

## 段落し部を有する RC 橋脚の変形性能に及ぼす土被りの影響評価

東北大学 学生会員 ○草野 大知  
東北大学 正会員 運上 茂樹

### 1. はじめに

従来の橋梁の耐震設計では、橋脚周辺の土被りについて抵抗として耐震性向上に寄与するが、その効果は小さいとして無視している。しかし、段落し部を有する橋脚において、土被りの厚さによって基部および段落し部の損傷位置が相違する被害事例が報告されている。本研究では、こうした被害事例のうち、2022年3月16日に発生した福島県沖地震で宮城県角田市阿武隈川に架設された枝野橋<sup>1)</sup>の RC 橋脚を参考に、土被りを含めた2次元解析モデルを構築するとともに、静的プッシュオーバー解析を行った。土被りが橋脚段落し部および基部の変形性能に及ぼす影響を定量的に評価した。そして、土被りの地盤定数によっては枝野橋で生じた被害のように基部よりも段落し部で曲げ損傷が先行する可能性があることを確認した。

### 2. 解析モデルおよび解析パラメータ

#### 2.1 解析モデル

宮城県角田市阿武隈川に架設された枝野橋の RC 橋脚のうち地震で損傷した RC 橋脚を対象として、汎用構造解析プログラム TDAPIII<sup>2)</sup>を用いて図-1に示すような2次元解析モデルを作成した。

橋脚の質量は密度で、上部構造重量は上部構造慣性力作用位置に集中質点として与えた。張り出し部上端との間は質量 0 の剛な梁要素とした。橋脚躯体部には非線形梁要素を用い、段落し部を境界とし、要素長は塑性ヒンジ長以下として14分割した。非線形特性は  $M-\phi$  関係とし、骨格曲線には軸力変動を考慮したひび割れ、降伏、最大耐力の3点で表現するトリリニアモデルを用いた。フーチング部および張り出し部は剛な梁要素とし、質量のみを与えた。基礎と地盤間の抵抗は水平・鉛直・回転方向の線形バネ要素とした。橋脚前面の地盤の水平抵抗は非線形バネ要素とし、骨格曲線には道路橋示方書 IV 下部構造編<sup>2)</sup>に

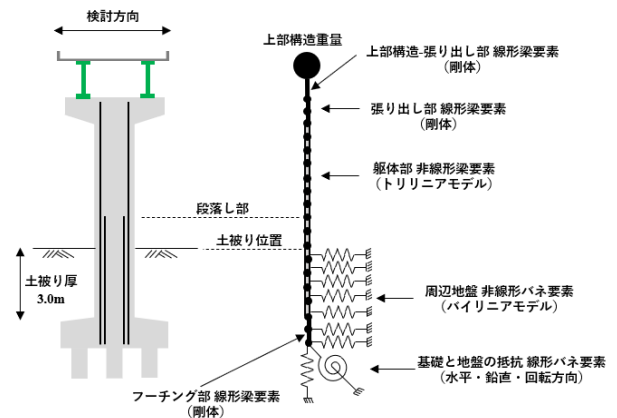


図-1 2次元解析モデル

示されるケーソン基礎の考え方に準拠して地盤反力係数から算出される初期剛性と地盤の地震時受動土圧強度を上限値とするバイリニアモデルを用いた。ただし、橋脚側面の水平抵抗は影響が小さいとして無視した。なお、モデル化の構造条件は現地調査・ヒアリング調査に基づき仮想的に設定し、一部推定も含むものであることに注意が必要である。

#### 2.2 解析パラメータ

本研究では対象とする RC 橋脚に対して、地盤反力係数算定に用いる変形係数の換算係数  $\alpha$ 、橋脚周辺の地盤定数である標準貫入試験  $N$  値、内部摩擦角  $\phi$  を解析パラメータとして静的プッシュオーバー解析を行う。解析ケースは、計 96 ケースである。評価指標は損傷形態判別係数  $S^3)$  とし、橋脚段落し部および基部の曲げ損傷がどちらで先行する

