

橋脚基礎のじん性を評価した耐震設計法について

(株)奥村組 情報システム室 正会員 曾田 暁 正会員 森尾 敏
(株)奥村組 土木設計部 正会員 三木英通 正会員 柳原純夫

1. まえがき

R C単柱橋脚における基礎の降伏耐力は橋脚部のその2倍程度を有する^{1), 2)}。特にL2地震動においてはこの基礎耐力を適度に低減させ十分なじん性を確保することができればより経済的な耐震設計が可能であると考えられる。そこで基礎耐力を漸減させ地震応答解析を行い、上部工変位による塑性率照査に基づき基礎耐力を従来比何%程度の低減が可能なのか検討した。

2. 対象橋脚モデル

対象橋脚の橋軸方向解析モデルを図1に示す。フーチング上部の橋脚部分をトリリニア型のM-φモデルで表現し、他の要素は剛部材とした。基礎は場所打ち杭基礎(φ1.5m)で杭長20m、杭本数9本(初期条件)である。M-φモデルは材軸直交分割要素(3分割)で表現し、履歴特性にはR C部材の曲げ履歴として一般的に広く利用されている武田モデル($\alpha=0.4$)を用いた。入力地震波は2種地盤のタイプII地震として兵庫県南部地震におけるJR西日本鷹取NS成分波(MAX=686.8gal)を採用した。減衰定数については道路橋示方書²⁾に基づき、下部構造の要素減衰定数を $h=0.02$ 、基礎構造の減衰定数を $h=0.20$ とした。

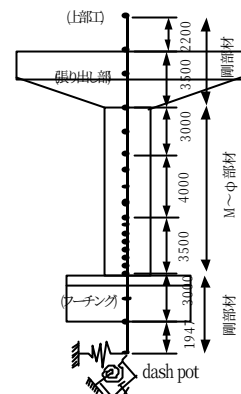


図1 対象橋脚モデル

3. 杭のプッシュオーバー解析

杭本数による基礎耐力、剛性の違いを確認するため、杭本数9、6、4本の各場合について杭頂部に水平力を静的に載荷したプッシュオーバー解析を行った。この結果を図2(a)、(b)に示す。これより9本杭の耐力を100とすると6本杭は60~70、4本杭は40~55程度に相当することが確認された。

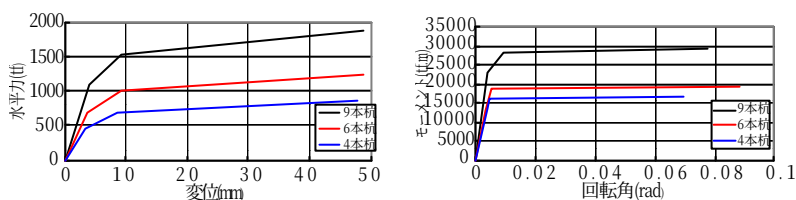


図2(a) 水平力-変位関係 図2(b) モーメント-回転角関係

4. 基礎耐力低減解析

杭本数9本での基礎耐力を100と定め、基礎耐力を90、80、70、…、10%と漸減させ地震応答解析を行い、上部工の最大応答加速度・変位、基礎および橋脚部の塑性率の推移等を比較考察した。

解析結果の一覧を表1に示す。塑性率照査によると40%まで許容範囲内に収まり、せん断耐力、残留変位についても許容範囲内であった。しかし50%以下で急激に応答値が変化することから、十分な耐震性を有するのは60%程度までと考えられる。また、上部工における最大加速度推移、塑性率照査、および100%と50%の橋脚部塑性率比較を図3(a)~(c)に示す。ここで、30%~10%にかけて塑性率の減少がみられるが、これは基礎耐力減により上部工変位を大きくする効果と、上部工の慣性力減に伴う変位を小さくする相反する2つの効果の影響によるものと考えられる。

表1 解析結果一覧

倍率 (%)	上部最大変位 (cm)	系全体の塑性率	許容塑性率	上部最大加速度 (gal)	最大モーメント (最下段) (kNm)	最大塑性率 (最下段)	最大塑性率 (基礎) S	最大塑性率 (基礎) M
100	27.2	3.61	4.31	646	1.06E+06	7.93	0.677	0.363
90	27.2	3.61	4.31	640	1.05E+06	7.872	0.869	0.405
80	27.2	3.61	4.31	642	1.06E+06	8.259	1.192	0.452
70	27.6	3.66	4.31	627	1.05E+06	7.349	2.025	0.614
60	28.3	3.75	4.31	604	1.04E+06	7.064	3.419	0.941
50	30.5	4.05	4.31	588	9.95E+05	3.907	6.327	1.989
40	32.4	4.30	4.31	516	9.20E+05	0.957	9.815	3.238
30	35.8	4.75	4.31	442	7.67E+05	0.748	11.085	4.9
20	34.4	4.56	4.31	346	5.68E+05	0.476	19.321	7.218
10	31.5	4.18	4.31	284	3.39E+05	0.165	45.806	15.282

