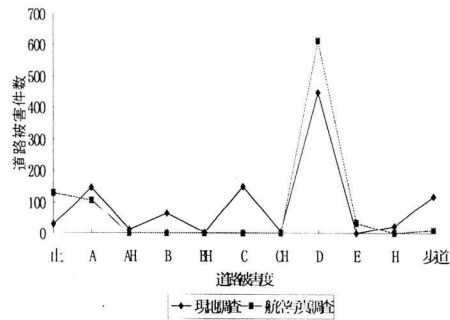


図-9 道路被害件数に関する比較

航空写真調査の信頼性について、図-10 から把握する。

航空写真調査で、最も信頼性のあるのが通行止発生区間の判読で、現地調査の通行止区間のうち、88%の判読が可能であった。これは、通行止区間の道路情報は、航空写真から十分得られることを示している。被害度A区間は、現地調査の45%を判読したにとどまった。被害度B・C区間では、全く判読不能で信頼度は低い。舗装済区間も全く判読不可能であった。

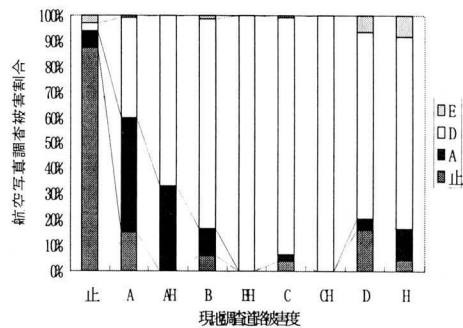


図-10 現地調査と航空写真調査の調査結果推移

b) 通行止地図の作成

図-11は、航空写真調査の結果を用いた神戸市東灘区住吉地区における、通行止発生区間を図示したものである。航空写真調査は通行止発生区間の把握に関して信頼性が高く、このような地図の作成によ

り、震災後早急に通行止区間を調査し伝達することが可能である。地図は非常に簡略なものであるが、実際には、航空写真から読みとれる周辺の状況も加え、震災時の緊急道路被災状況地図の作成が可能であると考えられる。



図-11 通行止区間

(2) 現地調査と航空写真調査の長所・短所

これまでの比較結果から、現地調査と航空写真調査の長短所について表-2に整理した。

6 おわりに

本研究で得られたことを以下にまとめる。

1) 現地調査の結果に基づき、震災による道路被害を幅員別、周辺土地利用(用途指定地域)別に分析した。その結果住居地域、近隣商業地域において通行止発生区間の集中が認められ、道路幅員の減少による道路被害の増大が認められた。また通行止区間発生状況は地区により大きな相違があり、東灘区御影地区の重度被害発生要因を検討した結果、道路幅員と周辺土地利用形態が関連することが認められた。

2) 実体鏡を用い、縮尺 1/4000 航空写真の判読により、神戸市東灘区の道路被災状況を把握した。調査結果を現地調査と比較した結果、道路表層部の詳細な被害度判別は航空写真では不可能である。しかし、通行止発生区間は現地調査結果の約 88% を把握することが可能であり、通行止区間の判読に関して信

頼性が高いことが確認された。また航空写真は作業性で現地調査より優れている。航空写真の有効利用法として災害時の迅速かつ正確な通行止区間調査を提案する。以上の研究より、震災による通行止区間の発生傾向と調査法について考察を行った。

今後の課題としては、震災による道路被害の分析を行うために、より迅速で正確な現地調査の必要性があげられる。

表-2 路被災調査における調査法の特性比較

現地調査	長所	①調査員が踏査によって行うため、道路調査の精度が高く、道路表層部の詳細な調査が可能である ②道路の状態と共に、付帯設備の損壊や、周辺構造物の倒壊、歩道の状態など周辺状況を把握しながら、調査を行うことができる
	短所	①調査に人員と日数が必要とされ、早急に結果を得ることが困難である ②複数の調査員によって調査を行う場合、道路被害度基準の認識の違いや、被害判定に個人差が生じ、調査結果に反映される ③調査作業の実行に際し、天候や復旧状況等の周辺環境に影響を受ける ④調査員に負担がかかる
航空写真調査	長所	①広範囲の道路調査であっても、1度に撮影し迅速な調査が可能である ②道路の損壊状況だけでなく火災や土砂崩れなどの全体的な周辺状況の把握が可能である ③撮影後、いつでも室内分業作業が可能で、調査時の状態を長期保存できる ④使用した航空写真から、住宅調査や鉄道調査等の他の目的の調査が可能である ⑤調査作業に、人員や時間を必要としない
	短所	①調査作業に、専門器具や知識を必要とする道路表層部の詳細な調査が困難で、道路幅員に調査の精度が影響される ②道路上に、倒壊物、煙、樹木等の障害物が撮影され、道路状態の判別が不可能な区間が存在する航空写真撮影が、天候の影響を受け、雲影等による ③撮影欠部の発生があり得る

【謝辞】

本研究を実行するにあたり、(株)国際航業 宇野仁様をはじめとする(株)国際航業の方々より、貴重な資料を提供していただきました。付して謝辞といたします。