

せん断破壊を考慮した道路橋 RC 橋脚の被害関数に関する検討

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 真田 晃宏
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 日下部毅明

1. はじめに

地震発生後の被災地域の状況を推定するため、被害想定を作成が国、地方自治体等で進められている。また、地震発生後の対応的確化等を目的として、地震発生直後に被害推定を行うシステムの開発もみられる。これらを進めるにあたり、想定地震動や実地震動によって構造物に生じる被害程度及びその発生確率の関係（被害関数）を精度よく求めることが重要である。筆者らはこれまでに、道路橋の RC 橋脚について曲げ損傷を対象に被害関数を提案した¹⁾。しかし、RC 橋脚の破壊形態については、曲げ破壊だけではなくせん断破壊や曲げせん断破壊も存在することが知られている。そこで、本研究では曲げ損傷を対象にした被害関数をベースにしながらせん断損傷を考慮した被害関数を、動的解析を用いて検討した。

2. 検討方法

曲げ損傷を対象としたこれまでの被害関数に、新たに、橋脚の破壊形態の判定及びせん断破壊に関する判定を新たに追加し、以下に示す手法に従って検討を行った。

(1) 検討対象橋脚の選定

検討対象橋脚は、道路橋の耐震設計に関する基準（道路橋示方書）の変遷を考慮し 5 分類（昭和 55 年より前、昭和 55 年、平成 2 年、平成 7 年復旧仕様及び平成 8 年）とし、さらに、RC 橋脚の固有周期の違いを考慮して 4 分類（0.3 秒～0.4 秒以降 0.1 秒ピッチで 0.6 秒～0.7 秒まで）とした、合計 20 分類の中から選定した。これら 20 分類のそれぞれにおいて、適用示方書が昭和 55 年以降のものについては試設計データをもとに、また、昭和 55 年より前の示方書を適用したものについては実橋脚データをもとに、降伏水平震度及び終局塑性率がともに平均的な値を示す橋脚を 1 基ずつ合計 20 基選定した。

(2) 動的解析モデル

動的解析に当たっては、RC 橋脚を 1 自由度非線形せん断バネ振動系に置き換えた。非線形履歴復元力モデルにはひび割れの影響を無視した武田モデルを用い、減衰定数は 5% を基本とした。

(3) 入力地震動

動的解析に用いた入力地震動は、1963 年から 1970 年の間に国内の地盤上で観測された 197 組 394 成分の水平成分強震記録に、近年の地震で観測された最大加速度 300gal 以上の強震記録を追加し、地震のタイプ（プレート境界型、内陸直下型）及び地盤種別（3 種別）に応じて合計 6 分類とした。そして、加速度応答スペクトル特性の違いを考慮し、6 分類の中から合計で 11 波形を選定した。その 11 波形の SI 値が 50、90、120、150 及び 180cm/sec となるように振幅調整した加速度波形を入力地震動とした。

(4) 破壊形態及び被害程度判定方法

破壊形態及び被害程度は、表-1 に示す手法により判定した。本検討で新たに考慮したせん断破壊については、コンクリートが負担するせん断応力は荷重の正負交番繰り返し効果により低下することが模型実験等で明らかにされている。このため、道路橋示方書²⁾では、正負交番繰り返しの影響を考慮するための補正

表-1 RC橋脚破壊形態及び被害程度の判定手法

1. $P(t) < P_y$ のケース	
$P(t) > S(Cc=1.0)$ の場合：せん断破壊	被害程度 A
$P(t) < S(Cc=1.0)$ の場合	被害程度 D
2. $P(t) > P_y$ のケース	
(1) $P(t) < P_u$ の場合	
1) 入力波がプレート境界型地震動の場合	
$P(t) > S(Cc=0.6)$ の場合：曲げせん断破壊	被害程度 A
$P(t) < S(Cc=0.6)$ の場合：曲げ損傷	被害程度 B 又は C
2) 入力波が内陸直下型地震動の場合	
$P(t) > S(Cc=0.8)$ の場合：曲げせん断破壊	被害程度 A
$P(t) < S(Cc=0.8)$ の場合：曲げ損傷	被害程度 B 又は C
(2) $P(t) > P_u$ の場合：曲げ破壊	
ここで $P(t)$ ：発生水平力、 P_y ：降伏曲げ耐力、 P_u ：終局曲げ耐力 S ：せん断耐力、 Cc ：道路橋示方書に示される補正係数	

キーワード：動的解析、RC 橋脚、道路橋示方書、せん断破壊、被害関数

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地 (TEL)029-864-3245 (FAX)029-864-0598

係数 (Cc) を繰り返し特性が異なる地震タイプ毎に定めている (プレート境界型: Cc=0.6、内陸直下型: Cc=0.8)。本研究では、この補正係数の考え方を導入し、表-1 に示す破壊形態判定手法とした。

被害程度の判定のうち “曲げ損傷” が生じる場合は、最大応答塑性率が許容塑性率を超え終局塑性率以下にとどまる場合を被害程度 B、許容塑性率を越えない場合を被害程度 C とした。なお、発生水平力が曲げ降伏耐力を越えかつその後せん断耐力及び終局曲げ耐力を越えない場合は、曲げとせん断の相互効果に関する評価が困難であったため曲げのみを考慮し被害程度を判定した。

(5)被害関数形

被害関数形は、ある地震動強度 x の時に被害程度 A、B 以上、C 以上の各被害が発生する確率 Pr(x) は、標準正規分布の累積確率 (x) を用いて対数正規分布で表せ、Pr(x) = ((lnx -) /) で与えられると仮定した。

