

柱の耐震補強による耐力増加と杭基礎構造の関係について

中央コンサルタンツ株式会社 ○正 員 太田 雅仁
 同 上 正 員 野田 勝哉
 同 上 正 員 中元 英樹

1. はじめに R C 橋脚における柱耐力の過度な耐力増加は、柱基部が降伏する前に基礎が降伏に達する可能性がある。この際に、基礎の補強が必要となるが、実際に基礎を補強することは様々な制約があるため、困難であることが多い。

そこで、本研究の目的は、柱の保有水平耐力の増加が、底版を含む杭基礎の耐力とどのような関係にあるかを検討し、柱と杭基礎の耐力バランスのとれた設計を行うための基礎資料とすることである。

2. 橋脚の諸元 対象とした橋脚は、柱高が 10.0m 程度の R C 壁式橋脚で、基礎形式は場所打ち杭を有するものである。支承条件は全て可動支承である。橋脚基数は全 6 基とした。諸元の詳細は、表—1 に示す。

3. 検討条件 本計算で想定する補強は、柱の保有水平耐力のみの向上とする。

柱の増厚に伴う柱に掛かる慣性力及び帯鉄筋や中間貫通鋼材などによる横拘束効果は考慮しない。

(1) 検討ケース 検討ケースは柱の保有水平耐力を既設と補強後を想定する。その

際に用いる指標を次に定義する。補強後の柱耐力 P_a と既設の柱耐力 P_{a0} を用いて、補強耐力比 γ を式(1)で表す。

$$\gamma = P_a / P_{a0} \quad \dots (1)$$

計算では、この補強耐力比 γ を 1.0、1.5、2.0、2.5 の 4 ケースについて検討する。

(2) 検討項目 基礎構造は底版と杭基礎の 2 つから構成され、各構造の降伏条件は道示¹⁾ によって規定されている。その条件に基づいて検討項目を次のように決定する。

杭基礎は杭本体の曲げモーメントと杭頭反力とする。底版は部材に生じる曲げモーメントとする。この 3 項目について、それぞれの部材に生じる力と降伏時の耐力で無次元化を行う。

杭基礎において、杭体の曲げ耐力比 γ_M は杭体に生じる最大曲げモーメント M_{max} と降伏曲げモーメント M_y より、式(2)とする。

$$\gamma_M = M_{max} / M_y \quad \dots (2)$$

押し込み力比 γ_N は杭の押し込み力 P_N と押し込み支持力の上限值 P_{NU} より、式(3)とする。

$$\gamma_N = P_N / P_{NU} \quad \dots (3)$$

また、底版の曲げ耐力比 γ_{FM} は底版の部

表—1. 橋脚の緒元

橋脚名			橋脚 A	橋脚 B	橋脚 C	橋脚 D	橋脚 E	橋脚 F
支承条件		-	M	M, M	M	M	M	M, M
全 高		m	9.9	10.5	10.1	9.4	10.0	10.0
柱	断面形状	m	4.0×1.2	14.9×1.2	2.0×1.5	2.0×1.5	5.7×1.0	5.7×1.0
	軸方向鉄筋	-	D22ctc150	D16ctc150	D25ctc250	D29ctc250	D19ctc250	D16ctc100
底版	厚 さ	m	1.6	1.5	2.0	2.0	1.2	1.2
	平面形状	m	7.5×5.0	14.8×4.5	6.0×5.0	5.5×5.0	7.0×5.6	5.7×4.5
	鉄筋(軸、上)	-	D16ctc300	D22ctc250	D13ctc250	D13ctc250	D16ctc300	D16ctc300
	鉄筋(軸、下)	-	D19ctc150	D22ctc125	D19ctc250	D22ctc250	D16, 19ctc200	D16ctc100
杭	杭 径	m	φ 1.0	φ 1.0	φ 1.0	φ 1.0	φ 1.0	φ 1.0
	杭 長	m	L=8.0	L=12.0	L=15.0	L=15.0	L=15.0	L=15.0
	本 数	本	5(2+1+2)	10(5×2)	5(2+1+2)	4(2×2)	6(3×2)	4(2×2)
	軸方向鉄筋	本	① : D19×12	① : D22×16	① : D29×10 ② : D25×10	① : D29×10 ② : D25×10	① : D22×16	① : D22×20
地盤種別		-	Ⅱ種	Ⅱ種	Ⅲ種	Ⅲ種	Ⅲ種	Ⅲ種

