

回転変位を考慮した曲線橋に対する2方向地震動応答解析

埼玉大学 学生会員 ○新井 大輔 埼玉大学 正会員 党 紀

1. はじめに

現在、構造物の耐震性能を評価する際には、1方向地震動波形を複数の方向へ独立入力を用いて照査を行っている¹⁾。そのため、部構造に生じる回転変形や回転モーメントなどの地震動の2方向同時入力による相互作用については十分に考慮されていない。

これらは曲線橋において、特に影響しやすいことが過去の研究から明らかになっているが、具体的にどのような形状が特に損傷しやすいかなど、詳しい挙動については、解析されていない。一口に曲線橋と言っても、その種類は膨大であり、一概に直線橋と比べて曲線橋がどの程度損傷しやすいかということを論じることは困難である。

また、解析を行う際に使用される地震波は設計地震波が使用されることが多く、他の地震波を使用した際に同様の結論が得られるかについても確認されていない。

本研究では、曲線橋を対象にし、2方向同時入力による相互作用及び水平2方向地震動を入力した際に発生する回転変形が応答に及ぼす影響を検討する。特定の地震波による解析の結果を示すのではなく、多数の地震波を用いた解析で、確率的に判断していく。そのうえで、具体的に橋桁の形状を変化させ、どのような形状で落橋するリスクが高いのかを説明する。

2. 漸増動解析⁴⁾ (IDA)

解析手順としては、まず、熊本地震で被害を受けた扇の坂橋の諸元を用いて解析モデルを構築し、NewMark($\beta=1/6$)によって動的応答解析を行う。この時使用する復元力モデルとしては、下部構造で武田トリリニアモデルを、ゴム支承部分では、ゴム支承破断前は修正 Park-Wen モデル²⁾を、破断後は橋台とゴム支承の摩擦力を復元力とする摩擦バネを用いる。

本研究では、構造物の形状による応答の変化について解析するため、特定の形状のみの解析ではなく、

モデルを様々に変化させた複数の解析モデルを作成する。「扇の坂橋」を基本形とし、橋桁の長さや幅は一定に保ち、橋桁を扇型の弧と見立てた場合、その扇形の斜角 θ を $0 \sim \pi$ まで大きさを少しずつ変化させていく (0.1rad刻み)。

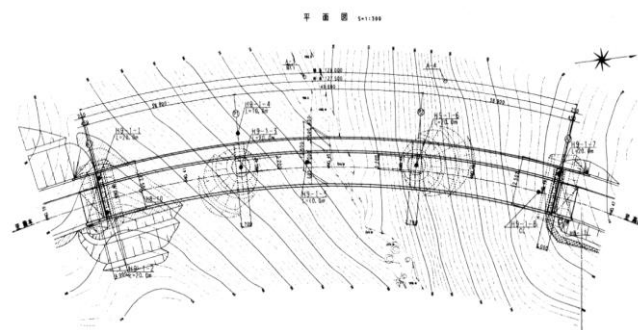


図-1 扇の坂全体図³⁾

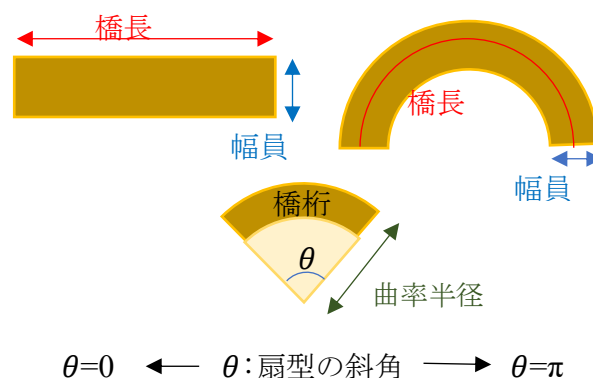


図-2 斜角の増加

その後、全てのモデルに対し、100本ずつの地震波を使用し、漸増動解析(IDA)を行い、落橋が起きるまでの非線形地震動解析を繰り返して行う。IDAでは、地震動解析を行い、入力地震動の振幅を比例的に徐々に増加させ、繰り返し非線形応答解析を行う。得られた応答解析から、構造物への入力した地震動の強度と非線形応答や損傷の関係を評価する。

4. 斜角による落橋リスクの変化

解析で得られた IDA 曲線と fragility curves を図3~4に示す。図-3は、解析に用いた PGV (地震動の最大速度) ごとに 100本の地震波による最大支承

キーワード 2方向地震動解析, 曲線橋, 回転変形, 漸増動解析(IDA)

連絡先 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 TEL : 048-858-3430 E-mail : d.arai.755@ms.saitama-u.ac.jp

