

座屈固有値解析によるプッシュオーバー解析の大局的再現

長大 正会員 ○鈴木 俊洋 深谷 茂広 舘 浩司
阪神高速道路 正会員 杉山 裕樹 篠原 聖二 河野 晴彦 篠田 隆作 藤原 眞幸

1. はじめに

危機耐性の観点から、近年では設計で設定した以上の作用に対しても橋全体が靱性的な破壊形態となるよう耐力階層化を図ることが求められている。この危機耐性を指向した耐震設計の実装に向けては、損傷に対するメカニズムの把握と望ましい耐力階層化の方向性を設定した上で、入力地震動等のストレステストによる実構造モデルの性能評価を行う必要がある。¹⁾

筆者らは、損傷に対するメカニズムの把握と望ましい耐力階層化の設定を構造計画段階で実施できるよう、簡易的に損傷を導入したモデルによる座屈固有値解析手法を提案している。²⁾ さらに、そこで得られた望ましい耐力階層化が実現されているかについては、プッシュオーバー解析³⁾及び漸増動的解析⁴⁾により検証することで、危機耐性への性能が実装され则认为。

ただし、この図-1に示す耐震設計実装フローを適切に運用するにあたり、簡易的に損傷を考慮した座屈固有値解析による手法による評価と、具体的実構造モデルに対する入力地震動による損傷評価との関係を明らかにする必要がある。そこで本稿では、プッシュオーバー解析で得られた構造物の損傷を座屈固有値解析によって評価できるか確認する。

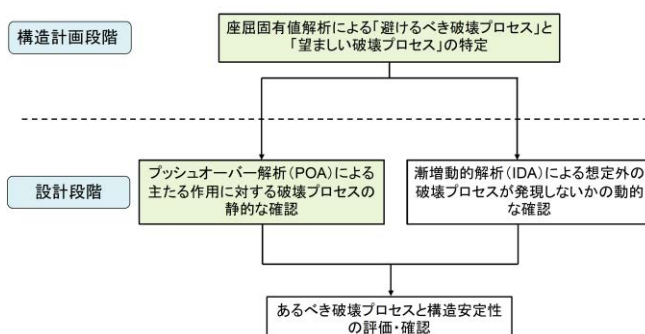


図-1 危機耐性に対する耐震設計実装フロー

2. 簡易な損傷による座屈固有値解析でのプッシュオーバー解析の大局的再現

2-1. 概要

検討対象は文献3)に示す1主塔斜張橋とし、プッシュオーバー解析は道路橋示方書のレベル2地震動を超える作用をもたらし得るシナリオ地震動に対して4ケース行った。このプッシュオーバー解析で損傷が大きく生じた箇所に対して部材の損傷をヒンジ化し、座屈固有値解析を行う。ここで座屈固有値解析としては、柱の耐力力曲線に基づく有効接線弾性係数法(Ef)法により求め、死荷重時の完成系モデルに対して行う。なお、本解析で得られる座屈固有値 λ は死荷重に対して λ 倍で構造不安定に至るという意味である。

2-2. 再現結果

図-2に各プッシュオーバー解析検討ケースでの、構造不安定化時のプッシュオーバー解析での変形・損傷図と座屈固有値解析結果を示す。また座屈固有値解析では、プッシュオーバー解析の途中経路での損傷に対する結果も合わせて示す。なお、プッシュオーバー解析の損傷経路については文献3)で詳述する。

図-2(a)は、橋軸方向加振時の主塔一般部損傷モードに対する結果であり、プッシュオーバー解析で不安定化する時は橋脚基部と主塔上部に大きな損傷が発生している。この位置にヒンジを導入した座屈固有値解析では、無損傷時の座屈固有値 $\lambda=2.57$ から大きく低減し、 $\lambda=0.97$ となり構造不安定化する。さらに不安定化時の変形モードも概ね再現できている。この再現性は、図-2(b)から図-2(d)の損傷モードでも同様であり、プッシュオーバー解析の不安定時に大きく損傷、および、損傷が急速に進展した位置をヒンジ化して座屈固有値解析を行うことで、座屈固有値は大きく低下し、構造不安定と評価できる $\lambda=1.0$ 近傍の結果が得られる。

また、座屈固有値解析では途中経路での各損傷状態に対する死荷重に対する構造不安定化倍率を得ること

キーワード 座屈固有値解析, プッシュオーバー解析, 危機耐性, 耐力階層化, 斜張橋

連絡先 〒550-0013 大阪府大阪市西区新町 2-20-6 株式会社長大 大阪支社 TEL 06-6541-5796

が出来るため、どの部位が構造不安定化の主因子であったのか判断が容易となる。例えば、図-2(c)では橋脚基部の損傷では $\lambda=2.45$ が保持されるが、主塔基部の損傷が加わると $\lambda=1.03$ に低下するため、主塔基部の損傷が構造不安定化に大きく影響を及ぼす因子と判断できる。

