

国鉄・鉄道技術研究所 正員○富田 健司

国鉄・鉄道技術研究所 正員 中村 豊

1. はじめに

同じ耐震性を有する構造物を普通地盤上と軟弱地盤上に構築した場合、後者のほうが地震被害を受ける確率が高い。これは軟弱地盤の地震特性が普通地盤のそれとは異なるためと考えられる。

東北本線三沢～小川原間の姉沼高架橋（単線，下り本線）は，1968年十勝沖地震によってレールレベルにおいて最大75cmの水平残留変位が生じた（図1に位置平面図，図6に残留変位）。この高架橋は東北本線の線増に伴い，この地震の直前に完成した。上り本線はこの高架橋と線間距離で30m程度離れた高さ約5mの単線時代の旧盛土を使用している。この付近は姉沼の湖岸の軟弱地盤地帯である。この地盤をせん断FEMモデル化して，1968年十勝沖地震の際の地盤挙動をシミュレートしたのでその概要を述べる。

2. 偏土圧を考慮したせん断FEMモデル

せん断FEMモデルについては，“第6回日本地震工学シンポジウム”及び“8WCEE”において既にその概要が述べられているので，ここでは偏土圧の考え方について述べる。

姉沼高架橋の変状については，並行する盛土による偏土圧の影響が強いと考え，せん断FEMモデルの各節点に偏土圧に伴う水平静土圧を作用させた。図2に示したように，盛土荷重を等分布帯状荷重とみなし，それによって半無限地盤の地表面から z の深さの点 a に生じる水平応力 σ_{za} は，鉛直方向集中荷重に対するBoussinesqの解を荷重幅 B と無限延長にわたって積分して次式を得た。

$$\sigma_{za} = \frac{q}{\pi} (2\varepsilon - \sin 2\varepsilon \cdot \cos 2\phi)$$

$$\text{ここに} \quad 2\varepsilon = \beta_2 - \beta_1, \quad 2\phi = \beta_2 + \beta_1$$

なお，モデルの奥行きの影響を除去するために，モデルに作用させる水平応力 σ_z は次式で与えることとした。

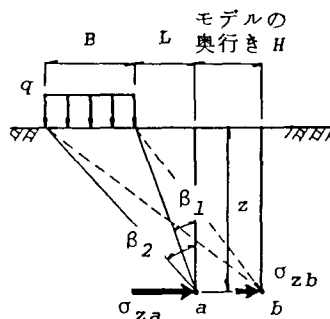


図2 偏土圧の考慮

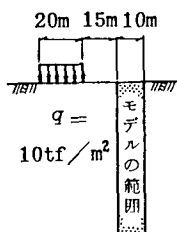


図3 姉沼のせん断FEMモデル

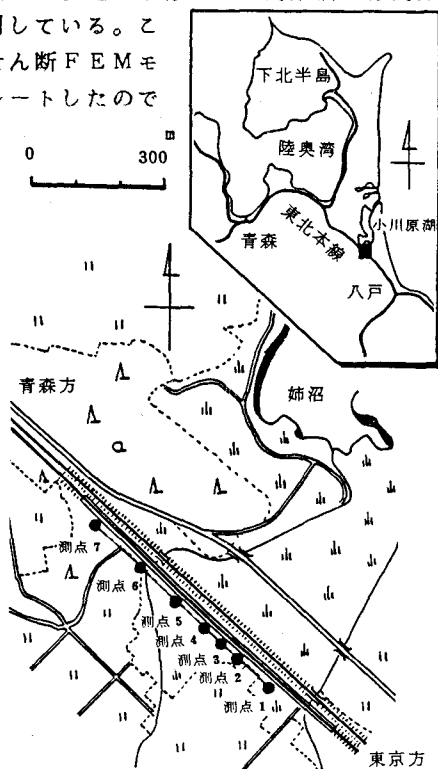
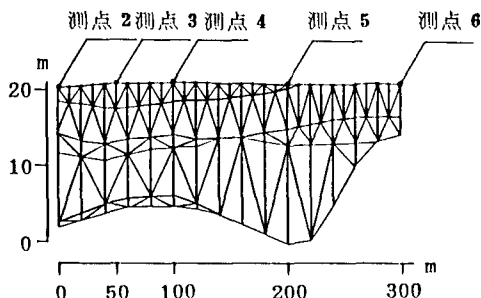


