

既設ラーメン橋脚基礎の耐震性能評価手法

国土交通省
新日本技研(株) 会員
杉山 充
藤山 知加子
伊 東 賢

1. はじめに

近年相次ぐ大規模地震の発生により、既設橋梁の耐震補強対策を迅速に進めることが求められている。実際には、橋脚躯体の補強は比較的容易に行うことができるが、基礎の補強は種々の制約によって大規模工事となる場合が多い。本稿では、このような課題のある橋脚基礎に着目し、通常地震時保有水平耐力法¹⁾の他、地盤と杭の相互作用を考慮できる比較的簡便な計算手法²⁾を適用して実態に近い挙動を再現することで、より合理的に基礎の耐震性を判定した事例を報告する。

2. 対象橋脚

図-1 に本稿で照査対象とした既設橋脚の構造一般図を示す。

設計年次：平成元年度

適用：道路橋示方書・同解説 耐震設計編

日本道路協会 昭和 55 年 5 月

3. 解析手法

当該地域では約 630m の区間にボーリング調査が 18 箇所行われていた。推定地質縦断図を図-2 に示す。地表面-25~-30m 程度に分布する洪積砂礫層(Dg4 層)を工学上の基盤面、以浅を成層地盤とみなし、地盤の G~、h~ の関係を H-D モデルによって表した。これにより等価線形法による自然地盤の地震応答解析を行い、道示 (H14.3) で規定される地表面付近の観測地震波を工学上の基盤面に引き戻した。解析時の各層のひずみ依存特性を図-3 に示す。

次に、表-1 に示す 9 ケースの橋脚について、地盤と構造物の一体モデルを作成した。検討ケースはいずれも場所打ち杭で、直角方向地震時を対象とした。ラーメン橋脚は直角方向の躯体耐力が高いため、地震時保有水平耐力法（以下“保耐法”と記す）で基礎のせん

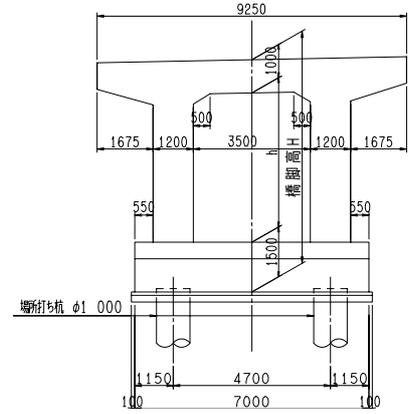


図-1 橋脚構造一般図

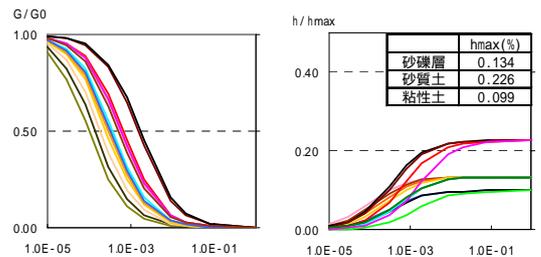


図-3 ひずみ依存特性

表-1 橋脚のグルーピング

グループ名	橋脚高(m)	杭長(m)	類似
A-P01	6.0	23.0	P01
B-P2	7.0	24.0	P02, P1-P4
B-P24	7.0	10.5	P5-P8
C-P10	7.5	12.0	P9-P13
C-P22	8.0	9.0	P22, P23
D-P14	8.5	10.0	P14
D-P19	8.5	17.5	P19-P21
E-P15	8.5	9.0	P15
F-P16	8.5	9.0	P16

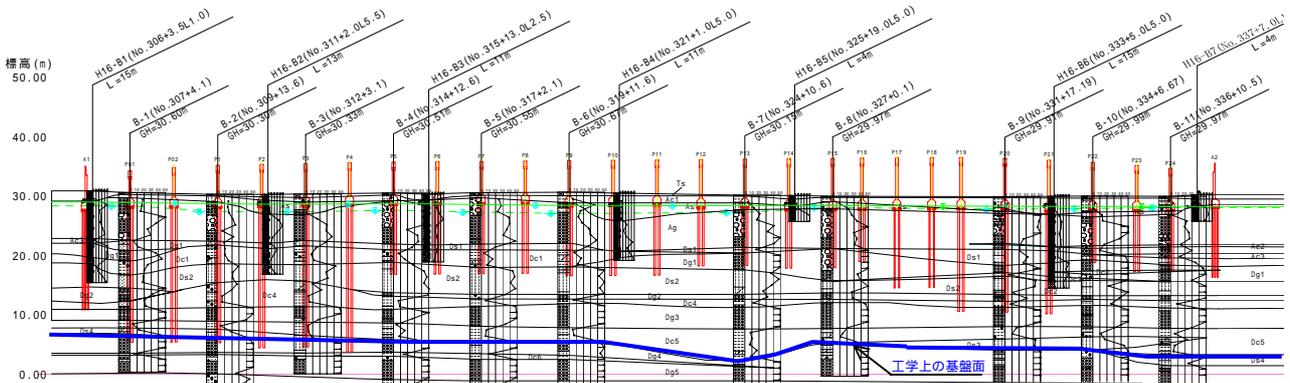


図-2 推定地質縦断図

キーワード：耐震補強設計 ラーメン橋脚 地盤の応答解析 基礎 非線形動的解析 場所打ち杭
連絡先：新日本技研(株)東京支社設計部 東京都港区芝 2-1-23 TEL03-3453-4321 FAX03-5439-7926

