

道路橋杭基礎の地震時地盤変位に対する耐震性評価チャート：高知道への適用

芙蓉コンサルタント 正会員○須賀 幸一，小倉 和壽
西日本高速道路 森 春樹，富田 雄一
西日本高速道路エンジニアリング四国 明石 行雄
愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

構造物の基礎杭は，地震の際に地盤振動や液状化側方流動による側方地盤変位を受ける．想定される南海地震に備えて向けて膨大な数の既存杭基礎に対する耐震スクリーニングを実施するには，地震時地盤変位に対する杭の耐震安全性を簡易に評価できるチャート（以下，杭評価チャート¹⁾と称する）が必要である．本論文では杭評価チャートを高知道の橋梁杭基礎へ適用した事例を報告する．

2. 杭評価チャートの適用事例

(1) 適用橋梁

図-1 に杭評価チャートを適用した橋梁の一事例の設計全体図を示す．これは3径間連続桁形式の橋梁であり，各橋脚は杭基礎である．

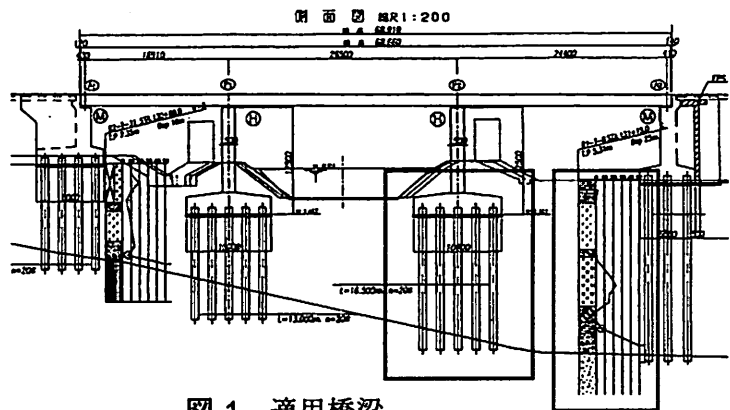


図-1 適用橋梁

(2) 設計図書からの地盤データの抽出

表層地盤は，N 値 0 が続く有機質粘土であり，極めて軟弱な地盤である．地表から 10 m 以深に比較的硬い火山灰層があり，深いほど密になっている．

杭評価チャートで評価に用いる地盤パラメータは，表層地盤の厚さ H と平均 N 値である．図-2 に示すように，杭支持層を特定し，表層厚 H と杭長 L を決定し，ボーリング柱状図より 1m 間隔で N 値を読み取り，平均 N 値を求めた．

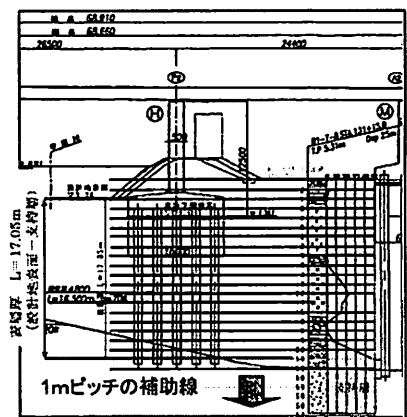
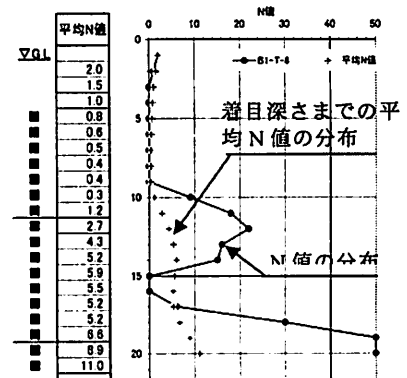


図-2 地盤パラメータ設定

(3) 平均 N 値の算出

読み取った 1m 間隔の N 値を，地表面から着目する深さまでの地盤の平均 N 値を算出した．図-3 に N 値分布と着目深さまでの平均 N 値の変化を示す．この平均 N 値の分布から，GL-10m 付近までは平均 N 値が 1 未満であるが，それ以深では平均 N 値が徐々に大きくなり，GL-10m が N 値コントラストの大きい境界とみなせる．この層境界までの平均 N 値 N_1 は 1.2 である．また，杭支持層上面 GL-18m までの平均 N 値を N_a とすると， $N_a=6.6$ となる．

図-3 平均 N 値の分布

(4) 地盤モデルの判定

杭評価チャートは，地盤を 2 層系と 3 層系にモデル化し，地震時の地盤変位の影響を評価するものである．2 層系地盤は，表層を均質な 1 層と見なしたモデルで，表層全層の平均 N 値 N_a は 6.6 を採用する．3 層系地盤は，表層が上部の軟弱層と下部の相対的に硬い層が分布するモデルであり，上層厚は 10m と固定である．前述のように GL-10m が層境界より上の平均 N 値は， $N_1=1.2$ である．