図1 東北本線姉沼高架橋位置図



$$\sigma_z = \sigma_{za} - \sigma_{zb}$$

図3に今回使用したモデルを示す。

3. 偏土圧の影響と地盤の挙動

入力地震波として1968年十勝沖地震の際に八戸で記録された加速度波形を用いた。重複反射理論により基盤波に変換し、NS成分は最大133.3Gal、EW成分は最大157.2Galとしてモデルの基盤に入力した。

応答計算は偏土圧の地盤の残留変形に対する影響の程度をみるために、偏土圧がない場合とある場合を計算した。計算は地震動がほぼおさまる100秒間を対象とした。

計算結果は各測点の応答変位波形(図4)と瞬時モード(図5)によって示される。偏土圧がない場合とある場合では地盤の挙動は一変しており、いかに偏土圧の影響が大きいかが分かる。偏土圧がない場合、測点5と6の間で最大15cm程度の比較的波長の短い残留変形が生じているが、偏土圧のある場合では測点2から5にかけて平均して20cmの残留変形が認められる。

4. まとめ

数少ない検討結果ではあるが、以上から軟弱地盤の地震時挙動について次のような傾向のあることがわかった。

(1) 偏土圧がない場合には、振動特性が急変するような部分(急傾斜基盤のところや局部的に極軟弱挟み層のあるところなど)でその特性の周辺地盤との違いが強調されるために比較的短波長の一見蛇行しているような挙動を示すものと考えられる。また、その形状がそのまま残留変形となる可能性が高い。

(2) 偏土圧がある場合には、軟弱地盤層が厚いほど、また軟弱の程度が高いほど偏土圧によって側方に押し出される変形量が大きくなる傾向がみられる。

このように軟弱地盤の地震時挙動には偏土圧が非常に大きく影響すると考えられるので、軟弱地盤の解析にあたってはこの影響を考慮することが必要と考えられる。

ここで行ったシミュレーションは地表面に引かれた一本の線の挙動を示したものであり、高架橋の挙動には触れていない(図6)。今後、高架橋モデルを地盤モデルに組み込み、目違い量や折れ角の変化のシミュレートを行うとともに、軟弱地盤の地震時挙動のパラメータ解析を行う予定である。

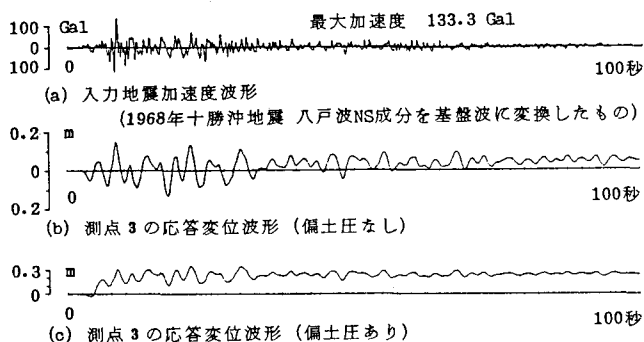


図4 入力地震波形と応答変位波形の例

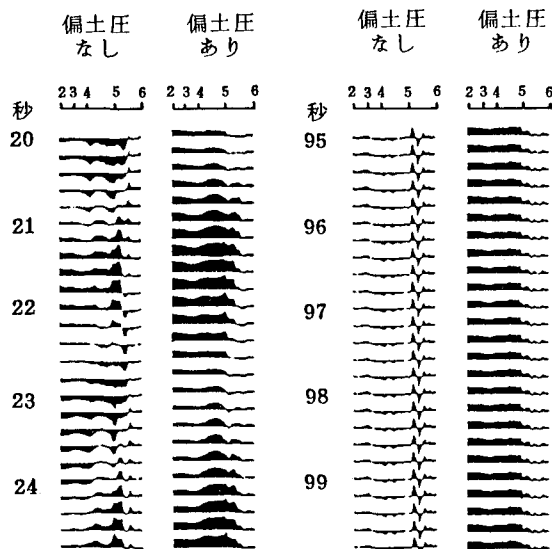


図5 瞬時モードの例

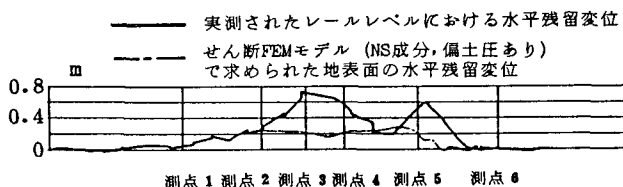


図6 姉沼高架橋の実測残留変位(レールレベル)