

VI-11

既設杭を利用したラーメン高架橋の耐震設計

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 ○菅原 学
 JR 東日本 東北工事事務所 正会員 小岩 佑記
 JR 東日本 東北工事事務所 正会員 大庭 光商

1. はじめに

高架橋を計画する際に、基礎杭だけ旧基準により設計・施工された区間がある。この既設杭を利用しながら、新耐震基準に対応させるために既設杭の保有耐力を検討し、上部工の設計を実施したのでその内容を報告する。

2. 構造物の概要

今回の検討対象構造物は、高さ約 13.5 (m) の 5 径間と 4 径間のラーメン式高架橋である。現地には、旧設計基準により昭和 49 年に詳細設計を実施し、昭和 52 年度にしゅん功した基礎杭だけが存在する。既設杭は杭径 1500(mm)、杭長 40(m)の場所打ち鉄筋コンクリート杭であり、1 柱 1 基礎形式である。杭の形状及び土質条件を図 - 1 に示す。今回の検討は、5 径間部分を対象とし、杭体の部材断面決定は軸直方向の地震時となる事が一般的であるため、地震時のみの検討を行った。

検討高架橋の断面図を図 - 2 に示す。

3. 検討内容

(1) 既存杭の現有耐力

新耐震基準の降伏強度スペクトルより、上部工の設計降伏強度は 0.27 となった。

既存杭の現有耐力の照査は、①地盤非線形・杭線形、②地盤非線形・杭非線形の 2 ケースについて解析を行った。解析結果を表 - 1 に示す。

既設杭を部材線形として解析した場合、杭の耐力は 2 段目の段落し部で決定され、曲げ降伏震度は 0.23 となった。次に杭を部材非線形として解析した場合は段落し 1 段目で決定され、杭の曲げ降伏震度は 0.35 となった。このように、杭部材について非線形性を考慮する事により耐震性能は向上することがわかる。しかしながら、既設杭の杭頭部のせん断耐力が小さいため、せん断力に対して安全性が確保できていない事がわかる。

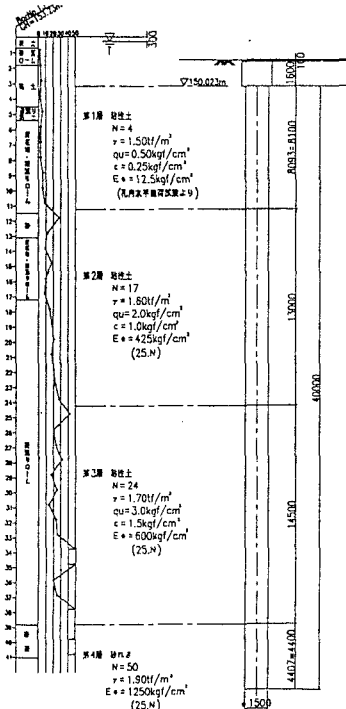


図 - 1 杭形状及び地質図

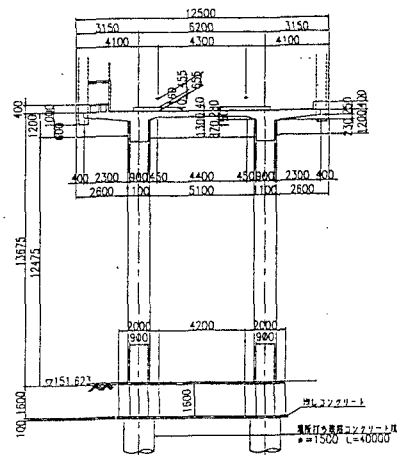


図 - 2 断面図

また、杭頭部においては上部工の曲げに対する安全度 γ_{em} より杭のせん断に対する安全度 γ_{es} も小さく、杭はせん断先行型の破壊形式となっている事がわかった。

表 - 1 解析結果一覧表

		杭 頭	段落し部(1 段目)	段落し部(2 段目)
既存杭の諸元		主鉄筋	D22 - 30 本	D22 - 20 本
		帯鉄筋	D13ctc20cm	D13ctc20cm
曲 げ 降 伏 時	降伏震度	部材線形	(0.30)	(0.25)
		部材非線形		0.35
		部材線形	0.757 ○	0.167 ○
	$\gamma_i \cdot V_d / V_{yd} < 1.0$	部材非線形	1.129 ×	0.219 ○
		部材線形	1.321 < 1.5 ×	5.992 > 1.5 ○
	$\gamma_{es} > \gamma_{em} *$	部材線形	1.321 < 1.5 ×	5.992 > 1.5 ○
		部材非線形	0.885 < 1.5 ×	4.570 > 1.5 ○

* γ_{em} (上部工)は想定値

以上により、既設杭を利用するためには、杭頭部に作用するせん断力を低減する対策が必要となった。

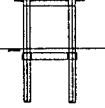
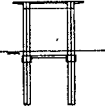
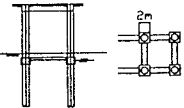
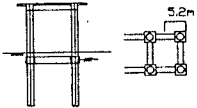
(2) 地中梁の評価

既設杭のせん断力を低減させる対策案として①地中梁の断面形状を変更し地中梁の剛性を低減させる。②地中梁前面の地盤抵抗を考慮する。の 2 方法について検討した。

表 - 2 に検討結果を示す。CASE 1 は地盤非線形・杭非線形で解析した基本ケース、CASE2 は地中梁の断面形状を変更したタイプ、CASE3 は地中梁前面の地盤ばねを杭受台部分について考慮したタイプ、CASE4 は地中梁前面の地盤ばねを柱スパンの半分について考慮したタイプ 合計 3 タイプについて検討した。

なお、ここで考慮した地盤ばね値は、粘性土の埋戻土に相当する大きさとし、 $E0 = 30 \text{ kgf/c m}^2$ である。

表 - 2 杭頭部における応力一覧表

条 件		CASE.1	CASE.2 地中梁の剛性を低減	CASE.3 地中梁の剛性を低減 地中梁前面の地盤バネを考慮 (バネを考慮する範囲：2m)	CASE.4 地中梁前面の地盤バネを考慮 (バネを考慮する範囲：5.2m)
					
曲げモーメント	tf・m	147.70	142.48	123.78	107.10
	比率		0.96	0.84	0.73
せん断力	t f	59.67	61.43	55.24	45.00
	比率		1.03	0.93	0.75

比率：CASE.1 に対する比率を表す。

地中梁の曲げ剛性を小さくする方法は、杭頭部の曲げモーメントは若干小さくなるが、せん断力が大きくなる傾向にあり、有効ではないことがわかる。地中梁前面の地盤バネを考慮すると、杭頭部の曲げモーメント及びせん断力が共に小さくなり、地中梁前面の地盤ばねを 1 杭あたりスパン半分まで考慮すると、杭頭部においてせん断力の発生を CASE.1 に対して約 25% 軽減できる。これより、既存杭の降伏震度は 0.27 程度確保できることがわかった。

4. まとめ

地盤及び杭の非線形性を考慮する事により耐震性は向上する。また、地中梁前面の地盤抵抗(バネ)を考慮することにより、杭頭部における曲げモーメントおよびせん断力の発生を小さく抑える事ができ、 $E0 = 30 \text{ kgf/c m}^2$ で、せん断力は杭頭部でせん断力は約 25% 減少する。