
R C ラーメン高架橋の損傷度評価 と経済性に関する一考察

指導教員 皆川 勝
学生氏名 川口 大介

目的

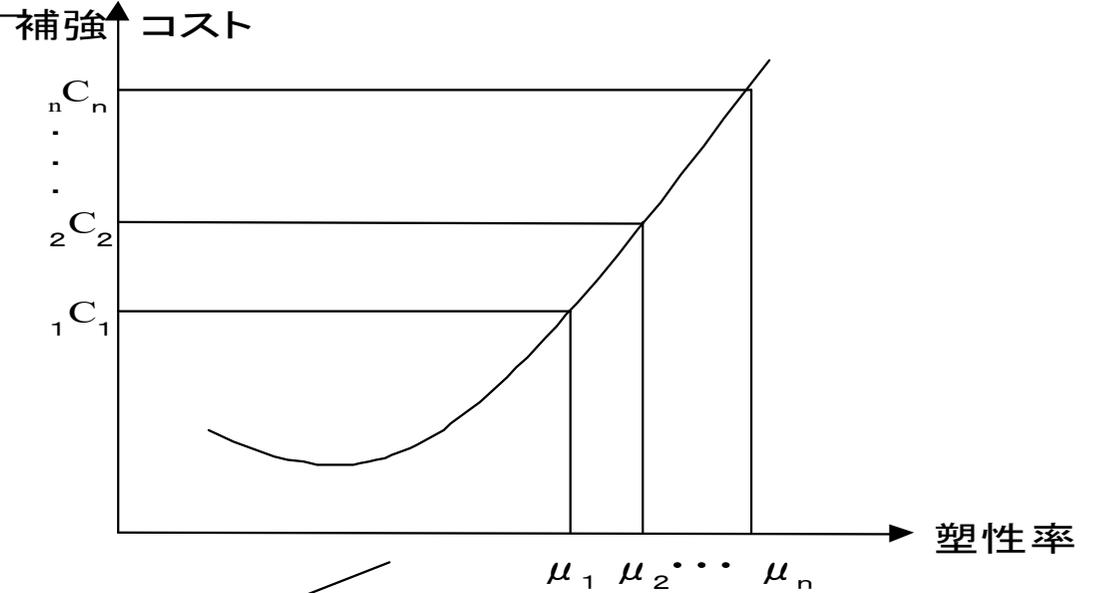
非線形動的地震応答解析により橋梁の各要素の損傷度と地震応答との関係を求め、補強後の損傷コストの形で定量化し、一方で補強コストも定量化し、橋梁全体での好ましい損傷配分を試算する