ひずみの中央値を示したものである。図-3 からは、同じ PGV でも、斜角の大きいほど、支承部に発生するせん断ひずみが大きいことが見られる。また、斜角の大きいモデルは低い PGV で落橋し、解析が終了している。

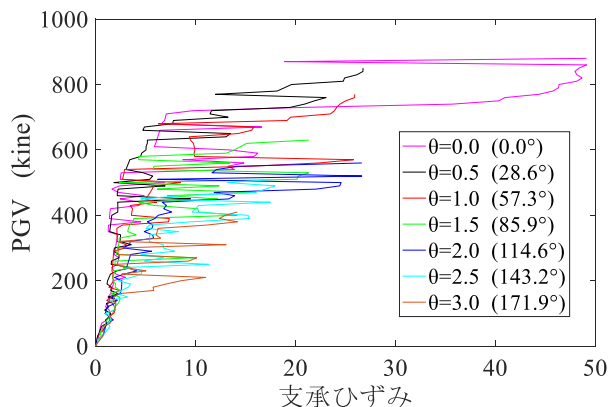


図-3 平均 IDA 曲線

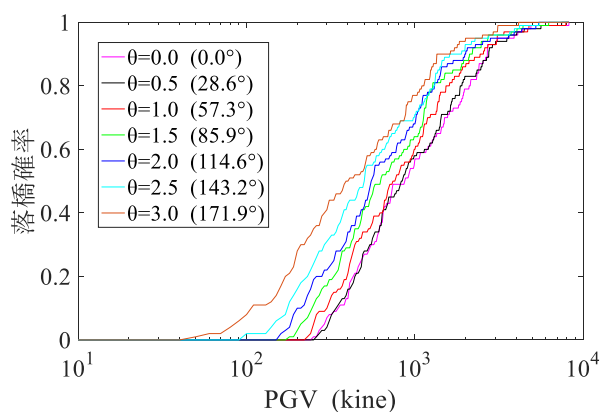


図-4 フラジリティカーブ

各 PGV で落橋が発生する超過確率を、斜角ごとにまとめたフラジリティカーブを図-4 に示した。

この図に示すように、斜角の大きいモデルの落橋確率は斜角の小さいモデルを上回っており、落橋が起こる PGV の期待値は斜角の大きいモデルほど小さいことが分かる。ただし、PGV の上昇に対する落橋確率の変化の仕方は、斜角による差異がなく、一部のモデルのみが急激に落橋確率を上昇させることなどはなかった。

最後に、その結果をもとに、架橋地点における地震動の発生する確率とその地震で落橋確率を用いて、供用期間における橋梁の地震による落橋リスクを算出することができる。図-5 はこの際 50 年における斜

角ごとの落橋確率を表したものである。これを見ると、斜角が 140°を超えたあたりから急激に落橋確率が上昇する。これは、落橋が発生した地震波の中で最も低い PGV が、斜角が大きい形状ほど小さく、その値が先 50 年間で発生する確率が現実的な値かどうかの差であると考えられる。

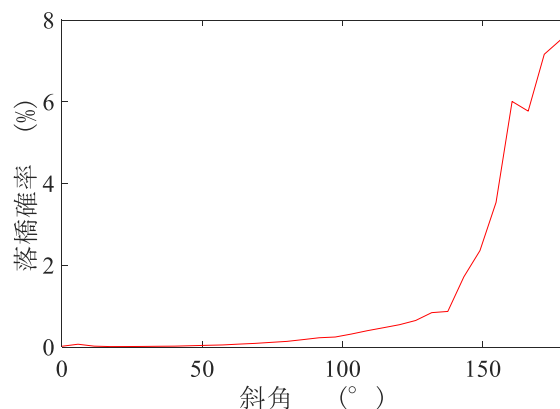


図-5 斜角による落橋確率の変化

5. まとめ

本研究では、斜角の異なる複数の曲線橋を対象に、回転変形を考慮した 2 方向同時入力による漸増動解析を用いて、落橋に至るまでの応答を解析した。そこで得られた結論は、以下のとおりである。

- 1) 落橋時の PGV を形状ごとに比べると、曲率半径の小さい曲線橋の方が、支承部における応答の値が大きくなる傾向があることが分かった。
- 2) ゴム支承破壊時の PGV と地震波の発生確率を掛け合わせた結果、直線橋に比べて曲線橋の落橋リスクが大きく、また曲率半径が大きくなるにつれて、落橋リスクが増加する傾向が見られた。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編（2012）
- 2) 党紀：免振ゴム支承の水平 2 方向復元力特性に関する 載荷実験及び復元力モデルの比較考察土木学会論文 集 A1 Vol.69(2013)No.4 P.1_311-1_325
- 3) 扇野の坂竣工施工図
- 4) Dimitrios Vamvatsikos, C. Allin Cornell : Incremental Dynamic Analysis EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS, 2002,