

RC 橋脚を対象とした Damage Function および Seismic Fragility Curve の算定

指導教員 吉川弘道

構造材料工学研究室 鈴木宏幸

1.はじめに

兵庫県南部地震では、約 18 万棟の家屋が倒壊あるいは焼失の被害に遭った。自然災害に対する防災性・緊急路の確保、早期回復のための事前対策などは危機管理の一つとして現状以上に議論する必要がある。

本研究では、首都高速道路(以下、首都高)の橋脚データを基に非線形動的応答解析を行い、Damage Function(以下、DF)・Seismic Fragility Curve (以下 SFC) を求め、耐震性評価を行うことを目的としている。また、補修・補強に伴う効果を定量的に評価し検討した。

2.解析手法

本論では、DF の確率密度関数より SFC を算出する手法を用いている。解析手法のフローを図-1 に示す。

はじめに DF を算出する。非線形動的応答解析で得られた最大応答変位より応答塑性率を求め、その値を用い、表-1 に示す損傷区分と応答塑性率の関係から、損傷度 (D ~ As) を判定する。その損傷度と損失率を対応させ、地震動の大きさから被害 (損失率) を求める DF を描くことができる。

次に SFC を算出する。地震動規模に対する DF の誤差分布を損傷区分で分割し、その損傷区分ライン以上となる超過確率を求める。これを損傷確率とし、地震動の大きさから損傷確率を求める SFC を描くことができる。

3.対象構造物

本解析では、首都高に用いられている橋脚から、解析の容易性を前提に橋脚 5 本を選び、橋軸方向に 1 質点系にモデル化した(図-2)。質点位置は支承部とし、地震波の入力はフーチング下面とした。

また、橋脚の断面諸元、特性を表-2 に示した。質点高さ、質点質量に関しては道路橋示方書 平成 14 年度版に準じて設定した。また、水平耐力変位関係や曲げモーメント曲率関係の値は道路橋示方書 平成 8 年度版に準じた設計値である。

4.解析条件

動的解析には多くの解析条件を設定する必要があり、設定値は解析者によって多少の違いが生じることが多い。

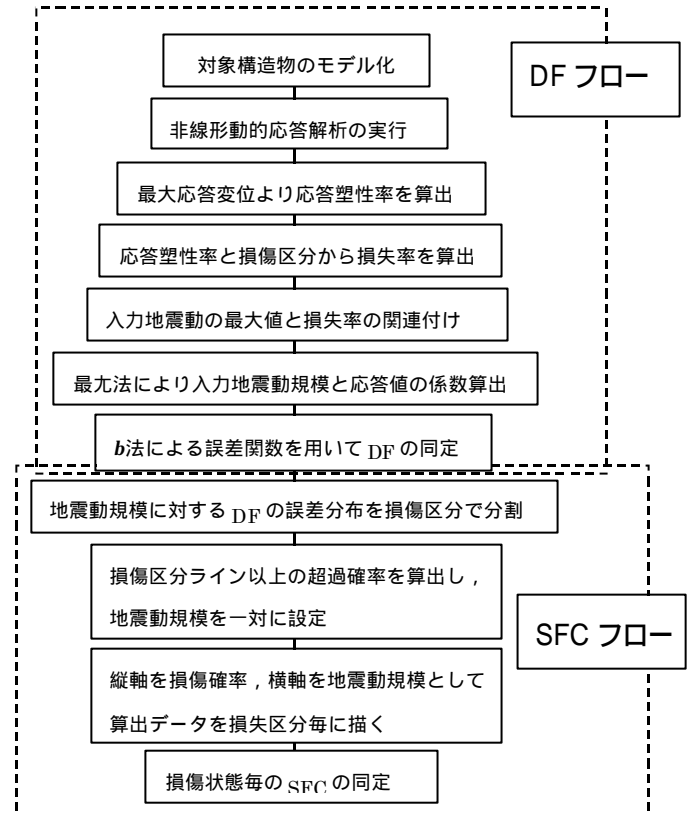


図-1 解析手法

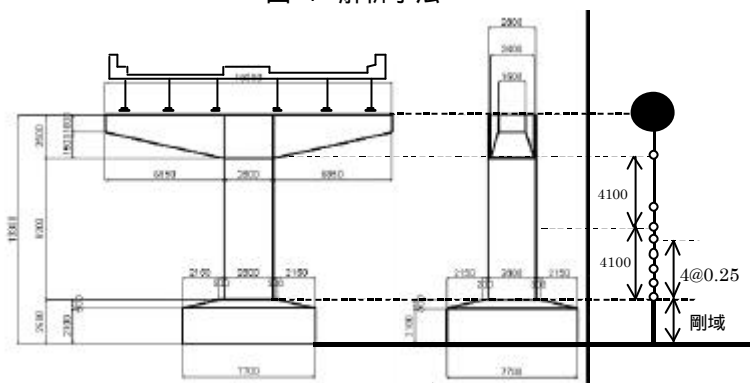


図-2 橋脚モデル

表-1 損傷区分

損傷区分	定義	応答塑性率	損失率
As	崩壊、倒壊	8.0~	1.0
A	半倒壊、変形の大きいもの	6.0~8.0	0.8
B	鉄筋の一部破断、部分的な被りコンクリートの剥離や亀裂	4.0~6.0	0.5
C	小破壊、ひび割れの発生、局所的な被りコンクリートの剥離	2.0~4.0	0.1
D	損傷無し、耐荷力に影響の無いもの	~2.0	0

本論においては既存の研究で多く用いられている条件を設定した。

使用した入力地震動は、カリフォルニア州強震記録 (Department of Conservation-Strong Data Center) であり、本解析では 3 次元骨組み構造物非線形動的解析システムであるDYNA2Eを用いた。また、DF・SFCの算出に関しては、文献(1)より求めた。