最適補強配分決定までの流れ

動的解析による損傷度

μ_1	μ_2	μ	μ
μ	μ	μ	μ_n

各構造要素ごとの損傷度



全補強後の損傷コスト+全補強コストの最小化

iC_j : 補強コスト j : 構造要素

$$\text{Min}(\sum_i C_j + \sum C_n)$$

最適な補強配分の決定

損傷度曲線で用いる尺度

損傷度曲線とは

横軸－各要素の損傷を表す物理的尺度

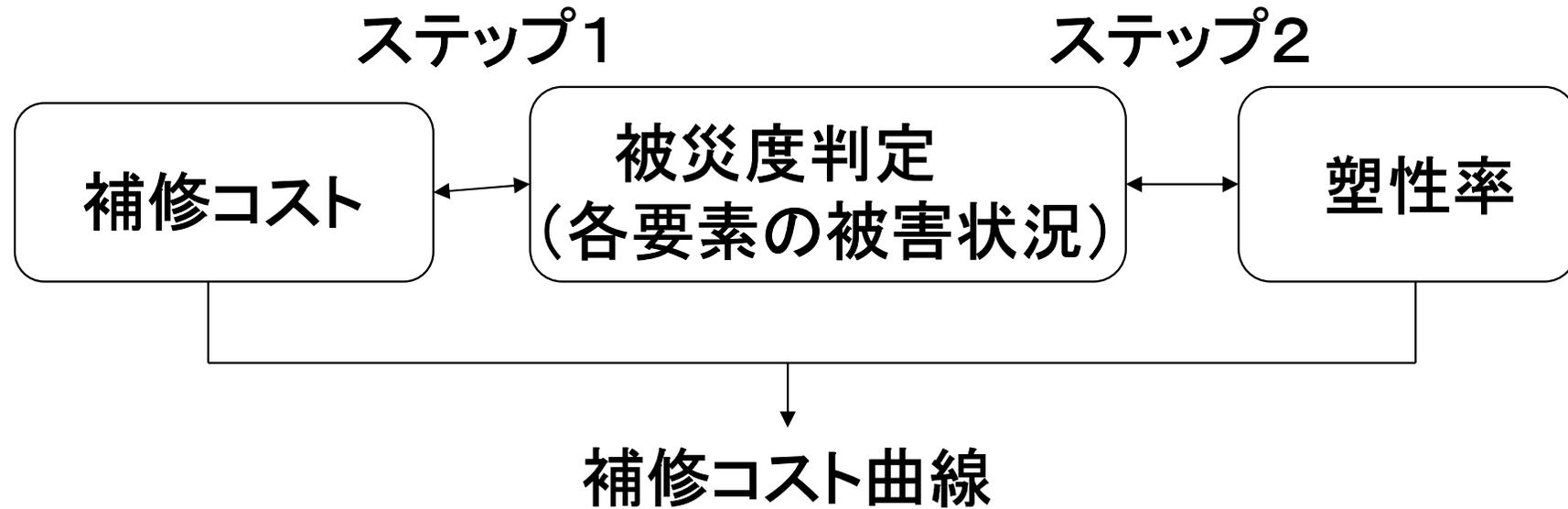
縦軸－損傷に伴う影響をはかる尺度

本研究では

横軸－最大応答塑性率（最大曲率／降伏曲率）