断耐力が不足すると判定されたものである。

自然地盤は質量点と非線形せん断バネでモデル化し³⁾、質量点を橋脚モデルの基礎部分とバネ要素で連結した。構造物と地盤を一体としたモデルを図-4に示す。

4. 解析結果

地盤の応答解析の結果、基礎面の引き戻し波は地表面の観測波とほぼ同位相で、最大振幅が約70%程度となった。地盤と構造物の一体モデルの固有値解析の結果を図-5に示す。水平変位が卓越する1次モードは、各ケースで有効質量比75~85%程度となった。2次モードの有効質量比はいずれも10%程度であった。上記の入力地震波および解析モデルを用いて非線形動的解析を実施して得た地盤の履歴曲線(R-0モデル)を図-6に示す。

次に、基礎に作用するせん断力について、保耐法と本手法との比較を表-2に示す。せん断力は、保耐法に比べ平均4割程度小さい結果が得られた。理由として、本手法では地盤と橋脚基礎の全体的な水平変形挙動をモデル化し、地震時に杭に作用するせん断作用をより精度良く評価したこと、地盤と構造物の非線形特性や減衰特性を動的解析で考慮したことが考えられる。これにより、すべてのケースで現状の基礎がせん断耐力を有すると判定された。

5. まとめ

本稿では、地盤を多質量系せん断バネモデルとすることで、一般的な動的解析ソフトによって地盤と構造物一体モデルの非線形解析を実施した。煩雑なFEM解析に比べ、本手法は比較的容易なモデル化が可能である。また、地盤と構造物の一体解析により、地盤と基礎の相互作用をよく再現できた⁴⁾。本論文で得られた結論を以下に示す。

- (1) 既設橋脚基礎の場合、応答塑性率の照査を取り入れることで基礎に一定の損傷を認めているが、せん断耐力については既設構造物でも緩和条項がない。本稿の場合も、保耐法では応答塑性率および残留変位の照査は満足するが、せん断耐力は不足すると判定されていた。
- (2) 本論文に示した方法によれば、基礎に作用するせん断力は、保耐法に比べて4割程度小さい結果が得られた。
- (3) 場所打ち杭では、せん断耐力の評価が補強（増杭）の要否を決定する要因となることが多い。このため保耐法だけでなく本稿に示したような解析も実施した上で、慎重に判断する必要がある。

なお、以上の検討においては独立法人土木研究所の指導をいただいた。ここに深甚なる謝意を表す。

D-P19 解析モデル図

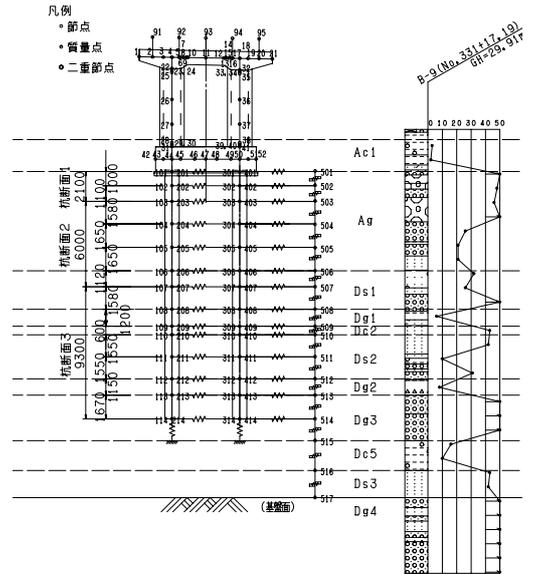


図-4 解析モデル図

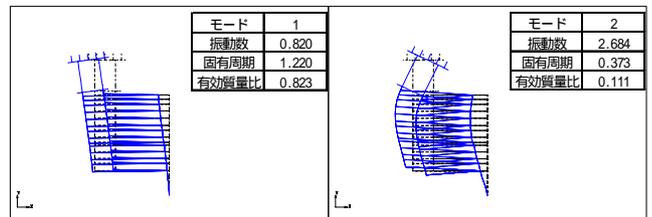


図-5 固有値解析の結果

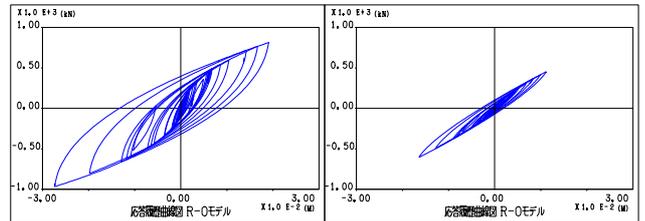


図-6 地盤の非線形履歴（左：砂層Ds1、右：粘土層Dc2）

表-2 照査結果一覧

グループ名	作用せん断力 S(kN)		せん断耐力 Ps(kN)
	保耐法タイプ	本手法	
A-P01	4437	2722	OK 3470
B-P2	4365	2759	OK 3469
B-P24	4396	1835	OK 3469
C-P10	3603	2021	OK 3582
C-P22	3579	1631	OK 3582
D-P14	3493	2184	OK 3573
D-P19	4132	1694	OK 3573
E-P15	3938	2988	OK 3548
F-P16	3688	2294	OK 3458

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（耐震設計編），平成14年3月
 2) Wenliuhan-Heisha and Satoshi Ito：SEISMIC ASSESSMENT FOR EXISTING PILE-SUPPORTED REINFORCED CONCRTE FRAME PIER, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, BC Canada, August 1 - 6, 2004
 3) 矢部・川島：杭基礎の非線形地震応答特性とプッシュオーバーアナリシスによる解析法に関する研究 土木学会論文集 No.619/ -47, pp91-109, 1999.4
 4) 温：地盤 構造物連成モデル解析法の検討 土木学会第60回年次講演会