

地震動強度の空間相関特性と橋梁および道路の損傷を考慮した
道路ネットワークの接続性評価

日本大学大学院工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○名古屋 真路
日本大学工学部土木工学科 正会員 石橋 寛樹

1. はじめに

地震による道路構造物の被害分布および道路ネットワークの接続性（すなわち、任意の地点間を移動できる確率）を事前に評価することは、地震後の早期復旧の一助となる．本研究では、空間相関特性を考慮した地震動強度の空間分布予測から、道路構造物として考慮する橋梁および道路の破壊確率、さらには、解析対象道路ネットワーク内の任意の地点間における接続性までを一貫して評価可能な手法を提案するとともに、道路ネットワークの接続性評価を行う上で、地震動強度の空間相関特性を適切に考慮することの重要性を検証する．

2. 道路ネットワークの接続性評価手法

地震動強度の空間相関特性と橋梁および道路の損傷を考慮した道路ネットワークの接続性評価手法を図-1に示す．日本海溝沿いの地震の発生を想定し、図-2に示される東北地方沿岸部の道路ネットワークを対象に、地震後の道路ネットワークの接続性を評価する．まず、2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いて、観測点位置における工学的基盤面上の最大速度 V を算出する．各観測点間の離隔距離を求め、離隔距離に対する V の相関係数を算出し、式(1)に示される指数型の相関関数を適用することで、相関距離 b を推定する．

$$\rho = \exp\left(-\frac{h}{b}\right) \tag{1}$$

ここに、 ρ は相関係数、 h は離隔距離である． b は $\rho=1/e(=0.368)$ となる離隔距離であり、35.6 kmと推定された．
 $b=35.6$ km とする式(1)を基に、モンテカルロ法 (MCS)を適用し、片岡ら¹⁾の提案する距離減衰式の地震内誤差にばらつきを与えることで空間相関特性を考慮した V を多数生成し、山口・翠川²⁾の地盤増幅率を乗じることで、橋梁および道路位置における地動最大速度 (PGV)群を作成する．本研究では、地震動強度の空間相関特性が道路ネットワークの接続性に及ぼす影響を検証するため、完全相関 ($\rho=1$)および完全独立 ($\rho=0$)を仮定した PGV 群もそれぞれ作成し、道路ネットワークの接続性を評価する．

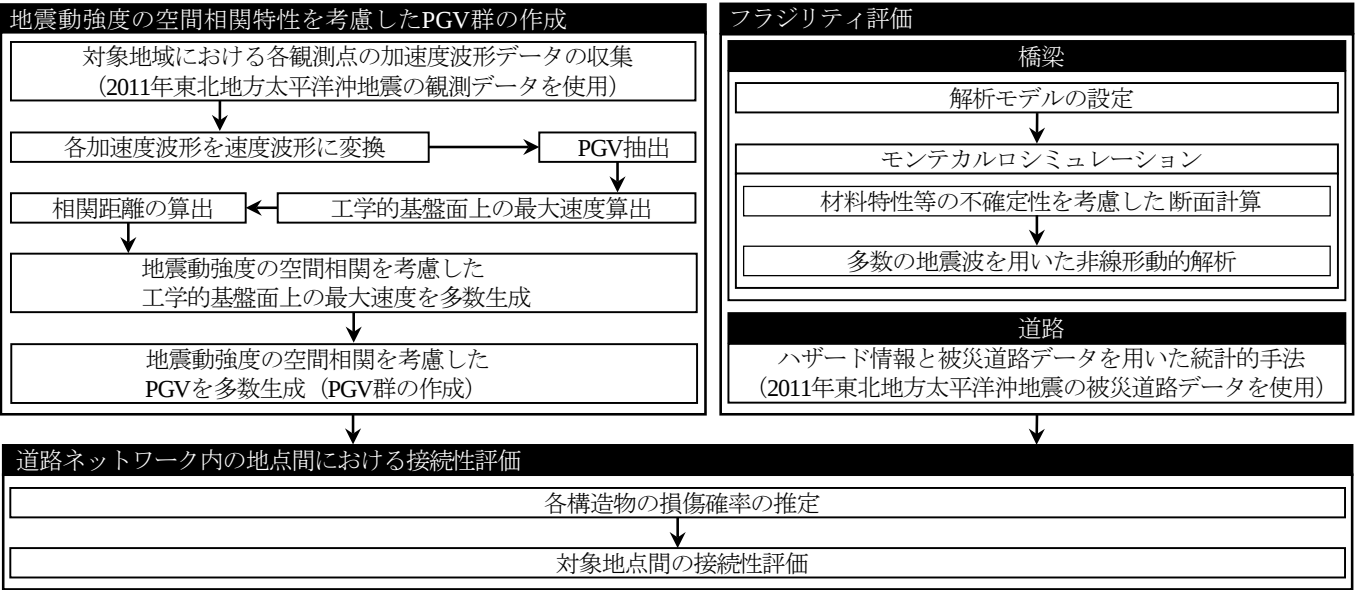


図-1 地震動強度の空間相関特性と橋梁および道路の損傷を考慮した道路ネットワークの接続性評価手法

キーワード 空間相関, 地震動強度, 脆弱性評価, 道路ネットワーク, モンテカルロシミュレーション
連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1
日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8712