縦軸－炭素繊維シート巻き立て補強後の
損傷に対する補修コスト

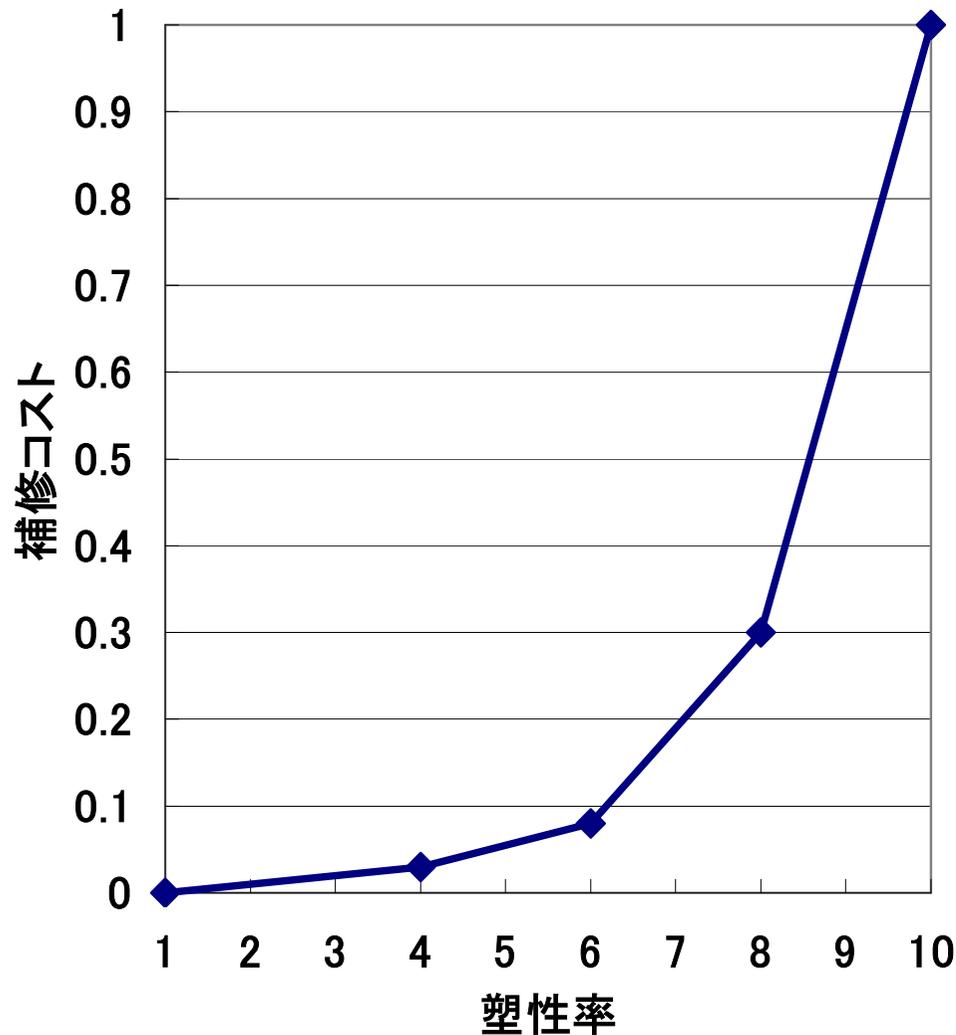
補修コスト曲線の作成手順



被災度判定と塑性率との対応

RC橋脚	被災度判定	AS	A	B	C	D
	被害状況	崩壊	倒壊、半倒壊 主鉄筋はらみだし	中破壊 主鉄筋はらみだし 破りコンクリート剥離 クラック0.5mm以上	小規模破壊 クラック0.5mm以下	
	補修方法	再構築	再構築	RC橋巻き立て	樹脂注入	なし
	対応塑性率	8.0~	6.0~8.0	4.0~6.0	2.0~4.0	~2.0

