

地震被害を受けた高架橋の基礎調査及び解析（その2）

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 ○桐生 郷史，室野 剛隆
 弥勒 綾子，舘山 勝
 東日本旅客鉄道（株） 正会員 滝沢 聡

1. はじめに

2003年5月26日に宮城県沖で発生した三陸南地震により岩手県内の東北新幹線高架橋において被害が発生した。被災した高架橋は柱のコンクリートにせん断破壊による斜めひび割れや剥離が生じていた。そこで現行設計法による構造物全体の静的非線形解析を行ったところ、基礎構造物が上部工と同様に損傷を受けている可能性があることが分かった。しかし、前報（その1）にも示すように、杭目視調査の結果、杭に損傷は見られなかった。本研究では、三陸南地震で被害を受けた構造物を対象に、フーチング底面・フーチング前面・地中部柱前面の諸条件を変えた検証解析を行い、実際の被害との整合性及び各抵抗要素が杭基礎の損傷メカニズムにどのように影響するか検討した。

2. 杭基礎の耐震性能の検討

(1) 対象構造物

本検討における対象構造物のモデルを図-1に示す。基礎形式は連結フーチング杭基礎で、柱の形状は、850 (mm) × 850 (mm) の矩形断面、杭の形状は、外径 350 (mm)、内径 220 (mm) の円環断面、杭長 $L=8.0$ (m) である。材料及び設計用値は、文献 1) 及び文献 2) を参考に設定し、地盤条件は地震発生後に当該地点の側近で行った土質調査結果（標準貫入試験及びPS検層）を用いた。また、安全係数および材料修正係数は、 $\gamma=1.0$ 、 $\rho_m=1.2$ を用いた。なお、抵抗要素として検討した地盤ばねは、図-3に示すように、フーチング底面のせん断ばね及びフーチング前面ばねはフーチング図心位置、柱前面ばねは各節点に集中ばねとして配置した。

(2) 現行設計法による検証

杭目視調査を実施した高架橋において、鉄道基準³⁾に基づく現行設計法（Case1）による検証解析を行った。本研究ではこのケースを基本ケースとする。図-4、図-5に示すように、曲げ降伏震度が0.7以上を示しているのに対して、せん断耐力に達する震度は0.45となり、せん断破壊先行型の構造物であると判断できる。さらに図-5は杭部材が柱部材より先にせん断破壊に至ることを示している（柱 $K_H=0.45$ 、杭 $K_H=0.35$ ）。しかし、杭目視調査結果によれば、柱部材はせん断破壊しているのに対して、杭は無損傷であったことから、実際の現象とは異なる結果が得られた。

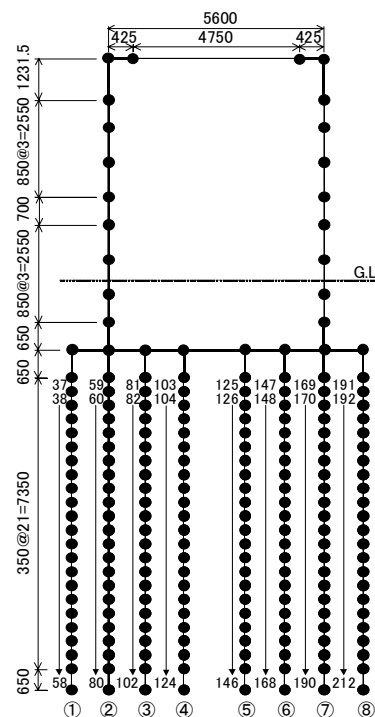


図-1 解析モデル図

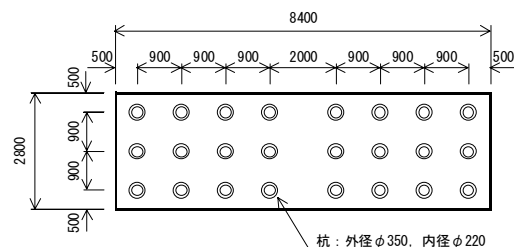


図-2 基礎形式図

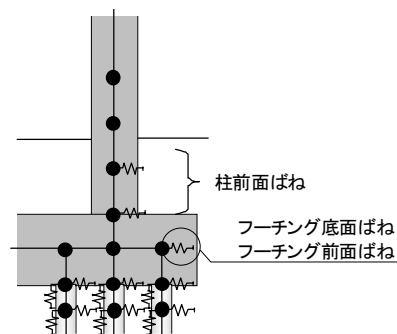


図-3 ばね配置模式図

キーワード 被害解析, 杭基礎, 既設構造物, 相互作用

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （財）鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

（３）地盤の抵抗要素を考慮した検討

フーチング底面せん断抵抗（Case2）、フーチング及び柱前面抵抗（Case3, Case4）が、杭基礎の損傷メカニズムにどのように影響するかを検討した。また、Case5 において Case2 ～Case4 すべての抵抗要素を考慮したモデルで検討した。なお、フーチング底面せん断抵抗を考慮するに先立ち、地震時の地盤のゆすり込み沈下量の算定を行ったところ 1mm 以下であり、フーチング底面せん断抵抗の有効性を示せた。杭目視調査においてもフーチング底面と地盤面に隙間はなく、解析結果と整合性が取れている。

