

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

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

1. 緒言

近年の道路構造物は、耐災害性や危機耐性の観点から要求性能や設計基準を基に設定したレベル 2 地震動（道路橋示方書に規定される最大級の地震動）などの設計地震動を超える外力が作用した場合においても、望ましい破壊プロセスを経て脆性的に破壊しない構造とすることが求められる。橋梁全体系を望ましい破壊プロセスに誘導するためには、損傷を許容する部位と制御する部位を特定したうえで、耐力階層化を実現する必要がある。

文献 2)では、図-1 および表-1 に示す 1 主塔鋼斜張橋を対象とした座屈固有値解析を行うことで、橋梁全体系が不安定化する損傷箇所を特定し、図-2 に示すように部材の耐力階層化を踏まえた望ましい破壊プロセスに誘導するための耐震戦略を検討している。しかしながら、検討した耐震戦略に対して、当該斜張橋が実際に望ましい破壊プロセスに誘導される構造であるかの検証には至っておらず、検討の余地がある。

本稿では、1 主塔斜張橋を対象にレベル 2 地震動を超

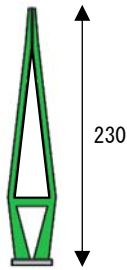
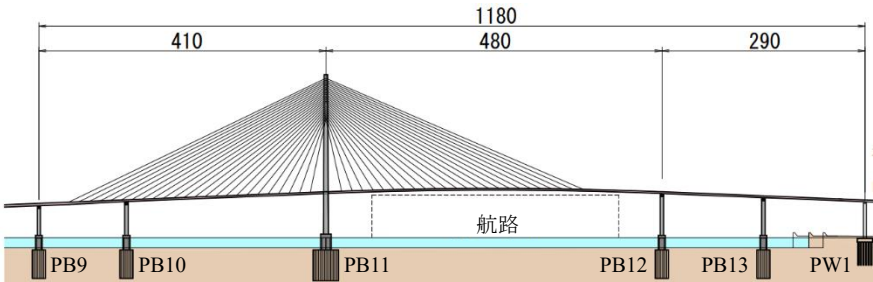
える外力をもたらし得る地震動（以下、シナリオ地震動 2）が作用した場合にも望ましい破壊プロセスに誘導される構造であることを検証するため、プッシュオーバー解析による構造安定性の評価を行った。

2. プッシュオーバー解析

プッシュオーバー解析は、動的解析においてシナリオ地震動 2 を入力した際に得られた損傷モードに着目し、橋梁全体系を対象とした計算を実施する。動的解析の結果については、主塔一般部、主塔基部、鋼製橋脚（2 柱ラーメン）に分けて着目し、各部位において最大ひずみが出力された時刻での橋梁全体系の慣性力を抽出する。これをプッシュオーバー解析に外挿することで部材の状態から耐力の階層を確認し、耐震戦略で検討した望ましい破壊プロセスに対する実現性を検証する。

表-1 支承条件

	端橋脚 PB9	中間橋脚 PB10	主塔 PB11	中間橋脚 PB12	中間橋脚 PB13	端橋脚 PW1
橋軸方向	免震	免震	免震	免震	免震	可動
橋直方向	固定	免震	免震	免震	免震	固定



(a) 側面図

(b) 主塔一般図（橋軸直角方向）

図-1 対象橋梁（単位：m）

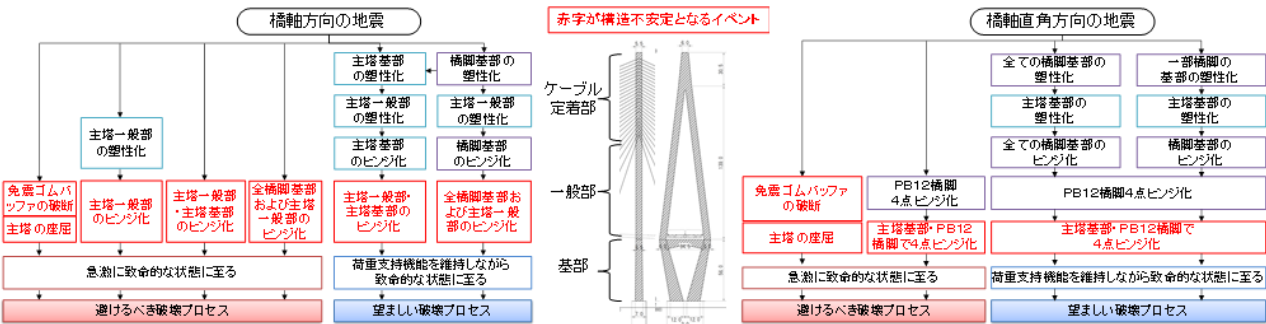
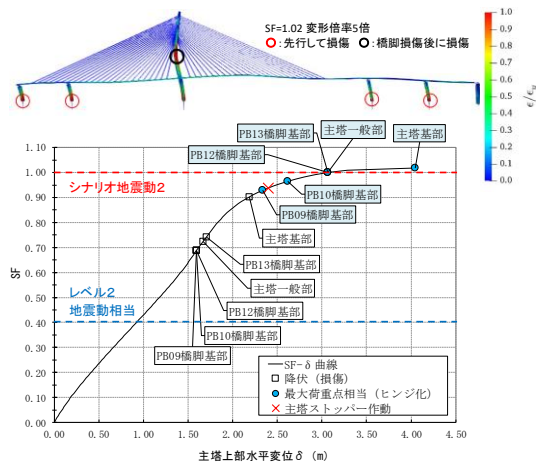