補修コスト曲線



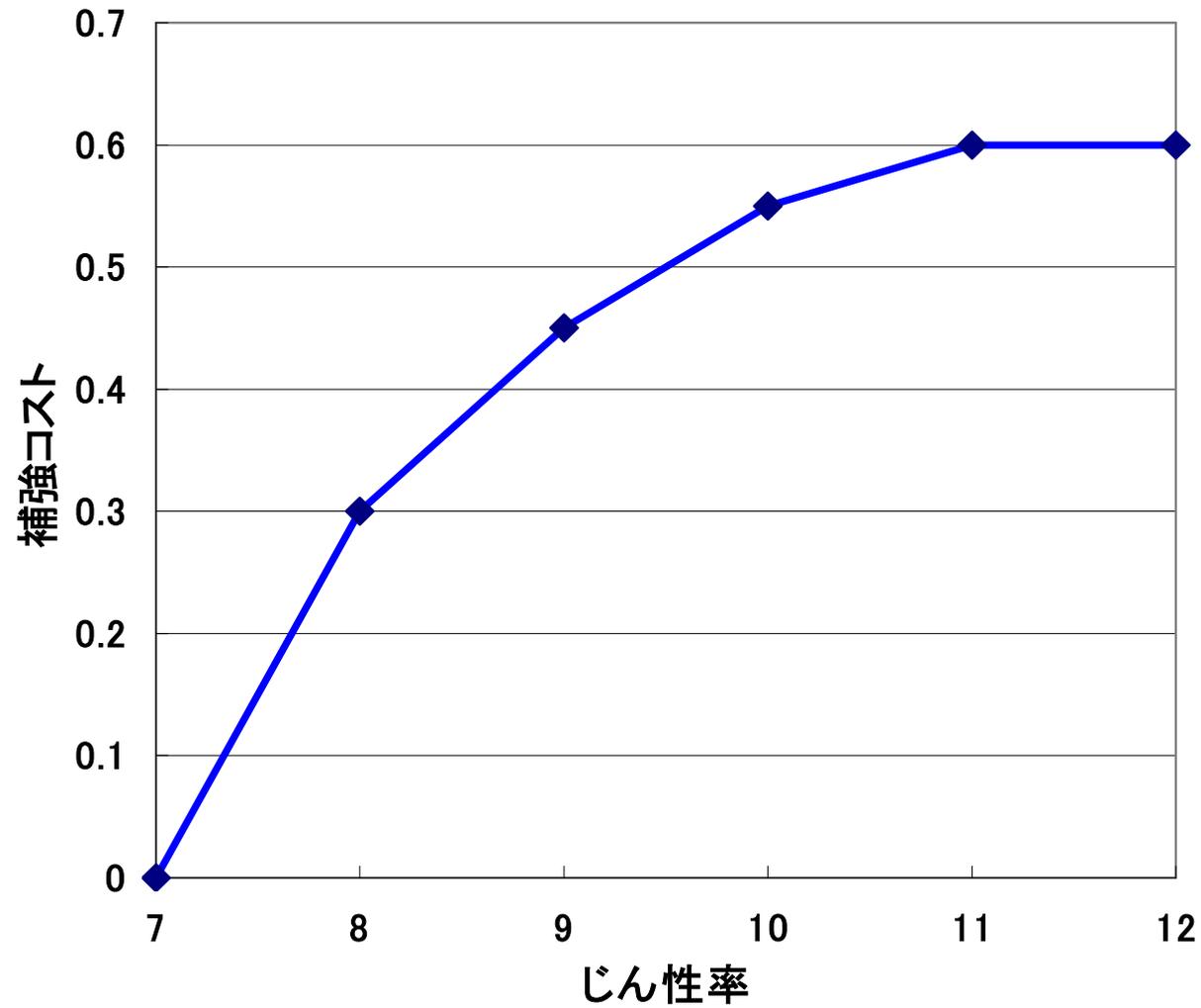
塑性率と補修コストの関係

ただし、

- ・塑性率が10を超えた場合
- ・各要素の塑性率／じん性率
(終局曲率／降伏曲率)が1
を超えた場合

の補修コストは1.5とする

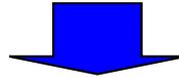
補強コスト曲線



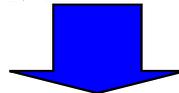
じん性率と補強コストの関係

橋梁システムの最適補強配分の試算

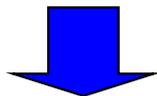
1. 各要素の補強コストの総和を橋梁の補強コストとする



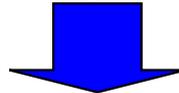
2. 設定した炭素繊維巻き立て補強効果のケースにおける非線形動的地震応答解析から各要素の塑性率を求める