と は対数正規確率紙から求めた。

3. 検討結果

水平力-水平変位関係とせん断耐力の大きさから、検討対象とした RC 橋脚については、平成 2 年以降の道路橋示方書に準拠した場合には曲げ破壊のみ生じることが確認できた。このことから、本検討では、昭和 55 年より前及び昭和 55 年の道路橋示方書について被害関数にせん断損傷を考慮することとした。このうち昭和 55 年道路橋示方書適用 RC 橋脚に関し、動的解析結果に基づく被害程度毎の累積頻度を対数正規確率紙にプロットしたものを図-1 に示す。これより と を算出した。図-2 はこれらの係数に基づく被害関数を示したものである。図中には曲げ破壊のみ考慮した場合の被害関数も併せて示した。曲げ破壊のみ考慮した場合には被害程度が B, C 又は D であったものでもせん断破壊も考慮すると被害程度 A に判定されるものがあるため、被害発生率の累積確率が高まっていることが分かる。次に曲げ破壊とせん断破壊の双方を考慮した道路橋示方書年次別の被害関数のうち被害程度 A について図-3 に示す。道路橋示方書年次が新しくなるに従い被害発生確率が抑制される傾向が現れた被害関数となっていることが確認できる。この傾向は曲げ破壊のみ考慮した被害関数の場合に比較しより明瞭になっている。ここでは被害程度 A の被害関数を示したが、被害程度 B 以上及び C 以上についても同様に被害関数を作成した。

4. まとめ

道路橋の RC 橋脚について、曲げ破壊及びせん断破壊の双方を考慮した道路橋示方書年次別の被害関数を提案した。今後、実被害実績等を用いた検証を行うとともに、被災に伴う道路通行への影響が大きい RC 橋脚以外の他の施設・構造物についても被害関数の検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 村越潤, 真田晃宏, 吉澤勇一郎: 動的解析を用いた RC 橋脚の被害関数に関する基礎的検討, 土木学会平成 14 年度全国大会第 57 回年次学術講演会講演論文集 -755, pp1509-1510, 2002
- 2) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 耐震設計編, 平成 14 年 3 月

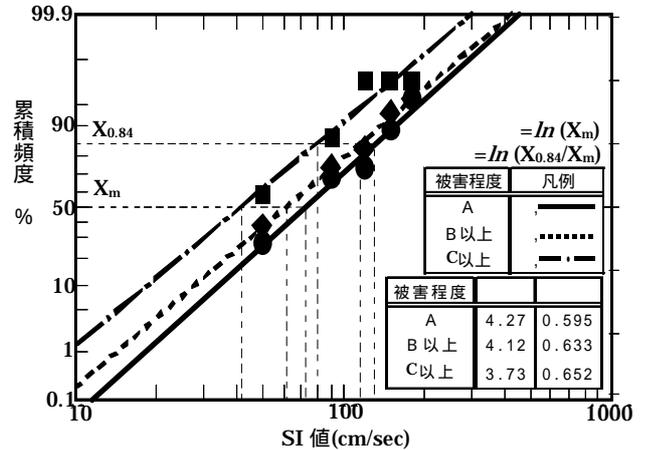


図-1 動的解析結果に基づく被害程度別累積頻度 (昭和 55 年道路橋示方書)

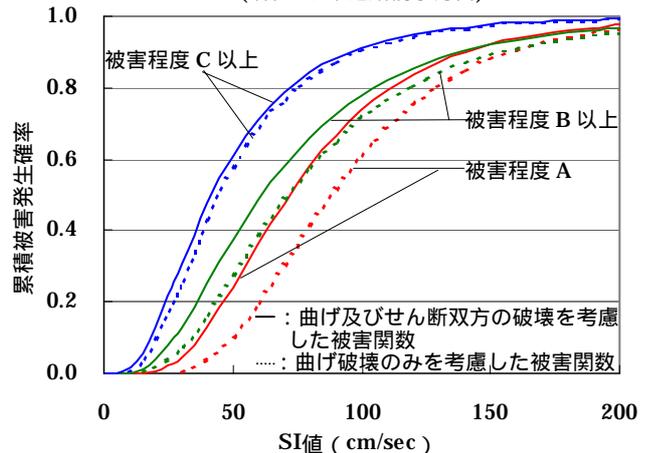


図-2 せん断破壊を考慮した被害関数 (昭和55年道路橋示方書)

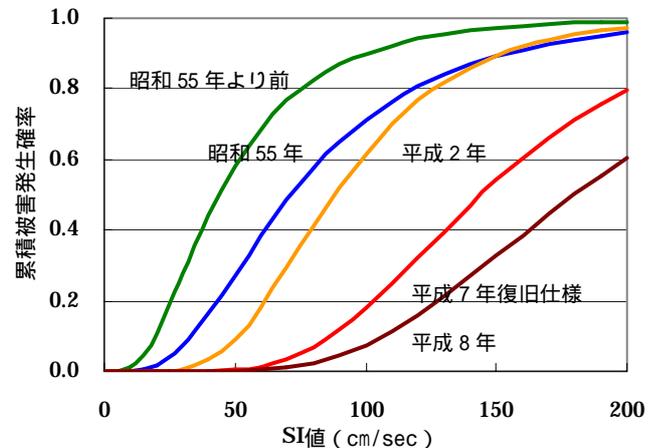


図-3 道路橋示方書年次別被害関数 (被害程度A)