

鋼斜張橋での地盤の動的変形特性を取り入れた地震動解析

(株) ヒロコン 賛助会員

○ 笹木 貴司

" "

高本 明

" "

吉山 虎夫

1. はじめに

本橋は最大支間が148.9mの2径間鋼製の斜張橋であり、道路橋示方書（以下「道示」）によれば動的解析を取り入れた耐震設計を行うことが望ましい橋とされている。本橋の形式は斜張橋であり、主塔の大変形が全ての破壊につながるため、大規模地震時における主塔断面の経済性の克服が課題となった。

本設計では、図-1に示すような層厚3.0mにも及ぶ軟弱粘性土の応力とひずみの非線形性による減衰効果を期待し、経済性を図る設計を試みた。

2. 解析手法

2-1 初期寸法の設定

初期設定は地盤の応力とひずみの非線形性は考慮せず、大規模地震波を想定した3次元骨組モデルでの固有値解析による静的解析で決定した。基礎はこの静的解析によって得られた基礎天端の外力を使用し、「道示」に従い保耐レベルの静的解析を行ない決定した。

2-2 最終寸法

(1) 解析概要

中間軟弱粘土層の応力とひずみの非線形性効果の影響を等価線形手法による次元重複反射理論（SHAKE）で解析し、大規模地震レベルの時刻歴応答解析を行なった。地盤の応答解析結果を基礎のベンツェンモデル（図-2）で介し、上部工の動的解析へ反映した。

(2) 時刻歴波形の選定

入力地震波は基盤面に（ $V_s=300\text{m/sec}$ 以上）設定することから、「道示」に示すI種地盤波形と同等と見え、タイプI、タイプII、それぞれ3波づつを考慮した。

採用波形の決定は、III種地盤の時刻歴波形から、SHAKEでの逆解析で基盤面における入力時刻歴波形を算出する方法もあるが、観測地点の土の詳細な動的特性諸定数の入手が困難であること、解析経費および設計工程などを考慮して、I種地盤波形を基盤面に使用した。解析結果として、「道示」に示す加速度応答スペクトルと比較した場合、タイプI、タイプIIでその減衰勾配の傾向は類似を示し、その妥当性は検証できたものと考えられる。

3. 地震時応答解析

3-1 軟弱粘土層のひずみ依存性の評価

基盤面位置の確認及び初期せん断剛性（ G_0 ）決定のためにPS検層を実施した。加えて、地盤のせん断剛性と減衰定数のひずみ依存性の関係を確認するために、動的中空ねじりせん断試験も併せて実施した。以上の試験値を基に G/G_0 、 $h \sim \gamma$ 曲線を作成し（図-3）、地盤の非線形効果を動的解析に反映させた。

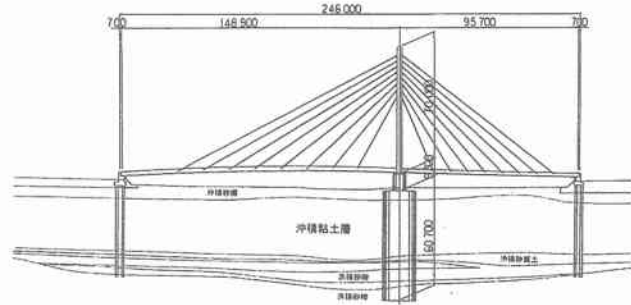


図-1 側面図

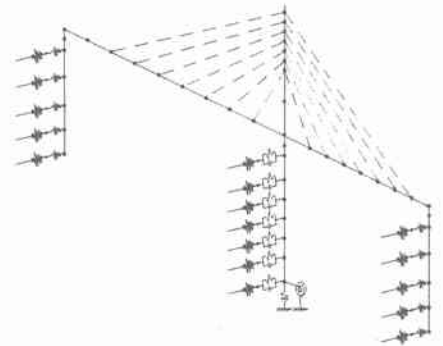


図-2 解析モデル図

3-2 解析結果

入力波と表面波の最大加速度の関係は表-1に示す通りとなった。

表-1 入力加速度と解析表面波との関係

波形	入力最大加速度 max × 0.85	解析表面波	応答倍率
タイプI	274 gal	330 gal	1.22
タイプII	690 gal	480 gal	0.70

表-1に示すように地震加速度はタイプIの方は長周期成分を多く含み、地盤の固有周期1.4～1.7秒に近いため増幅し、タイプIIでは短周期成分が多く地盤による減衰が大きくなっている。

この軟弱粘性土層の非線形効果を考慮した解析により、これを考慮しない場合と比較し表-2に示すような断面縮小（経済効果）が図れる結果となった。

表-2 非線形効果による部材形状の比較

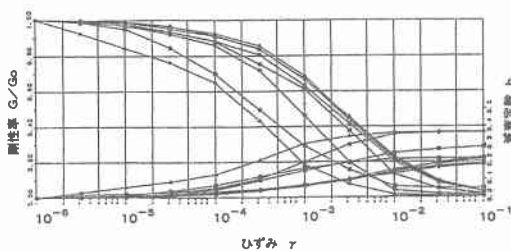
地盤の 非線形効果	鋼管矢板基礎 φ1200	主塔基部板厚 3.0×2.5m
考慮する	外周 62本 隔壁 22本 合計 84本	36mm
無視する	外周 85本 隔壁 33本 合計 118本	46mm

4. おわりに

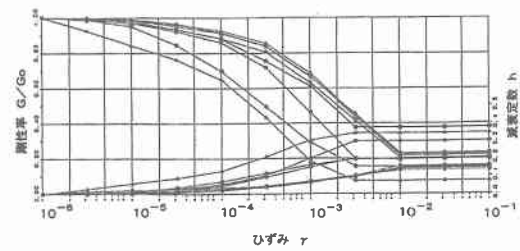
斜張橋の場合、橋脚、主塔の主部材に非線形部材を考慮した設計もあるが、本設計では、軟弱粘土層の減衰効果を利用し、主部材を弾性域に留め、比較的経済的な設計を行うことができた。

地盤の応答解析時において、 G/G_0 、 $h \sim \gamma$ 曲線のせん断ひずみの収束値が1%を越え、等価線形領域を越え解析不能となったため、大ひずみ時、1%以降はせん断剛性係数と減衰定数は一定と考え解析を進めた（図-3）。この問題は、大ひずみ領域での中空ねじりせん断試験の信頼性や、粘土の急激な破壊の可能性の低さを考慮すれば、ひずみ1%以降を一定と考えても、ひずみ依存の傾向を見るには、問題ないと判断したためである。

「道示」の改訂により大規模地震動の考慮が義務づけられた。今後、地盤を取り入れた地震動解析を行う場合、大ひずみ時の評価方法の確立が重要となる。



測定値



大ひずみレベルを等価

図-3 G/G_0 、 $h \sim \gamma$ 曲線

参考文献

道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 H8 (日本道路協会)

道路橋の耐震設計に関する資料 H9 (同上)

基礎・地盤・構造物系の動的相互作用 H4 (土木学会耐震工学委員会、動的相互作用小委員会)

兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書H7 (兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会)