3. 塑性率を補強後の損傷に対する補修コスト曲線に適用し、被災後に予想される各要素の補修コストを求める



4. 補強コストと補強後の損傷に対する補修コストの和を求める



5. 想定する橋梁システムの最適な補強配分を試算する

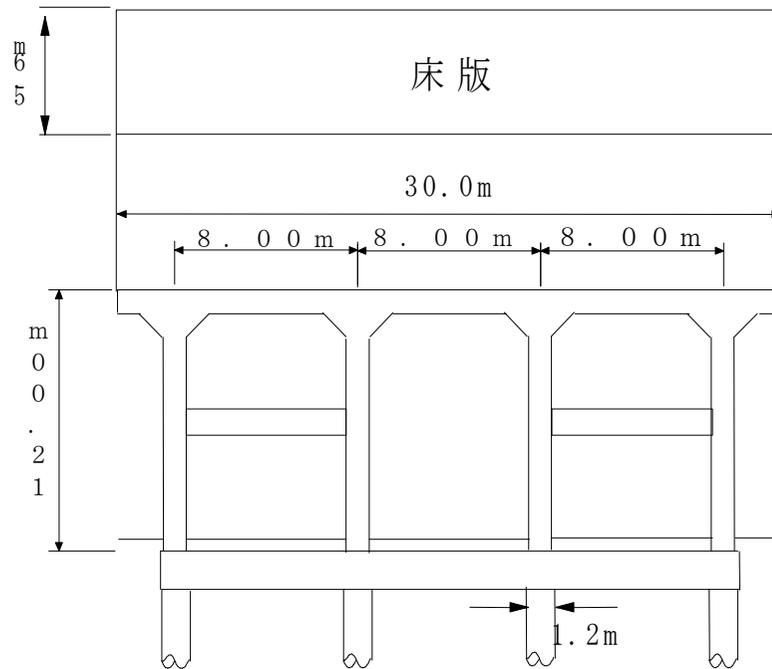
非線形動的地震応答解析

以下のように設定した各補強ケースにおける各要素の塑性率を求めるため非線形動的地震応答解析を行った。

補強パラメーターの設定

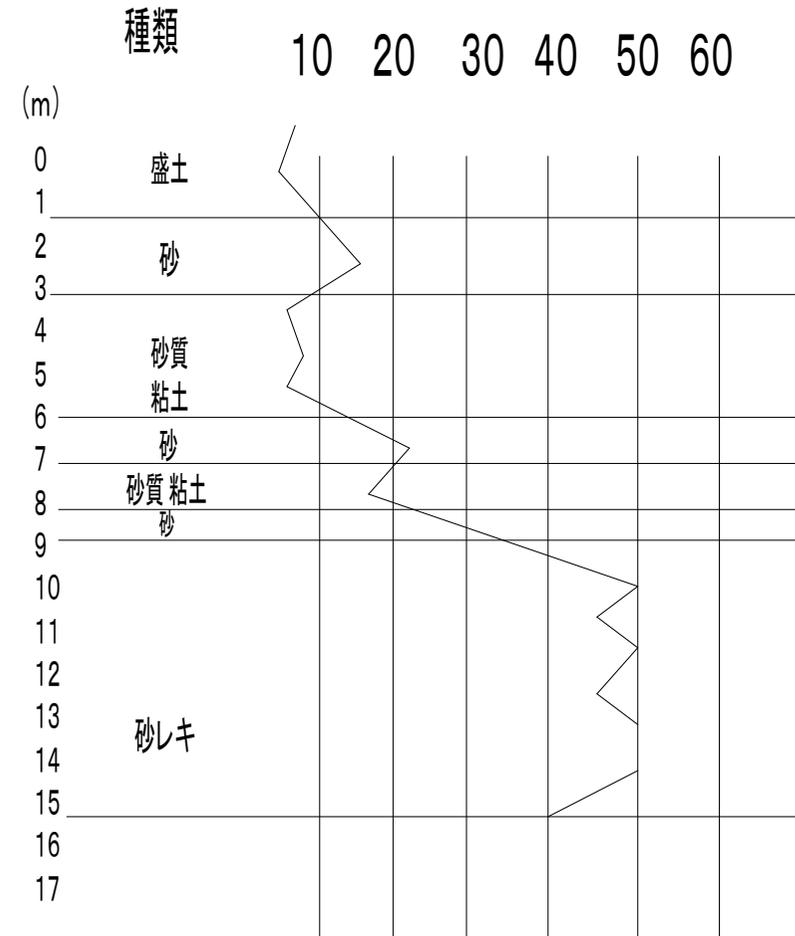
じん性率	7	8	9	10	11	12
補強ケース	無補強A	B	C	D	E	F

