

I - B 121

1964 年新潟地震による橋梁の落下機構の考察

前橋工科大学 フェロー 那須 誠

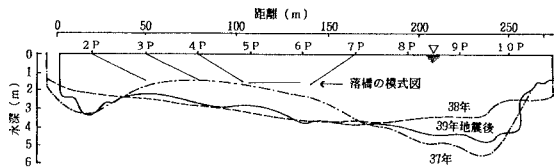
1. はじめに

1964 年新潟地震による昭和大橋の落橋と地盤の関係について既に報告し、主としてそれが硬軟地盤に跨っていたため地盤の不同変位が原因で落橋したことを推定したが¹⁾、今回さらに橋梁の変形状態と地盤の構造の関係から被害機構を考察したので、その結果を報告する。

2. 昭和大橋の地震被害状況と地盤状態及び被害機構の考察

(1)被害状況と地盤状態——図 1 に最近の地図²⁾に昭和 22 年のほぼ自然状態を示す旧版地形図³⁾から写した信濃川の旧河道が示されており、これを見ると昭和大橋は川幅が急に広がる位置に造られている。また、図 2 の河床変化図¹⁾⁴⁾によると、ここの河床は洪水等によって変動しやすいこと、橋脚 $P_2 \sim P_7$ の落橋範囲⁴⁾⁵⁾が河床が傾斜するとともに昭和 37 年と昭和 39 年地震後の間の河床変化量の大きい範囲とほぼ一致することが分かる¹⁾。

昭和大橋の地盤は図 3¹⁾に示すように主として砂質土からなる⁴⁾⁵⁾。その橋梁(パイル)橋梁、杭基礎は埋没砂丘面が深くその上にある河成砂層($U_m \sim U_s$ 層)が厚い所(左岸～河心部、左岸橋台 A_L ～橋脚 P_9 間)と、埋没砂丘面が浅くその上にある河成砂層(U_m 層)が薄い所(右岸側、橋脚 $P_{10} \sim$ 右岸橋台 A_R 間)に跨っており、異種支持地盤状態にある¹⁾⁶⁾。その厚い方の河成砂層の底面は右岸側に傾斜しており、そのため河道の最も深い所が右岸側にある。また、ここの橋梁は前者の河成砂層内の A, B, C 点付近の極軟弱な比較的薄い粘土層(A 点)と腐植土層(C 点)等の有る部分と無い部分の境界部にあ

図 1 昭和大橋付近の地形図²⁾³⁾図 2 信濃川の昭和大橋付近の河床変化¹⁾⁴⁾

て两部分に跨る異種支持地盤状態にあること、しかもその極軟弱土層のある方で落橋が生じていること、落橋範囲はこれらの極軟弱土層の存在範囲とほぼ一致することも同図から分かる¹⁾⁵⁾。

また、同図に示すように橋脚 P_4 の鋼管杭は右岸側へ曲がり⁴⁾、さらに橋脚の柱頭変位量⁴⁾⁵⁾は左岸橋台 A_L と橋脚 $P_1 \sim P_4$ では右岸側(+側)への変位が右岸側へ行く程大きくなる傾向を示し(最大で約+400mm)、それは河成砂層内の極軟弱土層がある方へ大きくなっている。橋脚 P_7 ではそれと逆に左岸側への約 100mm の変位を示し、 $P_8 \sim P_{11}$ と右岸橋台 A_R ではほぼ 0 である。このように落橋範囲内の橋脚と杭のほとんどが右岸側に変位、傾斜しており、その方向は極軟弱土層を途中で挟み込む厚い河成砂層の底面の傾斜方向と同じである⁵⁾。また、橋脚 P_4 の鋼管杭には断面積急変箇所付近で局部座屈が発生し⁴⁾、他の杭に変形が生じた所の地盤には腐植土層等が存在する¹⁾⁵⁾。

地盤条件のよい右岸側の橋台 A_R は変状していないが、地盤条件の悪い方にある左岸側の橋台 A_L は河心側(右岸側)に押し出されて傾斜するとともに、橋台前面の護岸が河心方向へ 2～3m 押し出されて取り付け道路盛土の沈下が 1.2～1.5m 生じた⁴⁾。文献 4)によればここでこのように大きな災害を起こした原因として、左岸橋台を中心

にして生じたとみられる地這りがあげられている。

(2) 被害機構の考察——以上に述べた左岸側橋脚の河心側への移動は、橋脚 $P_3 \sim P_5$ 間の極軟弱粘性土層や腐植土層の存在範囲でその極軟弱粘性土層や腐植土層を這り面としてその上の河成砂層が右岸側に移動したため発生したことが考えられる。しかし、前述のようにこの砂層の移動は地震時だけでなく洪水時にも移動しており、地震時に落橋が生じたのは河成砂層が洪水時と比べて地震時に急に動いて強い力が杭に作用して杭が曲がったためと考えられる。河道幅の変化点という地形条件もこの地盤状態の成立に関係があったのかもしれない。