キーワード：耐震設計、地震応答解析、じん性

連絡先：〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2 E-Mail:oku08162@gm.okumuragumi.co.jp

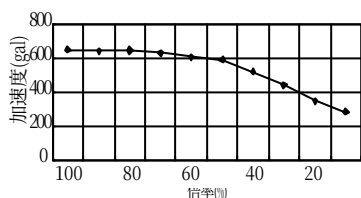


図 3 (a) 上部工最大加速度推移

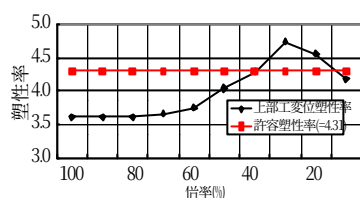


図 3 (b) 塑性率照査

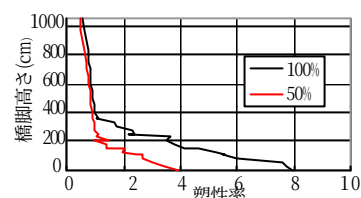


図 3 (c) 橋脚部塑性率比較

5. 橋脚部曲げ耐力低減解析

前節の結果を踏まえ、基礎耐力を初期条件比 60% に固定し、橋脚部 M- ϕ 関係の曲げ耐力を前節と同様に漸減させ地震応答解析を行った。なお、曲げ耐力低減の度合は基礎耐力の場合と同様に初期状態を 100 とし 90, 80, 70, 60、50% に対して行った。

解析結果の一覧を表 2 に示す。塑性率照査によると 50% まで許容範囲内に収まったがこの時点での

表 2 解析結果一覧

倍率 (%)	上部最大変位 (cm)	系全体の塑性率	許容塑性率	上部最大加速度 (g)	最大モーメント (最大値)	最大塑性率 (最大値)	最大塑性率 (基礎 S)	最大塑性率 (基礎 M)
100	28.3	3.75	4.31	604	1.04E+06	7.064	3.419	0.941
90	29.5	3.91	4.31	581	9.59E+05	8.55	2.602	0.822
80	29.9	3.97	4.31	569	8.77E+05	10.622	2.366	0.634
70	30.6	4.06	4.31	550	7.73E+05	11.125	2.259	0.484
60	30.9	4.10	4.31	521	6.98E+05	15.116	1.803	0.434
50	31.2	4.14	4.31	484	5.86E+05	15.632	1.899	0.388

曲率塑性率が 15.6 に達していることや最大モーメントが終局値に近いということを考慮すると、実質的には初期曲げ耐力比 70% 程度までの低減が可能と考えられる。この結果、100% のとき 3.42 であった基礎 (S) の塑性率は、2.26 まで低下する。また、上部工における最大加速度推移、塑性率照査、および 100% と 50% の橋脚部塑性率比較を図 4 (a)~(c) に示す。

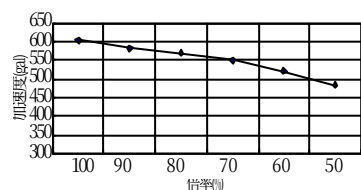


図 4 (a) 上部工最大加速度推移

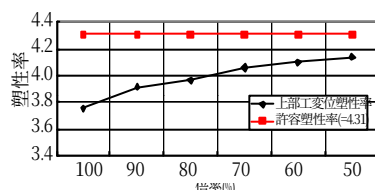


図 4 (b) 塑性率照査

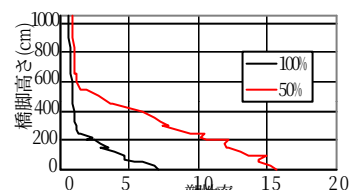


図 4 (c) 橋脚部塑性率比較

6. 結論

- ・ 2 種地盤における RC 単柱橋脚基礎に対して水平力静的载荷のプッシュオーバー解析を行った結果、9 本杭の基礎耐力を 100 としたとき、6 本杭の耐力は 60~70 程度、4 本杭の耐力は 40~55 程度に相当することが確認された。
- ・ 橋脚基礎耐力を漸減させ地震応答解析を行った結果、基礎耐力を初期条件比 50~60% 程度に低減しても十分な耐震性を有することが確認された。これより、橋脚の杭基礎本数が従来 9 本のところを 6 本にしても十分な耐震性を有すると考えられる。
- ・ 橋脚基礎耐力をある一定値（本解析では初期条件比 60%）に固定し、橋脚部の曲げ耐力を漸減させ地震応答解析を行った結果、初期曲げ耐力比 70% 程度まで曲げ耐力の低減が可能であると考えられる。
- ・ 橋脚部の曲げ耐力を低減することにより、基礎の塑性率も低下する。

参考文献

- 1) 森尾 敏、幸左賢二、藤井康男、宮本文穂：「地震時保有水平耐力法と非線型動的解析による耐震検討の比較と課題」、第 3 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震検討に関するシンポジウム発表論文集、PP. 295-302、平成 11 年 12 月
- 2) 日本道路協会、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、P. 178、平成 8 年 12 月