大規模鋼橋の漸増動的解析(IDA)における入力波形による評価のばらつき

1. はじめに

大レベルまでのリスク水準を含む様々な地震動入力 に対する構造物の耐震性を評価する手法として,地震 波の強度を漸増させて非線形時刻歴応答解析を行う漸 増動的解析(Incremental Dynamic Analysis, IDA) がある.大規模鋼橋の場合,IDAは特に損傷順序を考慮 した耐震性の評価や,弱点部分や弱点部材の抽出に有 用な方法であると考えられる¹⁾.しかしながら,IDAは 結果が解析での地震入力波形の選択に依存することか ら,評価にばらつきが生じることが考えられる.本検 討では,鋼橋を対象に複数の地震波を用いたIDAを行い, 耐震性能評価結果のばらつきを検討する.

2. 漸増動的解析(IDA)に基づく耐震性能評価

大規模鋼橋において地震時に損傷が懸念される各部 位に関する IDA 曲線を作成し,限界状態を超過する振 幅倍率による損傷順序の評価を行う.本研究での IDA に基づく耐震性能評価法の概念を図-1 に示す.手順の 概要は以下の通りである.

- (1) 対象構造物に応じて基準地震波を選択する.
- (2) 選択した基準地震波に振幅倍率(SF,例えば0.25~
 2.0などの値)を乗じ、大小様々の強度の入力波を 作成する.
- (3) SFの小さい入力波から大きい入力波まで順次非線 形時刻歴動的応答解析を行い,各々のSFの値に対応 する最大応答値を求める.

阪神高速道路(株)正会員 ○谷口 惺京都大学防災研究所正会員 五十嵐 晃ショーボンド建設(株)正会員 木田 秀人

の値としたグラフを描き,各対象部位のIDA曲線を 得る.

- (5) 各々の部位に対する限界状態と損傷の程度を定義し、各々の限界状態を超過する SF を求める.
- (6) 結果を損傷順序ダイアグラムにまとめ,損傷順序と 安全余裕度の評価を行う.

3. 入力波による評価のばらつき

(1)対象橋梁

本研究で対象とした5径間連続鋼Vレッグラーメン橋 (A橋)を図-2に示す.主桁は材料特性または断面形状の 異なる43断面で構成されている.隣接桁と橋桁の衝突 は,遊間を考慮した衝突ばね要素でモデル化を行う. 構成則を図-3に示す.

(2)入力波

基準地震波として道路橋示方書レベル 2 タイプⅡ地 震動のⅢ種地盤用波形²⁾(以下,標準波),架橋地点に おける断層帯を考慮して作成した想定サイト波をそれ ぞれ 3 波ずつ選択する.想定サイト波の加速度応答ス ペクトルを図-4 に示す.想定サイト波は,A 橋の1次 の固有周期での加速度応答値が設計スペクトルと一致 するよう振幅を調整する.SF は 0.20, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75 の7 種類を用いる.

(3)入力波による評価のばらつき

標準波と想定サイト波のそれぞれに関して,各入力 波による応答値と3波平均値の比を用いて,入力波に よる評価のばらつきを確認する.



(4) 横軸を着目する最大応答値を表す指標,縦軸をSF

キーワード 漸増動的解析,大規模鋼橋,耐震性能評価,損傷順序,入力波,評価のばらつき 連絡先 〒611-0011 宇治市五ケ庄 京都大学防災研究所 TEL0774-38-4135



図・5 に主桁圧縮ひずみの IDA 曲線,図・6 に全断面で の 3 波平均値との比を示す.標準波は断面 43,想定サ イト波は断面 1,3,4,19,25 を除き,3 波平均値との比 が 0.5~1.5 の範囲の値となる.標準波,想定サイト波 とも塑性化する範囲で IDA 曲線のばらつきが大きくな り,またばらつきは想定サイト波のほうが大きい結果 となった.想定サイト波は A 橋の固有周期以上の長周 期範囲での加速度応答値が標準波と比較して大きく, 塑性化による長周期化により応答が増大したと考えら れる.塑性域に達するような構造物を対象とする場合、 用いる基準地震は長周期範囲(固有周期以上)での応 答スペクトルの大きさが,応答評価への影響要因の一 つと推察される.

図-7 に桁端部(断面 1,43)における隣接桁との衝突 力と圧縮ひずみの関係を示す.衝突力と圧縮ひずみの 相関性は高く,桁端部では隣接桁との衝突の発生によ り評価がばらつくと考えられる.桁端部以外で比が大 きくなる断面(断面 3, 4, 19, 25)では無視できない塑 性ひずみが生じており,塑性化に至る部位については ばらつきが大きい事が観察される.

各部位での IDA 曲線を求め,図-8 に損傷順序ダイア グラムを示す.縦軸は各部位の限界状態,横軸は限界 状態を超過する SF を表す.標準波,想定サイト波とも, 入力波により IDA 曲線はばらつくが,限界状態を超過 する振幅倍率のばらつきは SF で1段階以内となる.入 力波による限界状態を超過する振幅倍率のばらつきは 小さく,損傷順序に与える影響は小さいと考えられる. ただし,サイト波は RC 橋脚の卓越周期の 0.5 秒付近で の加速度応答値がそれぞれ異なるため,RC 橋脚に関す る評価はばらつく.また,想定サイト波では,特定の 入力波でのみ応答が大きくなることが懸念される.

4.結論

漸増動的解析に基づく耐震性能評価における入力波 による評価のばらつきを確認した.鋼部材では,隣接 桁との衝突および部材の塑性化が原因で評価のばらつ きが大きくなる.また基準地震波の,構造物の固有周 期以上の範囲での加速度応答スペクトルの大小が評価 への影響要因である.ここで検討したケースでは基準 地震波の選択が損傷順序に与える影響は小さいが,さ らに波形の範囲を拡大して検討する事も考えられる.

参考文献 1)谷口惺・五十嵐晃・木田 秀人:漸増動 的解析 (IDA) に基づく長大橋の耐震性能照査,土木学 会論文集 A1, Vol.70, No.4, 2014 (印刷中).

