

局所的な異質地盤特性の影響を考慮した大型ケーソン部での入力地震動の評価 (関越自動車道 片品川橋)

日立造船(株) ○正会員 松下 裕明 正会員 樫本 修二
東日本高速道路(株) 正会員 鈴木 雄吾 正会員 金田 和男 正会員 高久 英彰
(株)地震工学研究開発センター 正会員 野中 哲也

1. はじめに

関越自動車道片品川橋は群馬県沼田市付近に位置する橋長約 1km の 3 連の 3 径間連続トラス橋である。本橋は、図 1 に示す様に多点ヒンジ支持された高橋脚上のトラス橋であり、地震時の挙動が複雑で動的解析による耐震性照査が必要と考えられるが、その適用にあたっては地盤種別など入力条件を適切に選定することが重要である。そこで、本橋に対し、図 1 に示す建設時の各橋脚のボーリング調査結果から道路橋示方書における地盤の固有周期による判定¹⁾を行った結果、橋梁全体としては I 種地盤と判断できるものの、P4、P5 橋脚近傍の B-1 および DB2-20 の 2 箇所で部分的に N 値の低い層があり、結果として I 種地盤と見なせない箇所があることが分かった。しかし、詳細に確認したところ、図 2 に示す様に N 値が低い範囲はケーソン基礎の全高に対して部分的であること、また、その他は概ね N 値が 50 以上の硬い地層となっていることが分かった。そこで本稿では、このような片品川橋の大型ケーソンと地層の関係を考慮した場合に、検証した実務的な FEM 解析により動的解析で用いる標準波形を選定した結果を報告する。

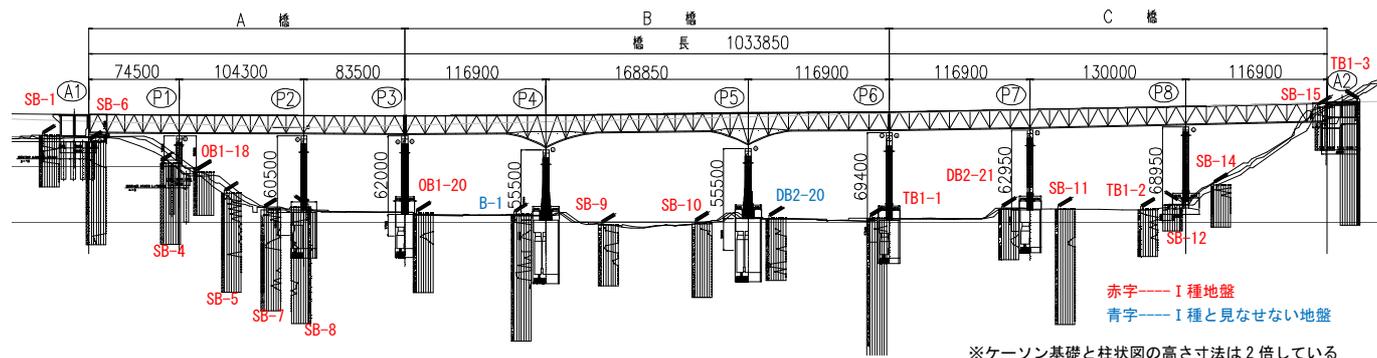


図 1 片品川橋全体の地盤種別

2. 解析モデルと解析手法

一般的に、地震波形の作成には 1 次元の多層地盤を対象とした地盤解析が実施され、重複反射理論に基づいた等価線形解析 (SHAKE 等) が採用されている。これは、通常の実務の耐震設計でよく用いられているものであり、自由地盤の状態での波形作成の方法である。しかし、図 3 に示す様に部分的に N 値が低い地盤がある場合、そのまま波形が増幅される。この時、その層が局所的で層厚が薄くても、深さ方向の 1 次元地盤モデルでは水平方向の広がりや大型ケーソン基礎の影響が考慮できずに増幅されることとなる。

そこで、水平方向の広がりおよび大型ケーソン水平方向の影響を考慮した地震動を求める方法として、図 4 に示す FEM モデルを採用した。解析対象は P4 および P5 橋脚とし、解析に用いる基盤波は隣接する P3 橋脚の地盤条件 (OB1-20 : 局所的に N 値が低い層はない) を用いて道路橋示方書の I 種地盤の標準波形から SHAKE により工学基盤波形に引き戻したものをを用いた。

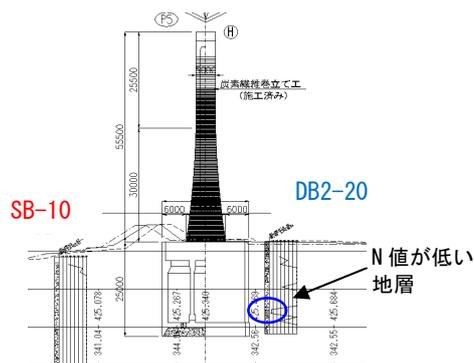


図 2 ケーソン基礎と地盤条件 (P5 橋脚)

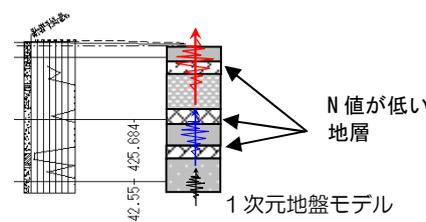


図 3 自由地盤の地震動の増幅特性

キーワード 地盤種別, SHAKE, 地盤 FEM 解析, ケーソン基礎

連絡先 〒559-8559 大阪市住之江区南港北 1-7-89 日立造船(株) 機械・インフラ本部 鉄構ビジネスユニット 06-6569-7047

モデル化では、ケーソン基礎および地盤を FEM の平面ひずみ要素でモデル化した。また、地盤構造は橋脚位置の地盤構成を基に基本的には水平成層構造でモデル化した。基礎のモデルは重量を考慮せず、剛性のみを考慮した。FEM 地盤解析で用いる地盤の剛性と減衰は SHAKE で求めた収束値を用い、ケーソン基礎の重心位置で得られた応答波形を解析から得られた有効入力地震動として評価した。本研究では、むやみに高精度な地盤応答解析を実施するのではなく、実務設計で実績のある SHAKE クラスの精度を有する FEM 解析法を採用した。