(5) 表層地盤の厚さ

実際の杭長は $L=16\text{m}$ である。表層地盤の厚さ H は、設計地表面から支持層上面までの深さ 17m とする。杭評価チャートは表層地盤の厚さ＝杭長と仮定して作成されている。表層厚と杭長が異なるが、ここでは層厚を適用する。

3. 杭評価チャートの適用

(1) 2層系と3層系モデルでの杭の曲げモーメント

図-4 に(a)2層系と(b)3層系地盤の模式図と杭の曲げモーメント（絶対値）を示す。図中には、降伏モーメントも示しており、10m 以深では鉄筋の段落としのため小さくなっている。いずれも杭頭部で大きな曲げモーメントが生じている。2層系モデルでは、杭先端で曲げモーメントが大きくなる。3層系モデルは、層厚 10m の表層上部層内で分布する地盤変位を前提としている²⁾ため、杭先端部ではなく深さ 10m 付近の層境界での曲げモーメントが大きくなる。降伏モーメントに対する曲げモーメントの超過率 n が杭頭、杭先端、杭地中の各部で得られる。設計杭頭水平力のみでは $n=1$ である。

図-5 は2層系モデルによる(a)杭頭部と(b)杭先端部（断面変化無視）の杭評価チャートである。このチャートの使い方は、表層厚 H と平均 N 値の点をプロットするだけである。図-5(c)は杭の断面変化（鉄筋段落とし）

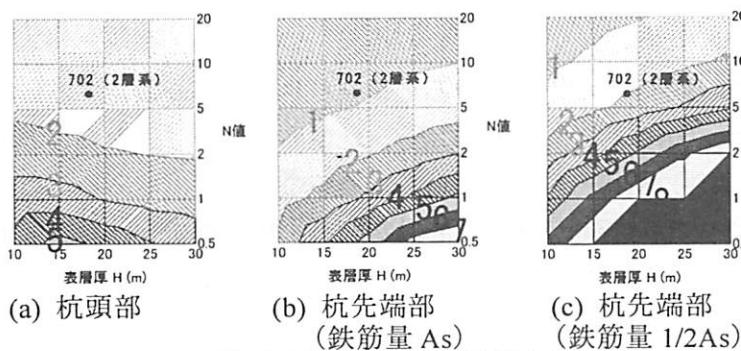


図-5 2層系地盤モデルの杭評価チャート

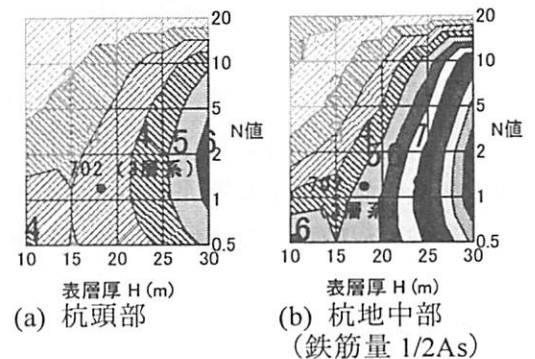


図-6 3層系地盤モデルの杭評価チャート

を考慮した場合の杭地中部（断面変化考慮）のチャートである。塑性率は、杭頭部で 1 以上 2 以下、杭先端で約 1 であるが、段落としを考慮した場合には、杭先端部では約 2 となる。

図-6 に3層系モデルによる(a)杭頭部と(b)杭先端部（断面変化無視）の杭評価チャートである。杭頭部の塑性率は 3 以上となり、2層系よりも大きい。さらに杭の断面変化位置を 10m 間隔で設定すると、深さ 10m 付近の地中部では塑性率が 5 以上となり大きい。

(3) 高知道のある区間での橋梁への適用性

高知道の軟弱な粘性土地盤が卓越するある区間（全 34 橋）で試験的に適用した。塑性率の小数点以下を四捨五入した評点 Im により、4 以下を安全、4 を超え 8 未満を危険、8 以上を特に危険とすると図 7 に示す結果を得た。

4. 結論

地震時地盤変位に対する杭評価チャート²⁾を用いて、高知道の代表的な橋梁に適用した。それぞれの杭評価チャートは、詳細な数値解析モデルで見られる特徴を顕著に表していると評価できる。また開発された杭評価チャートにより効率的なスクリーニングができることがわかった。

参考文献：1) 森伸一郎：既存杭基礎の地震時地盤変位に対する耐震性評価チャートの概念，第 43 回地盤工学会研究発表会，2008（投稿中）2) 森伸一郎，山崎竜馬：既存杭基礎の地震時地盤変位に対する耐震性評価チャートの開発，第 43 回地盤工学会研究発表会，2008（投稿中）

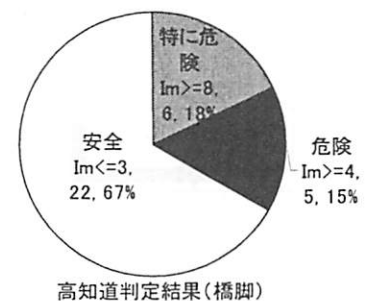


図-7 高知道のある区間に適用した