以上の結果から、損傷を簡易的に導入することにより全体の損傷経路に対する構造不安定化を再現することができ、図-1 に示す、危機耐性に対する耐震設計実装フローの妥当性が確認された。

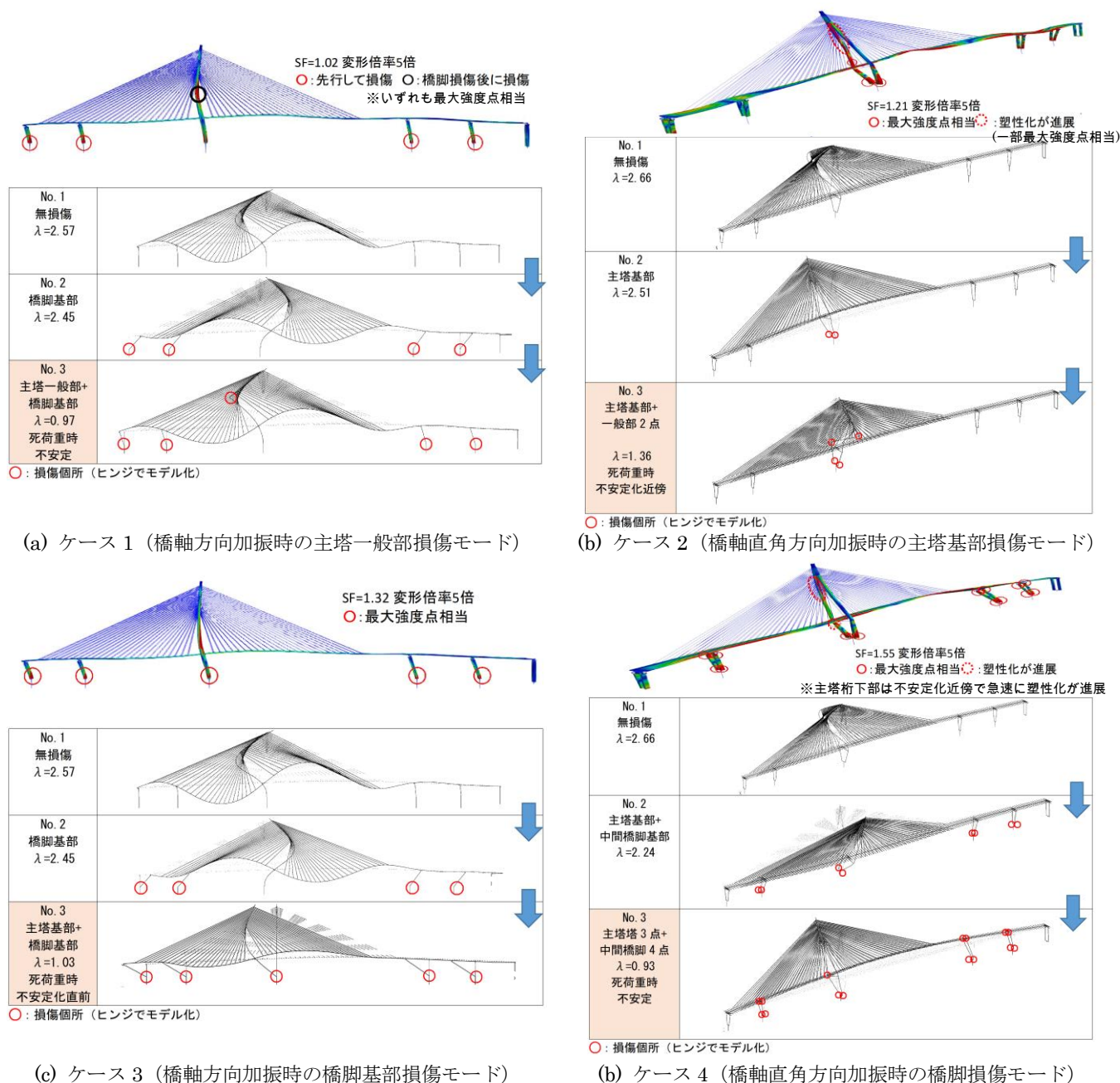


図-2 座屈固有値解析によるプッシュオーバー解析の大局的再現

3. おわりに

1 主塔斜張橋のシナリオ地震動に対するプッシュオーバー解析で得られる損傷を簡易に組み込んだ座屈固有値解析を行った。その結果、橋全体の損傷が構造安定性に与える影響を概ね再現できた。

参考文献

- 1) 本田利器：危機耐性を指向した耐震設計の実装に向けた考察，土木学会論文集A1, Vol.74, 2018
- 2) 篠田ほか：座屈固有値解析による構造安定性の定量評価，第25回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集, pp.31-36, 2022
- 3) 藤原ほか：プッシュオーバー解析を用いた1主塔長大斜張橋の破壊プロセスの検証，第78回年次学術講演会, 2023.9
- 4) 篠田ほか：漸増動的解析を用いた1本主塔の長大斜張橋の破壊プロセスの検証，第78回年次学術講演会, 2023.9