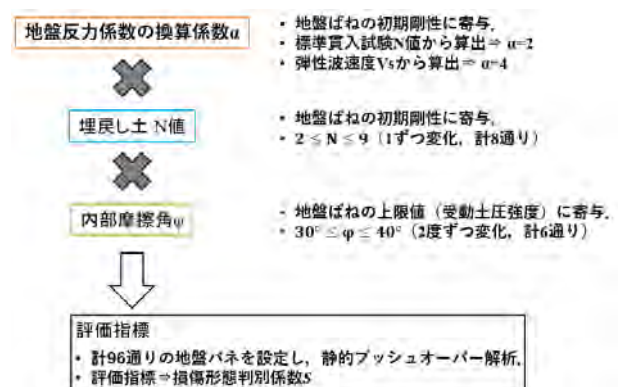


図-2 解析パラメータおよび評価指標

キーワード 橋脚, 段落し, 曲げ損傷, 土被り, プッシュオーバー解析

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7449

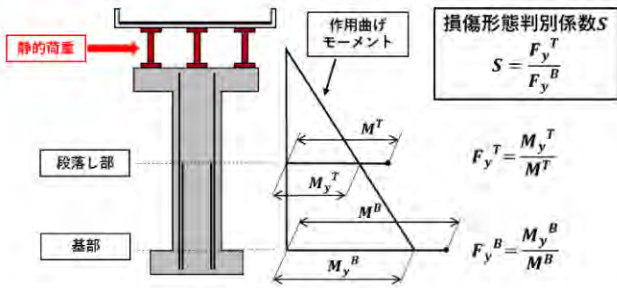


図-3 損傷形態判別係数  $S$  の定義<sup>3)</sup>

かを確認する。図-2 に解析パラメータおよび評価指標を示す。

図-3 に損傷形態判別係数  $S$  の定義を示す。ここで、段落し部および基部における曲げ降伏に対する安全率を  $F_y^T, F_y^B$ 、段落し部および基部における断面の降伏曲げモーメントを  $M_y^T, M_y^B$ 、静的荷重を上部構造慣性力作用位置に作用させた時の段落し部および基部に生じる曲げモーメントを  $M^T, M^B$  としている。なお、評価方法としては損傷形態判別係数  $S$  が 1.0 未満であれば段落し部で曲げ損傷が先行し、1.0 以上であれば基部で曲げ損傷が先行すると判断する。

### 3. 静的プッシュオーバー解析

#### 3.1 载荷条件

解析では、まず自重解析を行い、その時の応力・ひずみを初期状態として、上部構造慣性力作用位置に水平荷重を 770kN まで 7700 ステップに分割したプッシュオーバー解析を実行した。ただし、段落し部および基部の一方が降伏に達した時点で解析を終了とした。そして、解析が終了とした時点での段落し部および基部に生じた曲げモーメントから損傷形態判別係数を算定し、段落し部および基部の変形性能に及ぼす地盤定数の影響を考察した。

#### 3.2 解析結果

図-4、図-5 に基礎周辺の地盤定数である変形係数の換算係数  $\alpha=2$  および 4 の時の地盤定数 ( $N$  値、内部摩擦角  $\varphi$ ) と損傷形態判別係数の関係をそれぞれ示す。 $\alpha=2$  および 4 の時いずれも  $N$  値および内部摩擦角が大きくなるほど損傷形態判別係数が小さくなることが確認できる。また、 $N$  値、内部摩擦角の値を一定として  $\alpha=2$  および 4 の場合で比較すると、 $\alpha$  の値が大きいくほど損傷形態判別係数の値が小さくなり曲げ損傷が先行するケース ( $S < 1$ ) が増加することが確認できる。 $\alpha, N$  値が大きくなると周辺地盤バネの初期剛

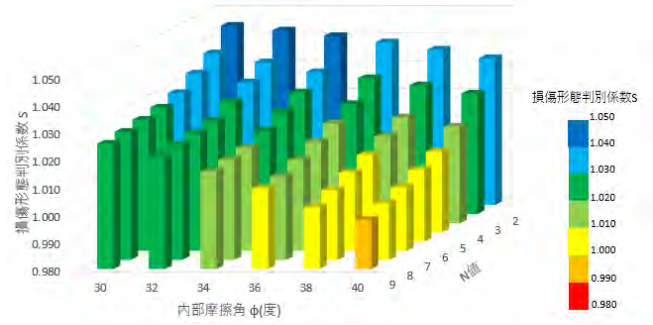


図-4 各地盤定数と損傷形態判別係数の関係 ( $\alpha=2$ )

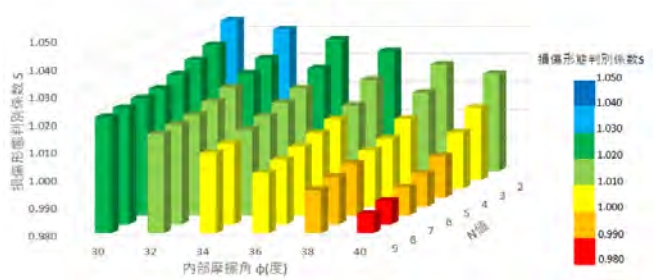


図-5 各地盤定数と損傷形態判別係数の関係 ( $\alpha=4$ )

性が、内部摩擦角が大きくなると周辺地盤バネ反力の上限值がそれぞれ大きくなることで橋脚周辺地盤の水平抵抗が増大するため、基部の曲げ損傷が抑制され段落し部の曲げ損傷が助長されるため上記の解析結果のようになったと考えられる。

### 4. まとめ

段落し部の曲げ損傷が先行する被害が確認された橋脚を対象とし、地盤反力係数算定に用いる変形係数の換算係数  $\alpha$ 、橋脚周辺地盤の地盤定数である  $N$  値、内部摩擦角  $\varphi$  をパラメータとした静的プッシュオーバー解析を行い、損傷形態判別係数について検討した。その結果、実際の被害と同様に基部よりも段落し部で曲げ損傷が先行する可能性があることを確認した。

### 参考文献

- 1) 角田市：枝野橋の通行止め解除と角田橋の交通規制について、  
<https://www.city.kakuda.lg.jp/soshiki/15/11572.html>(参照 2023 年 1 月 18 日)
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，2017.
- 3) 川島一彦・星隈順一・運上茂樹：鉄筋コンクリート橋脚・主鉄筋段落し部の耐震判定法とその適用，土木学会論文集，No. 525/I-33，83-95，1995.