3. 解析結果と考察

前節の手法で作成した FEM モデルの検証のために、FEM 解析から得られた図中のモデル検証用抽出位置（ケーソンから十分に離れた位置）の地表面波と、別途、その位置の地盤条件を用いた SHAKE の解析結果と比較した。図 5 に FEM モデルと SHAKE との比較結果を示す。図に示す様に、ケーソンの影響によるものと考えられる短周期側で若干の差があるが、それ以外の領域でよく一致しているのがわかる。よって、本研究で用いた FEM 解析は形状効果がない水平成層地盤の領域において、SHAKE と同程度の計算精度が得られていると考えられる。

FEM 解析から得られたケーソン重心位置での地震波形の加速度応答スペクトルを道路橋示方書の標準波形と比較した結果を図 6 に示す。この図から、道路橋示方書の I 種地盤の標準波形と比較した場合、固有周期が約 1 秒を超える範囲でよく一致していることが分かる。よって、本橋の支配的な固有周期が 1.2 秒〜2.0 秒程度であることを考慮すると、I 種地盤の標準波形の適用が可能と考えられる。なお、固有周期の低い領域で道示 I 種地盤より加速度応答スペクトルが小さくなったのは、ケーソン基礎の形状効果によるものと考えられる。

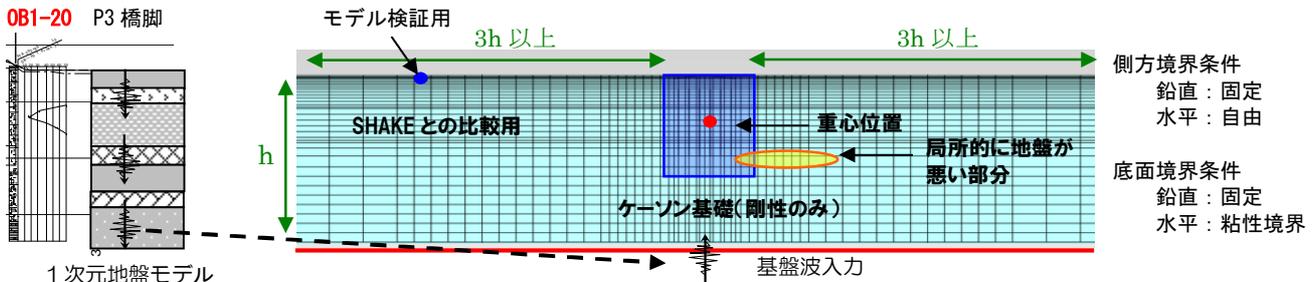
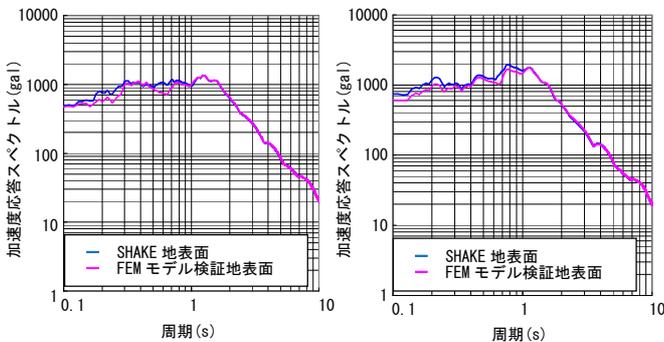


図 4 一次元地盤モデルと FEM モデル

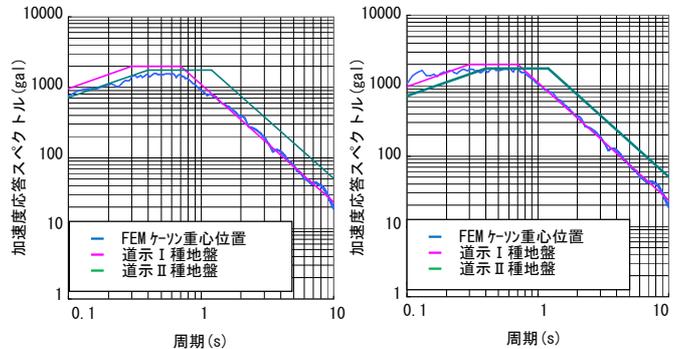
4. おわりに

片品川橋の P4, P5 橋脚の地盤条件に対して基盤波形の水平方向への広がりや大型ケーソン基礎の影響を考慮して FEM 解析を行った結果、動的解析に用いるケーソン重心位置での応答波形は道路橋示方書の I 種地盤の標準波形が適用可能と考えられることが分かった。本工事では、ここで報告した検討結果に加え、別途行った検討結果も踏まえた総合的な判断から、I 種地盤の標準波形を用いることとした。

本検討について、ご指導およびご検討頂いた「関越自動車道 片品川橋補強検討委員会」〔委員長：早稲田大学 依田照彦教授〕の委員の皆さまに感謝の意を表します。



(a) P4 橋脚 (b) P5 橋脚
図 5 モデル検証用位置での SHAKE との比較



(a) P4 橋脚 (b) P5 橋脚
図 6 ケーソン重心位置での道示地震動との比較

参考文献

1) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012. 3