

東日本大震災での交通信号施設被害調査に基づく施設被害関数による資機材ストック量推定指標

日本大学 学生会員 ○大西 邦典
 日本大学 正会員 小早川 悟
 日本大学 フェロー 高田 邦道

1. はじめに

2011年3月発生した東日本大震災で交通信号施設も甚大なる被害を受けた。岩手県の信号機では、372ヶ所の信号交差点のうち151ヶ所(約40%)が、また交通状況を把握する車両感知器256基のうち81基(約40%)が制御機能を喪失し、復旧には約1年間の期間を要することとなり、復旧速度や体制の脆弱性が指摘された。この間、信号制御された交通管理社会において、安全な交通管理下での生活に慣れている人々が、災害時の交通信号施設の倒壊等で機能を喪失した結果、無制御交差点において渋滞の原因や死傷事故が発生した。わが国の交通流は、交通信号施設で管理されており、災害復旧作業における道路交通の役割は極めて大きい。そのため、交通信号施設の故障は致命的で、交通信号施設の早期復旧が被災者を助け、被災地の早期回復の役目を担っている。災害における支援には支援要員、支援物資、支援体制が必要不可欠な要素である。しかし、発災後7年が経過するも、現在でも得た教訓が生かせないまま、具体的な交通信号施設復旧における対策を打ちだせていないのが現状であり、将来予測される災害に備え、この問題の解決は急務である。本研究では、東日本大震災で被害を受けた岩手県警での交通信号施設の被害状況を事例に地震強度ごとの津波高を与条件として、津波脆弱性解析を応用し、交通信号設備損壊の発生確率から津波における交通信号施設の早期復旧に必要な資材のストックの推定指標を定量化することで、今後発生が予測される広域大規模災害の早期復旧に生かすことを目的とする。

2. 東日本大震災時の信号機器の復旧課題

指摘されている交通信号設備の復旧速度や体制の脆弱性の主たる要因を解明するために、全県警、信号業者、資材メーカーを対象として自治体ごとの工事仕様書の開示依頼を行ったところ、自治体ごとに工事

仕様が異なっており、使用材料も異なっていることがわかった。また、その資機材も急な調達困難で、指定地域以外の業者では購入できないなど地域独占による既得権の影響から相互支援などの柔軟性が乏しくなっている。さらに、復旧・仮復旧を行うために必要な資機材のストックもなく、急な資機材の調達に困難を伴っていたことが復旧速度に影響を及ぼす要因の一つであることが判明した。

3. 津波による交通信号施設の損壊率分析の方法

本研究では、交通信号機の資機材のストック量の推定を行うために、表1に示すような方法で研究を行う。まず、岩手県警から東日本大震災で被災した信号機の宮古署(49地点)、釜石署(50地点)、大船渡署(50地点)合計149地点(全壊91地点 半壊58地点)の信号交差点の所在地データを入手する。これらの交通信号機について、現地踏査により撮影されていた被災写真データと岩手県警へのヒアリングから被災状況の分類を行う。分類は、各交差点の被害をa:全壊, 半壊した施設を5分類(b:制御機, c:灯器, d:柱, e:情報収集装置, f:二次災害抑止)とする。次に、この被災状況の写真から津波の痕跡の位置等をもとに実浸水高を測定し、交差点の標高と津波高さの関係から各交差点の地理的特性と交通信号施設被害の関係を分析する。最後にこれまでの分析データを用いて、市街地における津波高さによる交通信号施設の被害影響度から被害発生確率を算出することでストック量を導き、これを推定指標とする。