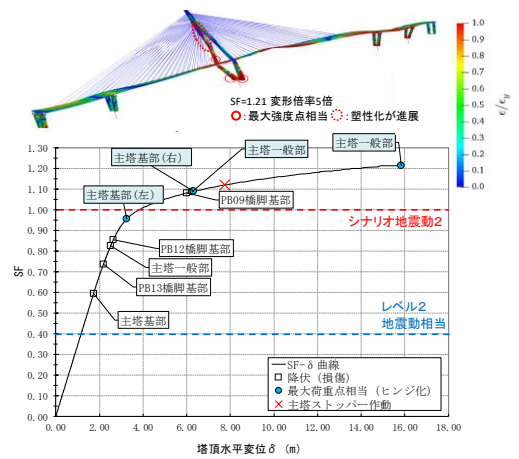
図-2 座屈固有値解析より検討した望ましい破壊プロセス

キーワード 長大斜張橋、破壊プロセス、耐力階層化、プッシュオーバー解析

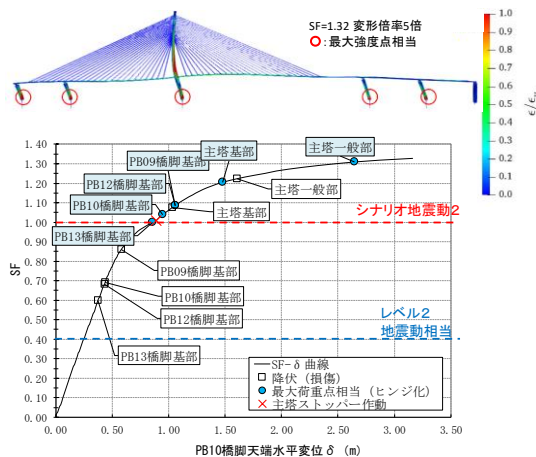
連絡先 〒650-0023 神戸市中央区栄町通 1-2-10 阪神高速道路(株) 神戸建設部 湾岸西伸第二建設事業所 TEL078-335-6747



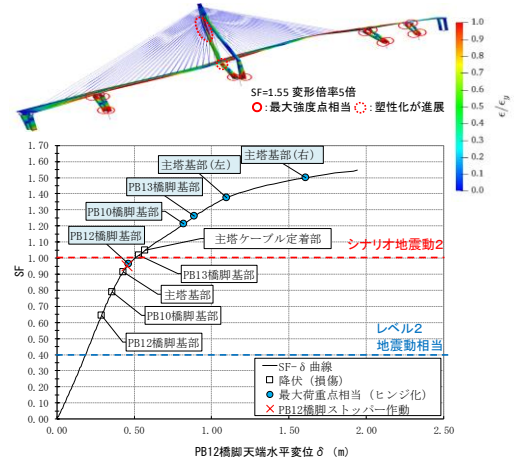
(a) ケース 1 (橋軸方向加振時の主塔一般部損傷モード)



(b) ケース 2 (橋軸直角方向加振時の主塔基部損傷モード)



(c) ケース 3 (橋軸方向加振時の橋脚基部損傷モード)



(b) ケース 4 (橋軸直角方向加振時の橋脚損傷モード)

圖-3 加振倍率-塔頂上部（橋脚天端）水平變位

3. 解析結果と考察

解析ケースを表-2 に示す．ケース 1 は主塔一般部のヒンジ化により構造不安定化が想定され，図-2 における避けるべき破壊プロセスに該当する．一方，ケース 2, 3, 4 は図-2 における望ましい破壊プロセスに該当する．

解析結果として、ケース 1, 2, 3, 4 の加振倍率 SF と塔頂水平変位 δ の関係を図-3 に示す。

図-3(a)より、ケース1では、不安定化に至るまでの主桁やケーブルの損傷はなく、橋脚基部の損傷が主塔一般部の損傷よりも先行していることがわかる。これより、主塔一般部の損傷が抑制され、望ましい破壊プロセスに誘導されていることが確認できた。

図-3(b)より、ケース2では、主塔基部の損傷が主塔一般部の損傷よりも先行していることがわかる。これより、主塔一般部の損傷が抑制され、望ましい破壊プロセスに誘導されていることが確認できた。

図-3(c)より，ケース3では，橋脚基部の損傷が主塔基部の損傷よりも先行していることがわかる．これより，主塔基部の損傷が抑制され，望ましい破壊プロセス

表-2 解析ケース

ケース	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
要素	主塔・橋脚：ファイバー要素			
載荷方法	慣性力漸増			
加振方向	橋軸方向	橋直方向	橋軸方向	橋直方向
動的解析 着目時刻	主塔一般部 最大ひずみ	主塔基部 最大ひずみ	橋脚基部 最大ひずみ	橋脚基部 最大ひずみ

に誘導されていることが確認できた.

図-3(d)より、ケース4では、橋脚基部の損傷から全体の損傷に誘導されていることがわかる。これより、当該斜張橋は中間橋脚の2柱基部および上端の計4箇所が損傷するまで構造安定性を有しており、望ましい破壊プロセスに誘導されていることが確認できた。

4. 結言

プッシュオーバー解析の結果より、当該斜張橋はレベル 2 地震動を超えるシナリオ地震動 2 が作用した場合にも、適切に耐力階層化が図られることから、望ましい破壊プロセスに誘導されていることが検証された。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・解説 V 耐震設計編，2017
- 2) 篠田隆作ら：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