

# せん断耐力の低下を考慮した RC 構造物の地震応答解析と地震動入力方向の影響

指導教員 岩本政巳 准教授

山田有紀

## 1.はじめに

破壊形態には、曲げ破壊、曲げせん断破壊、せん断破壊の 3 つの破壊形態があるが、曲げせん断破壊に関する評価は未だ確立されておらず、曲げせん断破壊について検討を重ねることが必要である。そこで本研究は、特に曲げせん断破壊<sup>1)</sup>に注目して、地震動入力方向の違いが構造物の破壊に与える影響を知ることが目的とした。

## 2.解析方法

本研究では、対象とする高架橋をはり要素と節点からなる平面構造にモデル化し、地震波を入力した。各柱部材は非線形要素、上層ばりは剛性要素とした。数値解法には Newmark-β 法を、構造物の減衰についてはレイリー減衰を用い、減衰定数は 0.01 とする。せん断耐力の劣化には、Priestley らによるせん断劣化曲線をもとに提案された累積損傷モデルを採用した。

## 3.対象構造物

解析の対象物として、鉄道橋である下食満高架橋を採用した。3 径間連続ラーメン橋であり、橋軸方向については、図 1 P2、P4 を、橋軸直角方向は P3、P4 をそれぞれ解析対象とした。本研究では橋桁高さを無視して図 2、図 3 のようなモデル化を行った。対象構造物の概要を表 1 に示す。

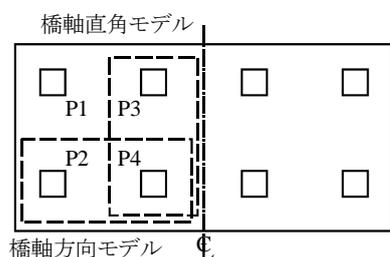


図 1 解析対象橋脚<sup>2)</sup>

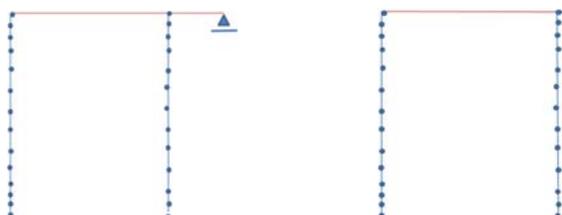


図 2 橋軸方向モデル図

図 3 橋軸直角方向のモデル図

表 1 解析対象物の概要

対象構造物	橋の高さ (m)	せん断余裕度	固有周期(s)
橋軸方向	8.5	1.06	0.394
橋軸直角方向	8.5	1.025	0.400

## 4.入力地震波

地震の種類や地震動の卓越周期、継続時間(T90)などの性質の異なる 5 波形を入力地震波として選定した。それぞれ震度 5.0 から 6.5 まで 0.5 刻みで振幅調整を行い、全 20 波形を用いて解析を行った。入力地震波の概要を表 2 に示す。

表 2 入力地震波の概要

地震名	観測地点	T90(s)	卓越周期(s)
①十勝沖地震	室蘭	32.46	0.48
②兵庫県南部地震	神戸	8.34	0.69
③十勝沖地震	青森	92.48	2.75
④日本海中部地震	秋田	65.18	1.20
⑤新潟中越地震	小千谷	11.84	0.70

## 5.解析結果および考察

表 3,4 の解析結果より、破壊形態は震度 6.0⑤の地震動を除いて 2 方向で同一の結果となった。破壊時間、劣化回数についても大きな違いはみられなかった。

そこで入力地震動 20 ケースのうち 2 方向の結果に違いがみられる震度 6.5①の解析結果を比較した。破壊時、橋軸直角方向の劣化回数は 22 回であり、橋軸方向は 3 回であった。ただし劣化回数は解析の途中での構造物の破壊の有無に関係なく、解析を行った最終時刻までにせん断力が降伏耐力を超えた回数とする。破壊時刻は橋軸直角方向で 44.17 秒であり、橋軸方向では 30.31 秒だった。時間-せん断力、せん断耐力のグラフより、橋軸方向のせん断力の振幅の増減が大きいいため、早く破壊したと考えられる。また、劣化回数に違いが出たのは、破壊時刻の違いによると考えられる。

せん断劣化回数やせん断耐力低下に影響を与える要因について考察する。要因として塑性率、周期特性との相関を調べ、橋軸方向と橋軸直角方向で比較した。ただし、周期特性との相関関係を調べる際、地震動を震度 5.5、6.0 に振幅調整して入力したときのデータを使用した。2 つ

