

地震による橋梁の軸方向と軸直角方向変形への地盤の影響の考察

前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. はじめに

地震で橋梁が橋軸方向と橋軸直角方向の2方向に変形することが多い。今回、その発生機構を代表例について地盤に着目して考察したので以下に報告する。

2. 被害橋梁の代表例

ここでは代表例として1993年釧路沖地震(M=7.8)で被害を受けた利別川橋梁の変形状態と地盤の関係を述べる¹⁾。この橋梁(図1~3)は全長415.68mのPC桁橋梁で鉄筋コンクリート橋脚と井筒基礎を有する。地震で主桁の固定沓F側の端部に亀裂、橋脚5P,8P,9P等の可動沓Mのロッカー沓に破損等が発生した。特に、図4,5に示すように橋脚8P上の終点方のロッカー沓が破損して橋軸方向の起点方に転倒し、その上の桁が桁座まで約200mm落下するとともに上流側に約65mm移動した。このように橋軸方向と橋軸直角方向の2方向に変形している。

地盤は図3に示すように最上層の礫(砂利)混じり砂層GS、その下の粘土Cや細砂混じり粘土SfC、砂混じり粘土SC、礫混じり粘土GC等の軟弱粘性土層、さらにその下の細砂Sf、礫混じり細砂GSf、砂礫層SG等の支持層から成り立っている。即ち、この地盤は砂・礫土層の下に軟弱な粘性土層等がある互層地盤(上下逆転型地盤)であり、またその軟弱粘性土層は沓が転倒した橋脚8Pと9Pの