5.解析結果

本研究で得られた解析結果のうち、DF を図-3、SFC を図-4 に示す。本項におけるSFCは、橋脚がその機能を失ってしまう可能性が高い損傷ランク A (損失率 0.8) 以上のSFC をそれぞれ算出した。

DF・SFC 共に、P4 だけが全域に渡って高い損失率、損傷確率を示しているのが読み取れる。最大地盤速度 (PGV) が 60kine における値を比較すると、DF では、他の橋脚が損失率約 0.5 という値を取っているのに対しP4 だけが損失率約 0.8 という値を取っている。SFCにおいても、P4 だけが損傷確率約 0.8 という値を取っている。また、SFC から最大地盤速度 (PGV) が 60kine における各損傷区分ごとの割合を算出すると表-3 のような結果が得られた。P4 の損傷ランク As となる割合が非常に高くなっていることが読み取れる。そこで、本研究では第 6 項において、P4 に対する補強を検討する。

6.補強に伴う効果の検討

ここでは、損失率が最も高かった橋脚 P4 に対し、表-2 に示すような断面諸元の変更を行い、断面性能を向上させたという仮定に基づき、他の橋脚同様に解析を行った。

変更後のP4 と元のP4 のグラフを比較した (図-5)。曲線 (DF) が右に推移していることが確認できる。これより同規模の地震が発生した場合、損傷 (損失率) は小さくなり、損傷確率も小規模の損傷区分に推移していることから、大きな損傷を被る確率は低減できたと考えられる。

7.まとめ

DF により構造物の物的損失 (損失率) を地震動規模の一価関数として示すことができ、客観的かつ定量的に地震損失を評価できた。また、SFC においては予想される地震動規模に対し定量的に損傷確率を示すことができた。

【参考文献】

- 1) 中村孝明,長沼敏彦,静間俊郎,篠塚正宣:統計解析による道路橋脚の地震時損傷確率に関する研究,第10回日本地震工学シンポジウム論文集,pp3165-3174,1998.
- 2) 首都高速道路公団:首都高速道路公団ガイド 平成14年度版,2002.

表-2 対象橋脚の諸元

P-d	P1	P2	P3	P4	P5	P4補強後
高さ(m)	13.3	13.2	13.2	13.1	13.1	13.1
質点質量(kN s ² /m)	6568	6917	6990	7379	6296	7403
断面積(m ²)	7.84	8.96	9.80	9.80	7.84	10.44
P _y (kN)	1447	1806	2099	2111	1468	2672
P _u (kN)	1781	2256	2646	2662	1808	3474
d _y (m)	0.0194	0.0152	0.0134	0.0132	0.0178	0.0149
d _u (m)	0.1509	0.1461	0.1435	0.1426	0.1473	0.1773
M _d (kN・m)	8669	11199	13341	13331	8638	14713
M _y (kN・m)	15481	19142	22187	22165	15413	28053
M _u (kN・m)	19057	23915	27973	27948	18985	36476
f _d (l/m)	6.74E-05	5.86E-05	5.35E-05	5.34E-05	6.72E-05	5.15E-05
f _y (l/m)	7.16E-04	6.19E-04	5.62E-04	5.62E-04	7.15E-04	5.62E-04
f _u (l/m)	9.96E-03	8.88E-03	8.17E-03	8.19E-03	1.00E-02	1.02E-02

表-3 各損傷区分の割合

60kine	As	A	B	C	D
P1	0.01	0.19	0.19	0.32	0.30
P2	0.04	0.30	0.18	0.26	0.22
P3	0.06	0.32	0.18	0.24	0.20
P4	0.37	0.31	0.09	0.11	0.11
P5	0.02	0.26	0.18	0.28	0.25

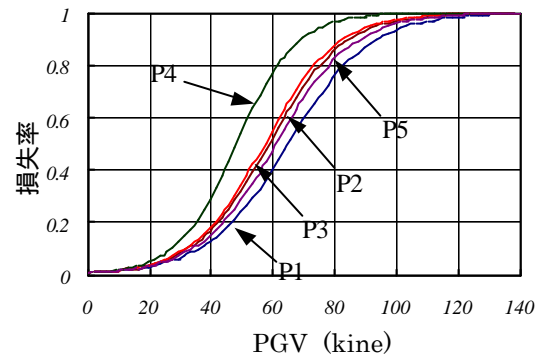


図-3 5 橋脚の DF

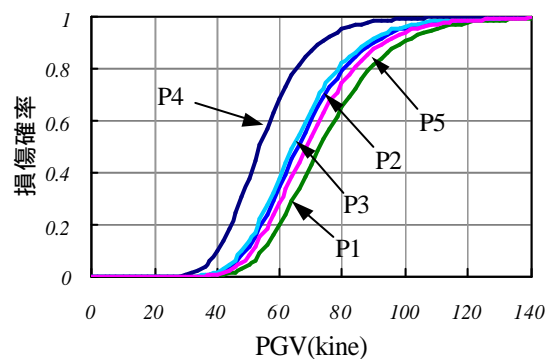


図-4 5 橋脚の SFC

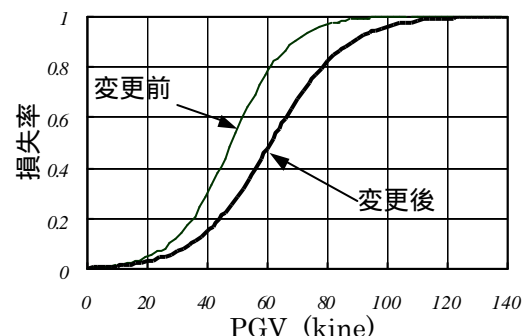


図-5 P4 DF (変更前・変更後)