$$D = H \times \prod_{k=a}^f \{F(k) \times A(k) \times U(k)\} \quad (1)$$

D :破壊頻度 H :津波高さ頻度

$F(k)$:津波高さ I での機器 $a \sim f$ の損壊率

$A(k)$:機器 $a \sim f$ が損傷した時の信号システムの機能不全率

$U(k)$:基数

キーワード 交通信号施設 災害普及 災害時応援協定

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1

TEL. 047-469-5242 E-mail : csku17003@g.nihon-u.ac.jp

4. 交通信号施設の損壊率の算出

損壊状況は主に現場踏査によって得られたものであるが、津波による水深は徐々に高くなることから、最終津波高での損壊率を算出するのではなく、交差点標高に完全に施設が水没する高さ（制御機2m毎、歩行者灯器4m毎、車両灯器6m毎、柱7m毎、）を加え、90%タイル値を $F(k)$ とした。また、信号柱、車両灯器は、ある特定の機能をもつシステムの機能喪失に至るフラジティーが発生するため、設置位置ごとに機能不全率 $A(k)$ として 100%と 50%と定義し、これを仮復旧に必要な最低数量と仮定し定義する。 $U(k)$ は、b)、c)、d)、g) を 100 とし、e) 各 200 本、f) 50 施設で算出した。図-1 は、信号柱の標高 1m 単位の累積被害率と施設高毎 7m の被害率を示したものである。1m 単位では重畳した損壊過程を検証するすべはなく、局所的な津波被害を断片的に捉えたものにならざるを得ないため、当該施設ごとに水没高を設定し、その損壊率を基準とすることが妥当であると判断した。各施設の損壊率は 90%タイル値とし、設備損壊率の基準とした。

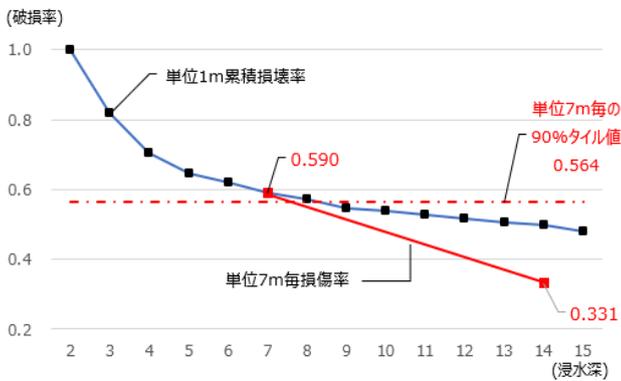


図-1 信号柱の(単位7m) 損壊率

5. 資機材ストック数想定指標

資機材のストック量の推定指標を導くためには、実際に起こり得る津波による災害を想定して推定指標を得る必要があるため、表-1 に示す土木学会原子力土木委員会津波評価部会の確率論的津波ハザード解析 (PSA) の方法による地震発生による津波高さの発生確率を与条件とし算出する。図-2 は、本復旧に必要な想定指標数と、 $A(k)$ を用いた、ある特定の機能をもつシステムの機能喪失に至るフラジティーを想定した仮復旧に必要な推定指標を示す。

表-1 確率的津波ハザード解析

M	計算値 (m)	5mを超える確率	1回の地震で5mを超える確率
M8.3	2.369	0.000	$\times 0.2$
M8.4	3.311	0.022	$\times 0.2$
M8.5	4.314	0.249	$\times 0.2$
M8.6	5.810	0.755	$\times 0.2$

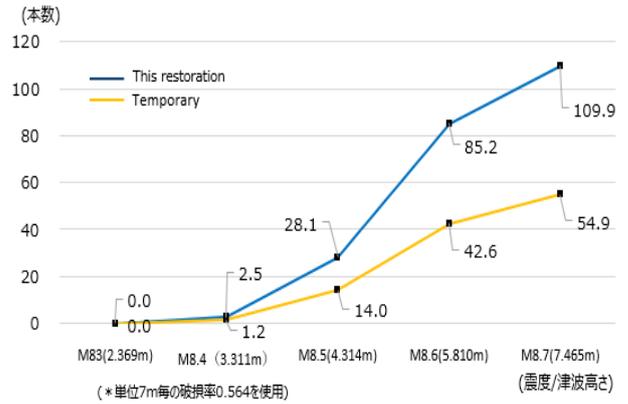


図-2 本復旧の必要数とストック数量

6. まとめ

本報告では、津波フラジティー解析を応用し、岩手県の信号施設の被災状況から津波高と施設の標高、施設損壊データから被害関数を構築することで、交通信号施設ごとの資機材ストック量の推定指標を得ることができた。ただし、施設損壊率は、現地踏査をもとに局所的な被害の側面を断片的に捉えたものとならざるを得ない。解析において、地点津波高の推定精度や、被害状況の精度を上げたとしても、設備に対する破壊の幅（瓦礫の量や道路形状による流入量や地点ごとの水位）が曖昧になることでモデルの構築が困難となる。よって、工学的な対策としては、解析の精度向上ではなく、現地踏査等によって確認された内容から導き出されたものを巨視的な指標として捉え、今後は、様々な津波被害事例から、それぞれの比較検討を通じて被害推定指標の蓄積を待つ必要がある。

参考文献

- 1) 大西邦広・小早川悟・高田邦道：東日本大震災にみる交通信号施設復旧方法の問題点、第73回年次学術講演会講演集、IV-060、2018。
- 2) 岩手県警察本部規制課：東日本大震災の信号被害状況（交差点名・所在地・路線図）