間を境にして起点側で厚く終点側で薄く堆積しており、この橋梁は異種支持地盤状態にあり地震被害が多くみ

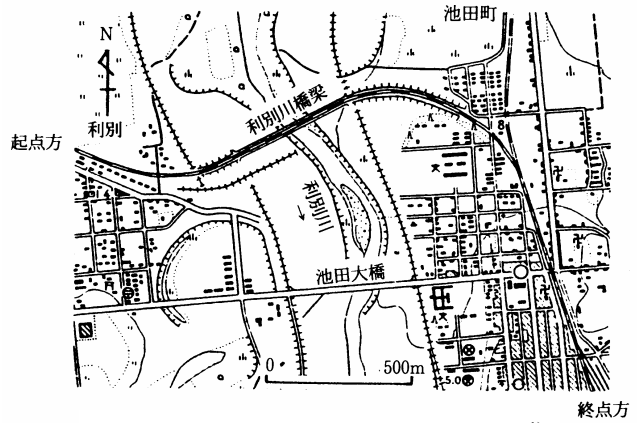


図1 橋梁位置図(文献2に追加)¹⁾

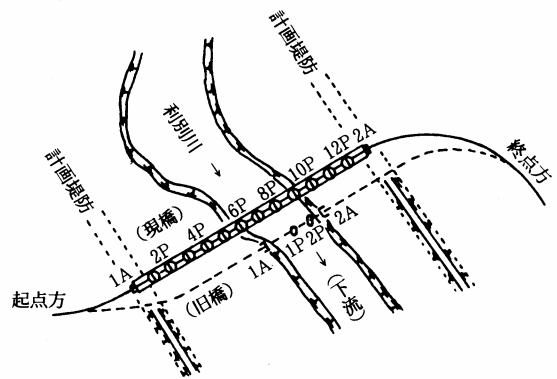


図2 橋梁平面図¹⁾

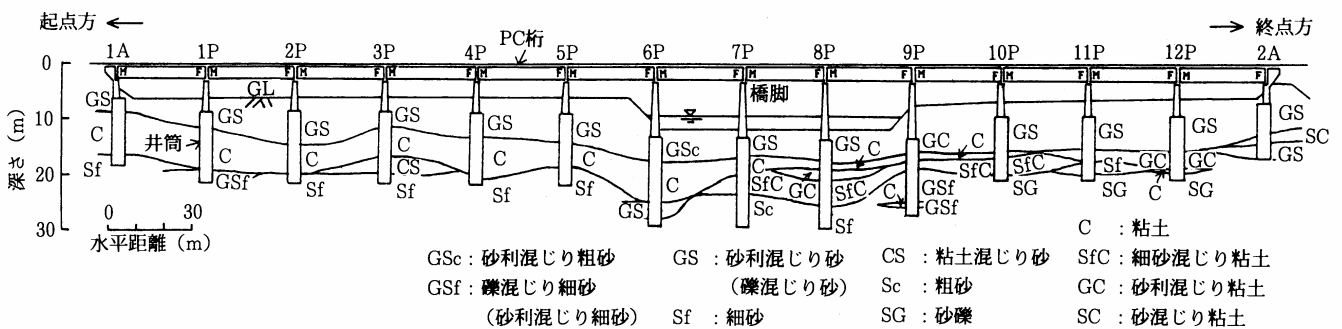


図3 橋梁と地盤状態¹⁾

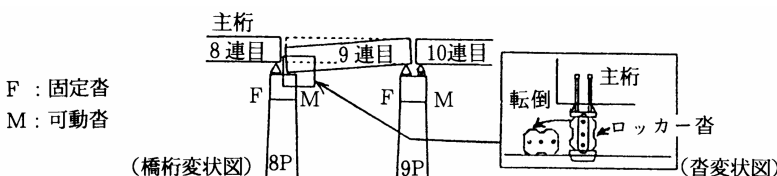


図4 橋脚8P上の橋桁と可動沓の変形状態¹⁾

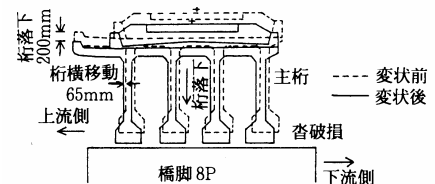


図5 橋脚8P上の9連目桁の変形状態¹⁾

キーワード：地震被害、橋梁、軸方向・軸直角方向変形、硬軟地盤境界線に斜交、不同地盤変位
連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1 電話 027-265-7342

られる地盤状態である。

3. 被害機構の考察

以上のように、この橋梁は橋軸方向に軟弱粘性土層の厚い部分と薄い部分(以後、その上にある砂・礫土層を含めて各々の地盤を軟質地盤と硬質地盤と称す)に跨がって作られ、かつその厚さの変化点の左右に橋脚 8P と 9P が位置する。そのため地震のときに軟弱粘性土層の厚い部分が薄い部分より大きく変位して、地盤に橋軸方向の大きい不同水平変位が生じて両橋脚間が狭くなって沓の破損と転倒が生じたことが考えられる。また、地震のときに下流側に動いた地盤によって橋脚 8P が強く押されて、その反動としてその上の桁端が橋軸直角方向の上流側に移動したこと等が考えられる¹⁾。

ここで図 1,2 をみると図 6 に示すようにこの橋梁の軸方向と硬軟地盤境界線 B が斜めに交差していることが推定される。また、それらのことから地震のときに軟質地盤が硬質地盤よりも相対的に大きく境界線 B に平行な A 方向の下流側に動いて橋脚 8P を強く押したとすると、その作用力の橋軸方向と橋軸直角方向の分力は矢印 E と S に、その反対方向の力は矢印 W と N になる。W 方向は 9 連目の桁が 8P に対して相対的に起点側に移動した方向であり、ロッカー沓の実際の転倒方向と一致する。また、N 方向は桁の上流方向の移動方向と一致する。即ち、この橋梁における上記の被害は橋梁が地盤条件の変化点にあって橋軸方向と硬軟地盤境界線が斜めに交差していて、地震のときに軟質地盤が地盤境界線に対してほぼ平行に動いたために発生したことが推定される。