表—2. 橋脚の降伏判定一覧表

橋脚名		橋脚 A	橋脚 B	橋脚 C	橋脚 D	橋脚 E	橋脚 F
底版	前肢曲げ耐力比	○	○	○	○	降伏 (1.5)	降伏 (1.5)
	後趾曲げ耐力比	降伏 (2.0)	○	降伏 (2.5)	○	降伏 (2.0)	降伏 (2.0)
杭	杭体曲げ耐力比	○	降伏 (2.5)	降伏 (2.0)	降伏 (1.5)	○	○
	押し込み力比	○	○	○	○	○	○

注 1) ○ は降伏していないことを表す。 注 2) () 内の数値は降伏時補強耐力比を表す。

キーワード：耐震補強、杭基礎構造、補強耐力比、曲げ耐力比、押し込み力比

連絡先：札幌市中央区北 4 条東 1 丁目 2 番地 3 Tel (011)233-2541 Fax (011)233-2542

材に生じる曲げモーメント M_{Fmax} と降伏曲げモーメント M_{FY} より、式(4)とする。

$$\gamma_{FM} = M_{Fmax} / M_{FY} \quad \dots (4)$$

4. 計算概要 計算の流れは、柱の終局水平耐力 P_u 及び等価重量 W を算出し、式(5)より基礎に作用する設計水平震度 k_{hp} を決定する。

$$k_{hp} = C_{dF} P_u / W \quad \dots (5)$$

C_{dF} ：橋脚基礎の照査に用いる

設計水平震度の算出のための補正係数

次に、この設計水平震度 k_{hp} を用いて基礎の計算を行う。この際に用いる照査方法は、地震時保有水平耐力法とする。地震力作用方向は橋軸方向のみとする。

5. 計算結果 表-2には、各橋脚における部材毎の降伏判定を一覧表にまとめる。図-1～図-4には、補強耐力比 γ と各検討項目の関係を示す。全ての図に共通して、縦軸は補強耐力比 γ とする。杭基礎については、図-1の横軸に杭体の曲げ耐力比 γ_M を、図-2の横軸に押し込み力比 γ_N をとったものを示す。

底版については、図-3の横軸に前趾側曲げ耐力比 γ_{F1M} を、図-4の横軸に後趾側曲げ耐力比 γ_{F2M} をとったものを示す。照査位置は柱前面である。

表-2より、橋脚A、E、Fは柱厚と比較して底版厚が薄く鉄筋量も少ないため、補強耐力比 γ を増加させると、底版が杭基礎よりも先に降伏する。その他の橋脚は底版厚及び鉄筋量が柱と同程度であるため、補強耐力比 γ を増加させると、杭基礎が底版よりも先に降伏する傾向にある。

図-1の杭体の曲げ耐力比 γ_M をみると、橋脚Dを除いて概ね補強耐力比 γ が 2.0 程度以内では降伏に達しない。図-2の押し込み力比 γ_N では全橋脚が上限値に達しない。

図-3、4をみると、底版の曲げ耐力 γ_{FM} は補強耐力比 γ が 1.5 程度以内では降伏に達しない傾向にある。

6. まとめ 本研究で、補強耐力比 γ が橋脚基礎の降伏判定を行う一つの指標となる可能性を見出すことができた。次に得られた結果をまとめる。

- ・杭基礎は、補強耐力比 γ が概ね 2.0 程度以内であれば、降伏に達しない傾向にある。
- ・底版は、補強耐力比 γ が概ね 1.5 程度以内であれば、降伏に達しない傾向にある。