解析対象



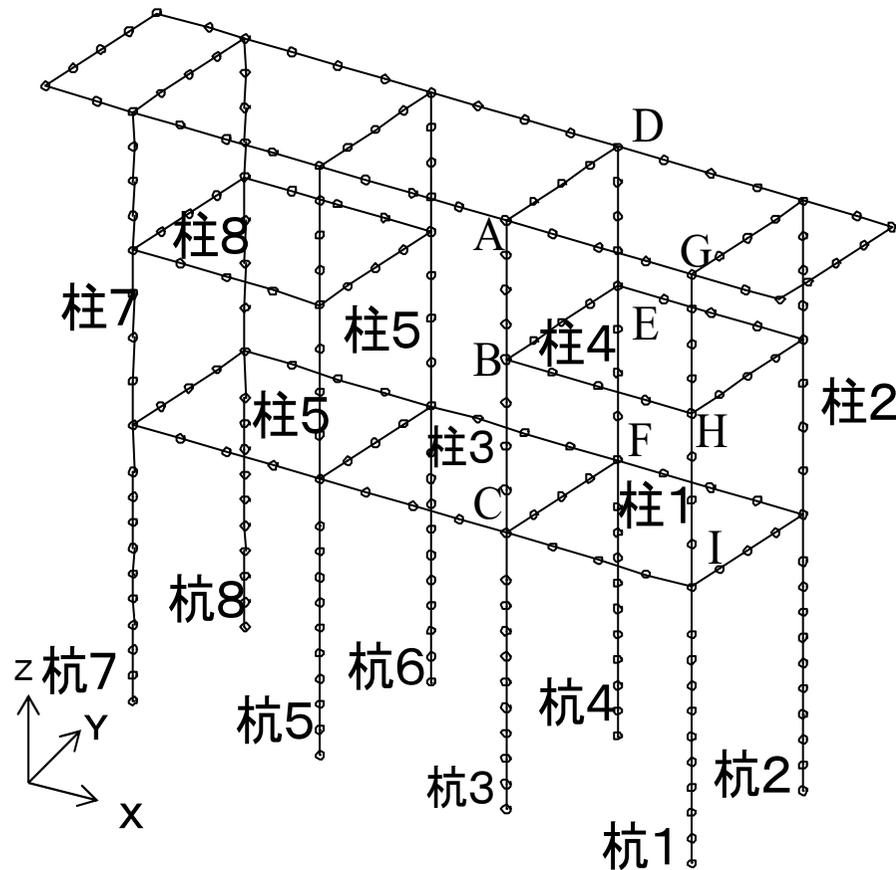
解析対象

- ・標準的な2層3径間ラーメン高架橋
- ・中層梁、地中梁有り
- ・各橋脚に場所打ちコンクリート杭が配置



JR鷹取駅周辺の地盤のN値

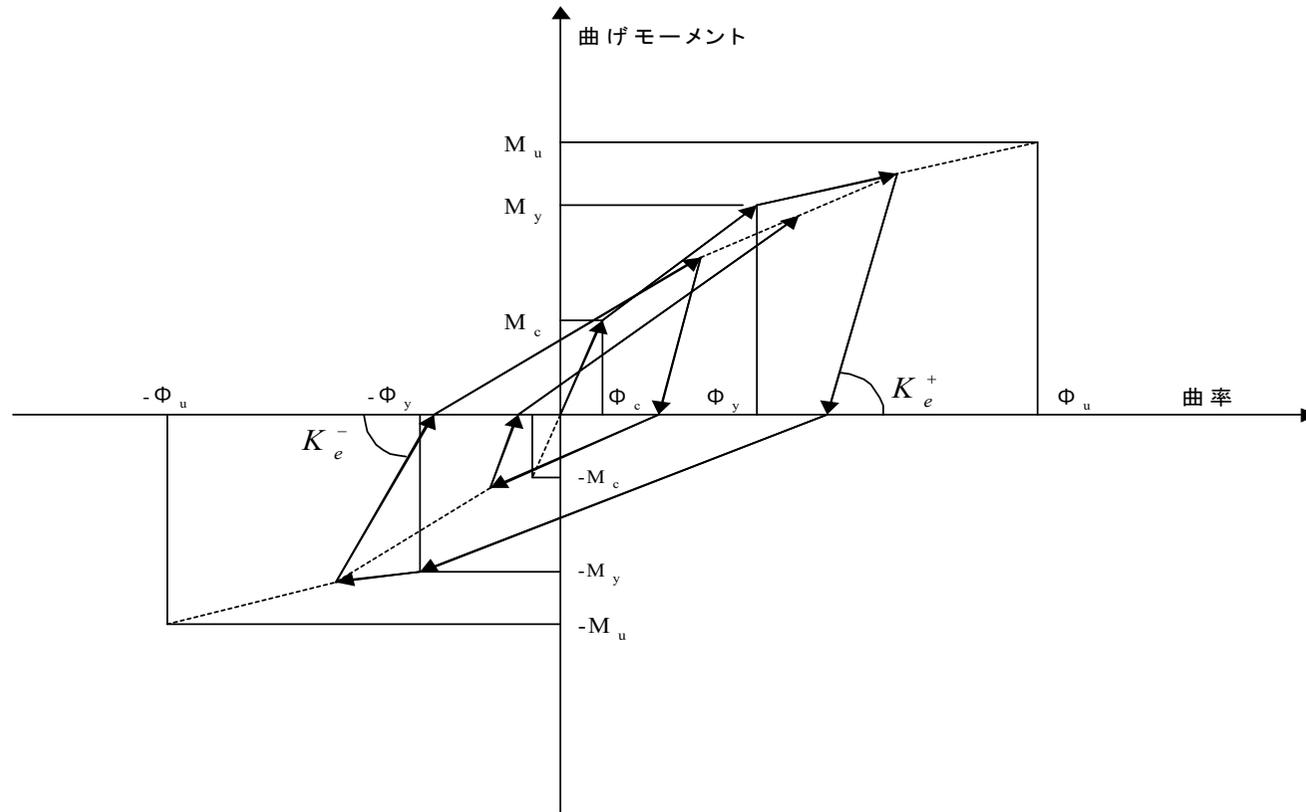
解析方法とモデル化



解析フレームモデル

- ・集中質量
- ・レーレー減衰を仮定
減衰定数 上部工 2%
基礎 20%
- ・定加速度法 (時間間隔 0.01 秒)
- ・上部工の両端を Z 軸方向拘束
杭下端点を全拘束
- ・JR 鷹取駅で観測された NS、EW、UD 成分の加速度波形をそれぞれ X、Y、Z の 3 方向に同時入力

部材の非線形性



武田モデル

- 鉄筋コンクリート部材及び場所打ち杭の非線形M- Φ 関係をファイバーモデルから算出し武田モデルにあてはめた

地盤特性

バネ定数の換算方法

- 変形係数

$$E_o = 28 \times N \text{ (N 値)、}$$

- 平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数

$$K_{h_o} = 1/30 \times \alpha \times E_o = E_o / 15 \text{ (}\alpha = 2\text{)}$$

- 水平方向地盤反力係数 (常時)

$$K_h = 0.376 \times K_{h_o}$$

- 水平方向地盤反力係数 (地震時)

$$K_{h_d} = 1.5 \times K_h$$

(群杭効果を考慮しないため補正係数 $\alpha_k = 1.5$)

N値に対応する地盤ばね定数

	E_o	k_{h_o}	k_h	k_{h_d}	バネ定数(tf/m)
N=5	140.0	9.3	3.5	5.3	6.32E+03
N=10	280.0	18.7	7.0	10.5	1.26E+104
N=20	560.0	37.3	14.0	21.0	2.52E+104
N=30	840.0	56.0	21.1	31.7	3.80E+104
N=40	1120.0	74.7	28.1	42.1	5.05E+104
N=50	1400.0	93.3	35.1	52.7	6.32E+104