次に、このような地盤の動きが地震時に発生して被害が発生した例として八戸東高校の被害について述べる。図 1 に示すように、ここの A 棟(直接基礎)の東側が 1968 年の十勝沖地震のときに北側に大きく「くの字形」に湾曲した。この建物はローム層や凝灰質土層の段丘堆積物からなる台地と、それらの土層の間に軟弱な腐植土層等の沼沢性堆積層を含む埋没谷地盤に跨って作られて、異種支持地盤状態にあり、埋没谷地盤上にある東側半分のみが北側に湾曲した。ここでは地震時に埋没谷地盤が谷軸方向の北側に台地に対して相対的に大きく変位したため建物が傾れたことが明らかにされている³⁾。

なお、1952 年十勝沖地震で利別川橋梁現橋の下流側に存在した旧橋(図 1,2)でも、橋桁の両方向の移動が現橋の 8P 付近から真っ直ぐ下流方向の旧 1P と旧 2P 橋脚上で大きく生じた¹⁾。その他に、1993 年釧路沖地震で利別川橋

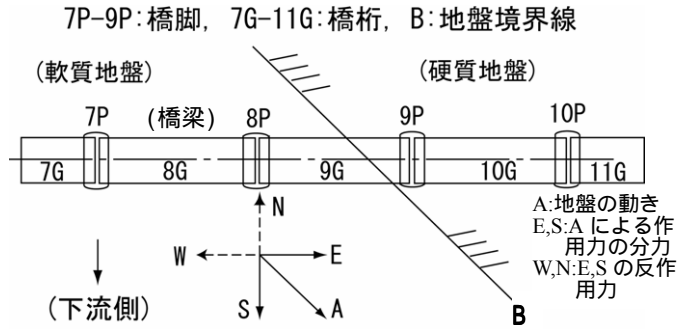


図 6 地震時の地盤の動きと橋梁変形の関係の推定図

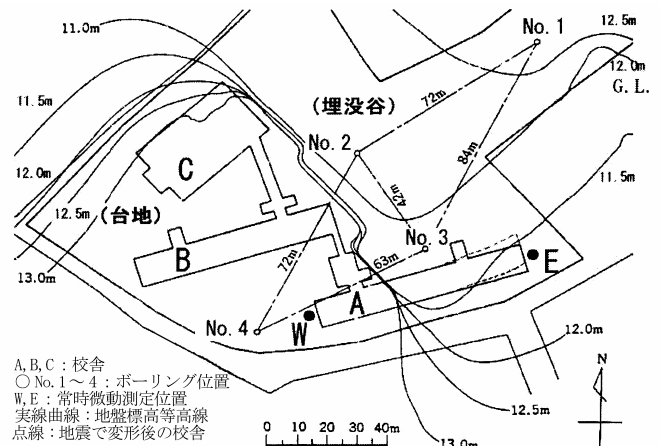


図 7 八戸東高校の地震被害と地盤状態³⁾

梁から約 600m 下流にある道道池田大橋(図 1)でも、左岸側の橋脚上で橋桁が橋軸直角方向に移動するとともに、橋軸方向の西側にも移動した。いずれも砂礫層の下に軟弱粘性土層がある上下逆転型地盤で軟弱粘性土層の厚い部分と薄い部分に跨がって作られた橋梁であり、かつ川岸と橋軸方向が斜めに交差しており、大きい変形の発生状態と位置が互いに似ており、利別川橋梁と同様の地震時の地盤の動きで被害が生じたことが推定される¹⁾。

4. おわりに

上記の橋梁の地震時の橋軸方向と橋軸直角方向の 2 方向変形は、橋軸方向と硬軟地盤境界線が斜めに交わったところで、その境界線に平行に軟質側の地盤が相対的に大きくずれたために発生したことが推定された。他の橋梁の同様の変形も類似の地盤で発生していることが推定される。以上の調査でお世話になった JR 北海道の関係者に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 那須誠: 地震応答解析と常時微動測定を用いた利別川橋梁の釧路沖地震による被害機構の考察, 鉄道総研報告, Vol.10, No.8, pp.41-46, 1996.8.
- 2) 地形図, 1:2.5 万, 十勝池田, 1972 年修正測量.
- 3) 植田淑人, 那須誠: 高校建物の地震被害と地盤と常時微動の関係, 第 38 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2003.7, 投稿中.