そのとき左岸側の地盤がしっかりしているので河心部から右岸側の桁の移動は小さかったこと、 P_5 の頭部が左岸側に大きく曲がったのは通例剛性変化点の軟らかい方で破壊等が生じるように、 P_5 付近が極軟弱土層の右端部に位置していて、その杭が右岸側に河成砂層から強く押されたとき桁が動かずストラットのようになったためであること等が考えられるし、 P_7 の頭部が左岸側に変位したのも P_5 の場合と同様と考えられる。

さらに、橋梁の変形と地盤の状態の関係等も考慮すると、極軟弱土層を這り面としてその上の厚い河成砂層（橋脚 $P_3 \sim P_5$ の存在範囲内、G1 とする）が右岸側に動いたとき、右岸側の橋脚 $P_6 \sim P_{10}$ の範囲にある極軟弱土層が含まれていない河成砂層（G2 とする）と橋脚 $P_{10} \sim$ 右岸橋台 A_R の範囲にある浅い埋没砂丘がともに硬くて不動点のようになって余り動かないので、G1 と G2 の両地盤間に短縮側の不同変位が大きく生じて、その境界部の前後にある橋脚 P_5 と P_6 の杭間隔が狭くなり、その結果橋脚 P_5 と P_6 の間隔が狭くなって桁座が狭くなったため、落橋等が生じたことが考えられる。このような地盤の不同変位が橋脚間隔の変化を起こしたのは、河成砂層の圧縮性が比較的小さくかつ地盤反力係数が比較的大きいためと考えられる。さらに、橋脚 P_3 、 P_4 も比較的大きく右岸側にいく程大きく右岸側に移動したため、それらの頭部の桁座が狭くなってそれらの上の桁が落下したことが推定される。左岸橋台 A_L 付近の河心側への移動は、 $P_2 \sim P_5$ の範囲の河成砂層が右岸側に移動したのに伴って生じたことが考えられる。

3. あとがき

以上に述べたように、昭和大橋は砂質土層の下に極軟弱粘土・腐植土層がある所と無い所に跨る異種支持地盤状態にあり、しかも砂質土層の下に極軟弱粘土・腐植土層がある上下逆転型地盤であったため、地盤に生じた橋軸方向の変位差（不同変位）によって、その極軟弱土層の存在範囲内で落橋したこと、そのとき右岸側の浅い埋没砂丘が不動点の機能を強めたこと等が推定される。これは構造部材等が剛性変化点の軟らかい方で被害が発生しやすいことと似ている。おわりに、以上の調査に当たって御世話になった多くの方々に厚く御礼を申し上げます。

参考文献 1) 那須誠：橋梁の地震被害と地盤構造，鉄道総研報告，Vol. 5, No. 11, pp. 27-36, 1991. 11. 2) 都市地図，新潟市，1:1.5 万，昭文社，1988. 3) 地形図，新潟南部，1:2.5 万，昭和 22 年資料修正. 4) 昭和 39 年新潟地震震害調査報告，土木学会，pp. 363-376, pp. 388-389, 1966. 6. 5) 岩崎敏男，常田賢一他：地震時における砂質地盤の液化判定法と耐震設計法への適用に関する研究（第 2 冊），土木研究所資料，No. 1729, pp. 44-46, 1981. 9. 6) 那須誠：地震被害に対する軟弱粘性土層の影響，粘性土の動的性質に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会，pp. 207-214, 1995. 7.

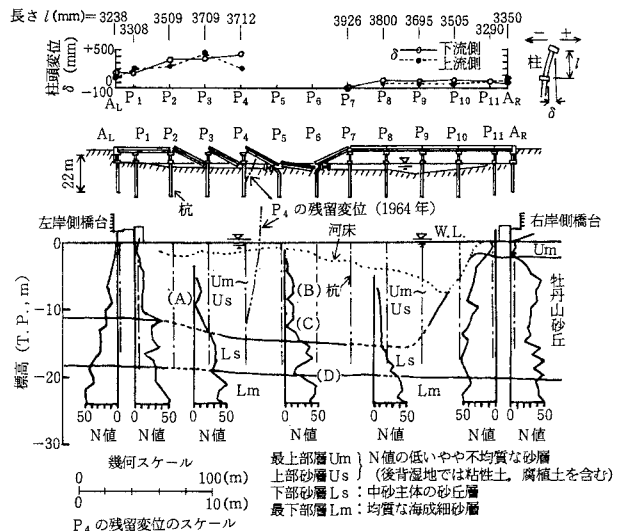


図3 昭和大橋の変形と地盤状態¹⁾⁵⁾