試算結果

各補強効果における塑性率

補強ケース	最大塑性率			平均塑性率
	基部	中層梁	天端	
無補強A	8.01	6.90	4.06	6.32
B	8.40	7.39	4.30	6.69
C	8.78	7.74	4.35	6.95
D	9.14	8.09	4.49	7.24
E	9.45	8.41	4.52	7.46
F	9.73	8.67	4.58	7.66

全体コスト

ケース	A	B	C	D	E	F
総コスト	1.71	2.08	0.88	1.6	2	2.15

試算結果(入力地震動を大きくした場合)

1) 1.2倍した場合

各補強効果における塑性率

補強ケース	最大塑性率			平均塑性率
	基部	中層梁	天端	
無補強A	15.10	5.80	6.90	9.20
B	17.10	5.77	6.90	9.90
C	19.29	6.16	7.33	10.92
D	21.34	6.78	7.89	12.00
E	23.24	7.31	8.41	12.90
F	24.86	7.59	8.74	13.73

全コスト

ケース	A	B	C	D	E	F
総コスト	1.76	2.06	2.28	2.51	2.89	2.96

2) 1.5倍した場合

各補強効果における塑性率

補強ケース	最大塑性率			平均塑性率
	基部	中層梁	天端	
無補強A	21.14	9.04	10.50	13.56
B	25.03	10.35	11.86	15.74
C	27.67	11.37	12.86	17.30
D	30.25	12.48	13.90	18.87
E	32.90	13.42	14.94	20.42
F	35.15	13.89	15.37	21.47

全コスト

ケース	A	B	C	D	E	F
総コスト	4.5	4.8	4.95	5.05	5.1	5.1

まとめ

- 本研究では、橋梁全体システムに対して、各要素への補強を合理的に配分し、橋梁全体で耐震性能を確保するという考え方を提示した
- 実際の高架橋に広く採用されているRC橋脚をはじめ、モデルの精緻化、入力地震動の違いに関する最適解の感度など、検討課題も多く具体的な数値にはつめるべき点が多々残されているが、高架橋の耐震設計の新しい方向性が模索されている今、一つの考え方を示唆できたものとする。