表3 橋軸直角方向の解析結果

震度	地震番号	破壊時間(s)	破壊形態	劣化回数(破壊時まで)	最大せん断力(kN)
5.0	①	×	×	2(0)	421.783
	②	×	×	0(0)	398.974
	③	×	×	0(0)	306.874
	④	×	×	0(0)	347.863
	⑤	×	×	6(0)	429.670
5.5	①	×	×	2(0)	478.217
	②	×	×	8(0)	444.274
	③	×	×	5(0)	425.433
	④	×	×	8(0)	434.457
	⑤	×	×	12(0)	450.122
6.0	①	44.7	◎	17(8)	532.576
	②	8.75	◎	8(2)	541.624
	③	26.60	◎	77(10)	542.210
	④	26.48	◎	75(8)	540.525
	⑤	×	×	13(0)	511.563
6.5	①	44.17	◎	22(22)	541.600
	②	7.83	◎	2(1)	542.161
	③	20.58	◎	17(7)	543.541
	④	19.99	◎	7(5)	543.578
	⑤	19.04	◎	2(2)	540.293

(◎は曲げせん断破壊を表す。)

表4 橋軸方向の解析結果

震度	地震番号	破壊時間(s)	破壊形態	劣化回数(破壊時まで)	最大せん断力(kN)
5.0	①	×	×	0(0)	464.212
	②	×	×	0(0)	434.432
	③	×	×	0(0)	305.177
	④	×	×	0(0)	350.513
	⑤	×	×	6(0)	474.359
5.5	①	×	×	2(0)	527.766
	②	×	×	10(0)	478.877
	③	×	×	4(0)	465.690
	④	×	×	6(0)	478.694
	⑤	×	×	12(0)	496.935
6.0	①	44.34	◎	17(8)	590.977
	②	8.67	◎	8(2)	596.093
	③	26.03	◎	78(10)	595.763
	④	26.96	◎	70(6)	564.481
	⑤	19.06	◎	13(1)	564.786
6.5	①	30.21	◎	23(3)	593.504
	②	7.75	◎	2(1)	596.581
	③	20.52	◎	15(6)	597.057
	④	18.60	◎	7(3)	518.960
	⑤	19.00	◎	2(2)	592.833

の構造物において震度 5.5 以上でせん断劣化を起こすケースが多かったこと、震度 6.5 では解析の初期段階で破壊が起きている場合が多く、脆性的に破壊したときのダメージでデータにばらつきが生じていると考えたためであ

る。

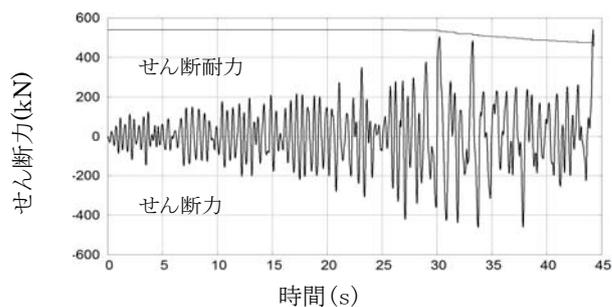


図4 せん断力時刻歴(橋軸直角方向)

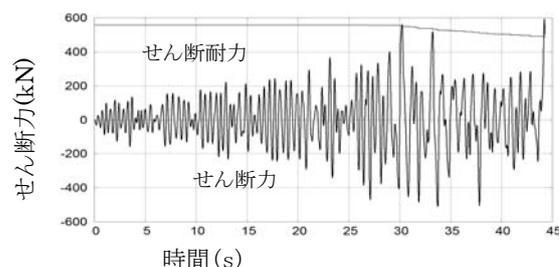


図5 せん断力時刻歴(橋軸方向)

また、せん断耐力低下を示す指標として、劣化回数、せん断耐力低下率を用いた。

塑性率とせん断劣化の間には、2 方向とも相関関係がみられなかった。

卓越周期とせん断劣化の間には震度 6.0 で 2 方向とも相関関係が確認できた。しかし、先行研究では相関がみられず、また震度 5.5 で検討した場合相関関係が得られなかったため、卓越周期はせん断劣化との間に関係性があるとはいえない。

T90 とせん断劣化の間には震度 6.0 で 2 方向とも相関関係が確認できた。しかし、先行研究では相関がみられず、また震度 5.5 で検討した場合相関関係が得られなかったため、T90 はせん断劣化との間に関係性があるとはいえない。T90 の値が大きい地震動が 5 つのうち 2 つ含まれていたため上向きの直線関係がみられたのではないかと考えた。

参考文献

- 1) 儀同美世子:せん断耐力の劣化を考慮したRC構造物の地震応答解析と耐力低下の要因の検討、名古屋工業大学卒業論文、2017.2
- 2) 土木学会:阪神大震災の被害分析に基づくコンクリート構造物の耐震性能照査方法の検証—検討課題と将来像一、1999.5