耐力および外力に関する不確定性として、材料特性および橋脚基部に作用する軸力のばらつき、耐力評価に関するモデル誤差、また、同一の PGV を有する地震波に対する地震応答のばらつきを考慮した MCS に基づく数値解析的手法により橋梁の fragility 曲線を構築する。各橋梁の架設年による耐震性能の違いを考慮するため、平成 8 年、平成 2 年、昭和 55 年および昭和 39 年の耐震基準に準拠する 4 種の fragility 曲線を推定する。道路に対しては、2011 年東北地方太平洋沖地震における PGV 分布と道路の被災分布に基づく統計的 fragility 評価を行う。本研究で得られた橋梁および道路の fragility 曲線を図-3 に示す。

fragility 曲線に PGV 群を入力することで各構造物の破壊確率を順次算出する。破壊確率と閉区間[0,1]の一樣乱数と比較することで損傷が生じる構造物を判定する。経路上で構造物が 1 つ以上損傷する場合、該当する経路は通行不可能と判断する。これを 10 万回繰り返し、OD 間を接続する経路が存在する確率を算出することで、道路ネットワークの接続性を評価する。

3. 道路ネットワーク内の地点間における接続性評価結果

道路ネットワークの接続性評価結果を図-4に示す。完全相関の場合、道路構造物が局所的な空間分布で被災する傾向が大きく、OD間を結ぶ経路が1つ以上存在するケースが多くなる。一方で、完全独立の場合、構造物が空間的にランダムに被災するため、各経路の道路閉塞が広域で同時に発生する可能性が高くなる。完全相関あるいは完全独立を仮定した場合、道路ネットワークの接続性を過大あるいは過小に評価するおそれがあり、地震動強度の空間相関特性を適切に考慮することで、道路ネットワークの接続性を精緻に評価できることが示された。

4. 結論

地震動強度の空間相関特性を考慮した、橋梁および道路から構成される道路ネットワークの接続性評価手法を提案した。日本海溝沿いの地震の発生を前提に、東北地方沿岸部の道路ネットワークを対象に提案手法を適用した結果、道路ネットワークの接続性を精緻に評価するためには、地震動強度の空間相関特性を適切に考慮する必要があることが示された。

謝辞：本研究の一部はJSPS科研費21K14235の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 片岡正次郎・佐藤智美・松本俊輔・日部毅明：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式，土木学会論文集 A, Vol.62, No.4, pp.740-757, 2006.
- 2) 山口亮・翠川三郎：地盤の平均 S 波速度を用いた地盤増幅率の推定手法の改良，日本地震工学会論文集，Vol.11, No.3, pp.85-101, 2011.

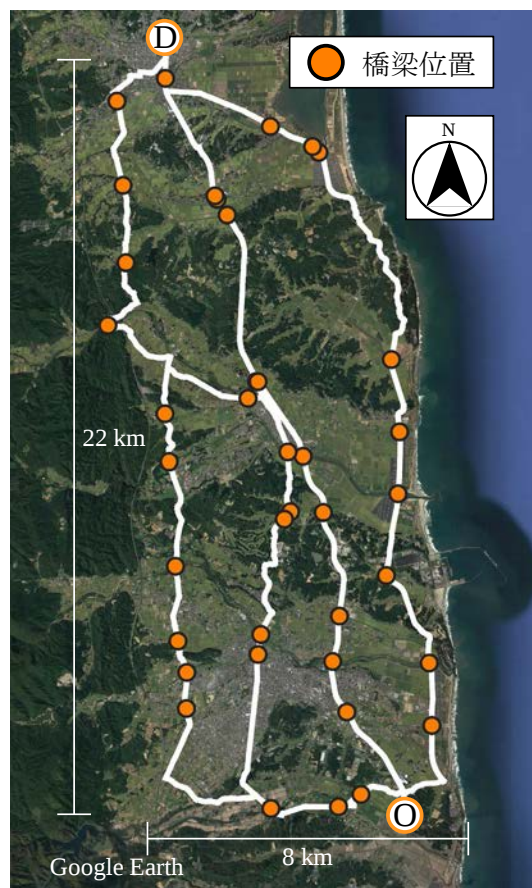


図-2 解析対象の道路ネットワーク

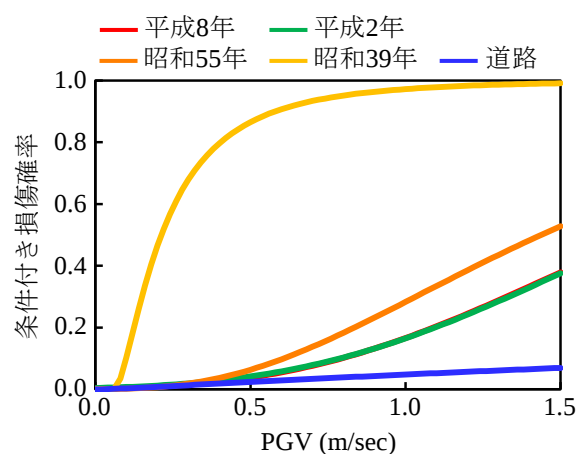


図-3 橋梁および道路の fragility 曲線

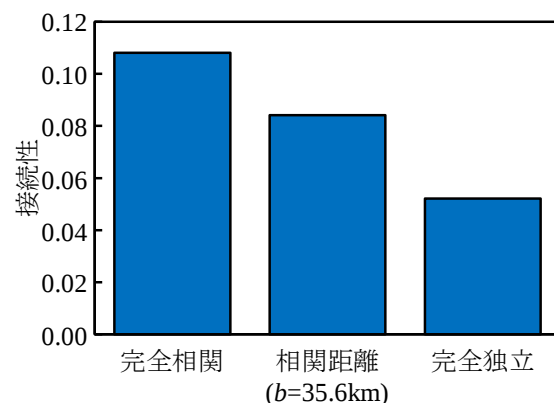


図-4 道路ネットワーク内の地点間における接続性評価結果