図-6 に各ケース毎のせん断耐力到達時の水平震度増加率を示す。フーチング底面せん断抵抗を考慮した場合（Case2）に 10%程度、フーチング前面抵抗（Case3）及び、柱前面抵抗（Case4）を考慮した場合には 15%程度せん断耐力に達する震度が上昇しており、現行の設計法では無視している地盤の抵抗要素を見込むと、杭の耐震性能に影響を与えることが分かった。Case5 においては、柱のせん断耐力に達する震度が 30%以上の増加率となる。また、破壊形態についても柱のせん断破壊先行型となり、実際の被災状況を説明できる結果が得られた。

現行設計法においては、新設構造物を対象としているため、地盤と基礎の相互作用について未解明な部分については、安全側の評価となるよう設計上無視している抵抗要素が存在する。しかし、本研究のように既設構造物の耐震性能を評価する際には、建設当初からの経過年数や、地盤の状況を把握し、適切な抵抗要素を考慮することで、現有耐力をより正確に評価することができ、効果的な耐震補強に繋がる可能性がある。

3. おわりに

本検討では、三陸南地震により被害を受けた高架橋において、非線形骨組解析を用いて、地盤の抵抗要素が構造物の応答に与える影響を検討し、考察した。今後もさらなる検討を行い、より合理的な耐震設計の発展に努めたい。

参考文献

- 1)基礎土構造研究会編：基礎構造物設計資料，技報堂出版，1977.
- 2)日本国有鉄道盛岡工務局：東北新幹線工事誌（有壁・盛岡間），1982.
- 3)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説－耐震設計，丸善出版，1999.
- 4)弥勒綾子，室野剛隆，桐生郷史，舘山勝，塚田堅史：三陸南地震における高架橋地中部の杭掘削調査及び検証解析，第 39 回地盤工学研究発表会（投稿中）2004.
- 5)滝沢聡，萩原郁男，室野剛隆，舘山勝，弥勒綾子，桐生郷史：地震被害を受けた高架橋の基礎調査及び解析（その 1），第 59 回土木学会年次学術講演会（投稿中）2004.

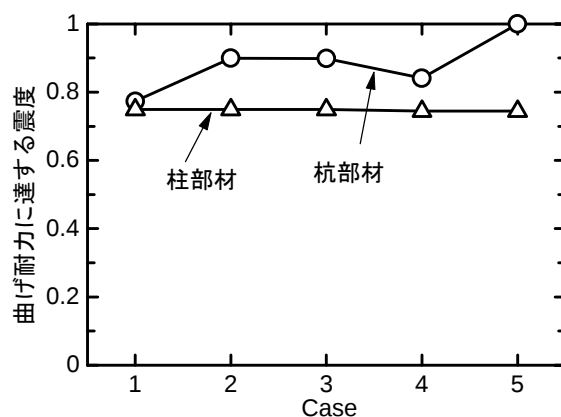


図-4 曲げ耐力に達する震度

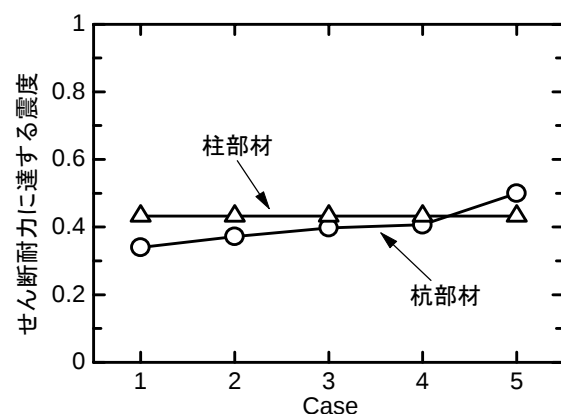


図-5 せん断耐力に達する震度

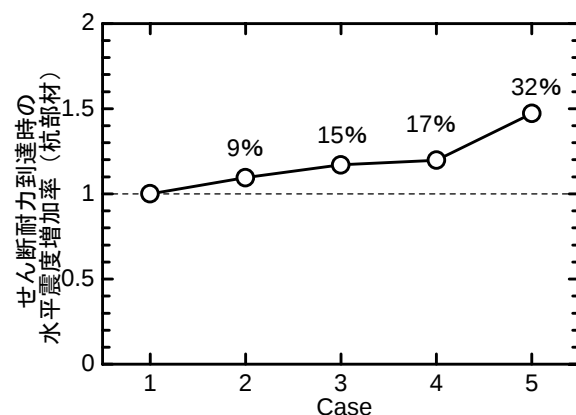


図-6 水平震度増加率

- Case1：基本ケース
 Case2：フーチング下面せん断抵抗を考慮したケース
 Case3：フーチング前面抵抗を考慮したケース
 Case4：柱前面抵抗を考慮したケース
 Case5：フーチング下面せん断抵抗柱，フーチング・柱前面抵抗を共に考慮したケース