今後の課題は、固定支承の橋脚を含めて対象橋脚数を増やし、データの蓄積が必要である。

参考文献 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅳ及びⅤ、H14年3月。

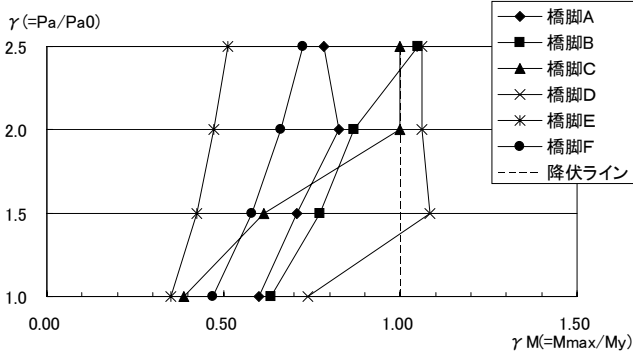


図-1. 補強耐力比 γ と杭体の曲げ耐力比 γ_M の関係

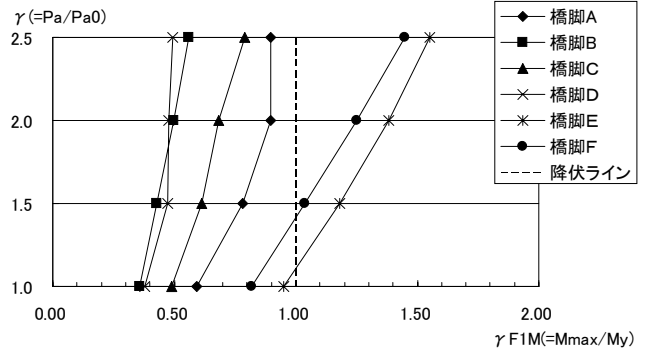


図-3. 補強耐力比 γ と底版前趾の曲げ耐力比 γ_{F1M} の関係

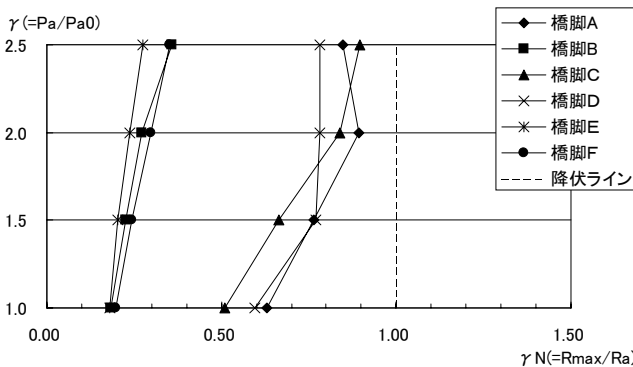


図-2. 補強耐力比 γ と押し込み力比 γ_N の関係

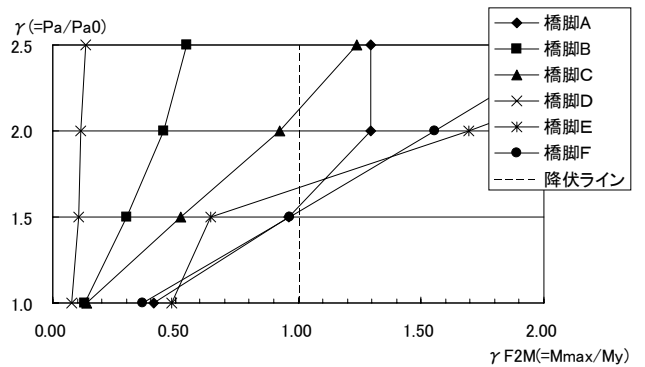


図-4. 補強耐力比 γ と底版後趾の曲げ耐力比 γ_{F2M} の関係