

1. まえがき

地震被害は地盤条件の不連続点で多く、しかも橋梁や建物等の地震被害発生部位に剛性変化点が多くみられる。それらの被害機構を考察するとともに、常時の各種構造物の問題発生点との関連性について考察を加える。

2. 各種構造物の問題発生例

1) 各種構造物の地震被害は、地盤条件の不連続点等で多く生じ、さらに構造物に問題が発生しやすい箇所にはその剛性変化点があげられる。その地盤条件の変化点には、自然にでき硬軟地盤境界部としっかりした基礎のために人工的に作られた地盤条件変化点がある¹⁾。それらの被害構造物の代表例を以下に示す²⁾。

a) 硬軟地盤境界部で地震被害を受けた構造物として、盛土(鯉川・鹿渡間の盛土等)、建物(八戸東高校校舎等)、橋梁(昭和大橋等)その他があり、人工的に作られた地盤条件変化点では新幹線高架橋等があげられる。

b) 地震で被害を受けやすい構造部材や部位には、溶接部や隅角部、剛性変化部、断面積変化部、板厚変化部等がある³⁾。鋼橋では、橋脚の板厚変化部(図1)³⁾、補剛リブ端部(図2)³⁾、基部補剛材(リブ)上縁(図3)³⁾、隅角部(図3)³⁾、中詰コンクリート上端部(図4)³⁾、根巻きコンクリート上端部(図5)⁴⁾等; 阪神高速橋梁等)がある。コンクリート橋では、橋脚の帯筋間隔変化部、柱脚部(基礎・フーチングとの接続部)、柱頭部(桁、梁との接続部)、鉄筋の段落とし部(名取川橋梁や七北田川橋梁(図6)⁵⁾等)、阪神高速東灘高架橋の大阪寄りや神戸寄り橋脚等)、杭の基礎フーチングとの接続部他がある。建物では、建築工法変化階(柱太さの変化部、柱剛性の変化部; 西市民病院や神戸市役所等)、ボルトやリベット、溶接等による継ぎ手部(芦屋浜高層住宅の極厚鉄骨柱等)、溶接部(芦屋浜高層住宅の極厚鉄骨柱等)、住宅の柱頭部あるいは柱脚部(芦屋浜高層住宅等)、断面積変化部(芦屋浜高層住宅の極厚鉄骨柱等)等もあげることができ、また電柱は付け根部で被害を受けやすい(道路上の電柱、建有高架橋上の電柱(図7)等)。

2) 常時の盛土や建物、橋梁等の各種構造物の変形しやすい箇所として、異種支持地盤状態にある構造物(硬軟地盤境界部に作られた構造物や異種支持基礎を持つ構造物等)があげられる。

3) 地震時以外に構造物に問題が出たところとして、電柱の付け根部、継ぎ手部や板厚変化部、隅角部、溶接部、断面積変化点等があり、その他の損傷例としてもんじゅの温度計のさや管の損傷箇所(図8)⁶⁾や航空機の圧力隔壁の損傷箇所(図9)⁷⁾がある。さらに、回転装置のアンバランス存在箇所や、き電線(硬アルミより線)圧縮スリーブ箇所の破断箇所⁸⁾があり、その他にもこのような剛性変化点での問題発生が多い。

4) 各種地盤災害発生箇所として硬軟地盤境界部と地盤中の透水性不連続点があげられる⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。その代表例を以下に

キーワード:地震被害、地盤条件変化点、各種構造物、問題発生点、剛性変化点

連絡 先:〒371-0816 前橋市上佐鳥町460-1 Tel. & Fax. 027-265-7342

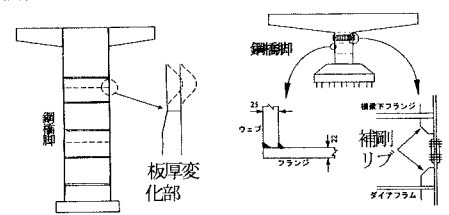


図1 板厚変化部³⁾

図2 補剛リブ端部³⁾

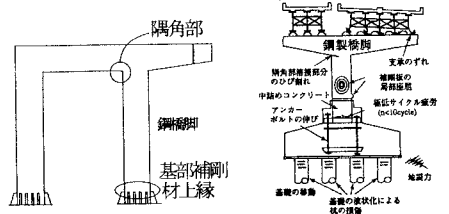


図3 基部補剛材上縁と隅角部³⁾

図4 中詰コンクリート上端部³⁾

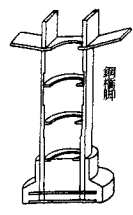


図5 根巻きコンクリート上端部⁴⁾

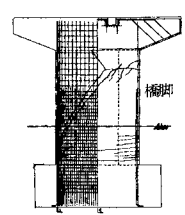


図6 鉄筋段落し部⁵⁾

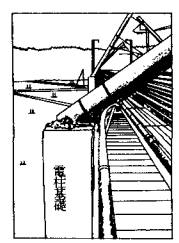


図7 電柱付け根部

示す。良好地盤上の盛土崩壊箇所(区界の盛土)は湧水個所に盛土されて発生し、地付山の地滑りは地滑り層末端部にあった泉の涌く池の埋立地に作られており、ともに盛土によって透水性が低下されたことが推定される⁹⁾。

盛土崩壊は硬軟地盤境界部でも発生しており、それには非降雨時と降雨時の崩壊がある。前者には信越線盛土¹⁰⁾や野場盛土等、後者には能登線盛土等⁹⁾が該当し、能登線盛土は地盤中の透水性不連続点でもある。また、降雨時の斜面崩壊も地盤中の透水性不連続点で見られる。新小平駅構造物浮上は西から東への地層境界線(この方向に地下水の流れがある)の端部で、さらに東側に土層が変化する所で被害を受けている¹¹⁾。

5) トンネル圧力波の微気圧波は、明かり区間(相対的に空気密度が小)とトンネル区間(相対的に空気密度が大)の境界部で発生する。この大きさはトンネル内圧力の時間微分量に比例する¹²⁾。

6) トンネル変状(図10)は地層境界部で多くみられる¹³⁾。地層境界部は地下水も流れやすいし、硬軟地盤境界部であり両地盤間に相対変位が発生し、偏圧が発生しやすいところである。

7) レール損傷は地盤や路盤の不連続点で、即ち軟弱地盤と比較的硬い粘土あるいは砂礫地盤の境界部、切盛境界部、トンネル内の地層境界部、各種橋梁と盛土の境界部等で、特に溶接部で多くみられる¹⁰⁾。また若大輪重は高架橋と盛土の接続部で、盛土から高架橋に向かう列車によって高架橋上で発生した。地盤や路盤の硬さの変化点では大きい輪重変動が発生しやすい¹⁰⁾。

8) 橋脚基礎の洗掘は基礎の硬軟地盤境界部で多くみられる。川水や地層中の浸透水の流速のアンバランス点(不連続点)である¹⁰⁾。

9) 路盤や地盤の陥没は、掘跡埋立地と地山の境界部、硬軟地盤境界部(砂礫地盤と粘性土地盤の境界部、地下鉄トンネルと埋め戻し地盤の境界部)、橋台裏盛土、ボックスカルバートと盛土の境界部等で多くみられる¹⁰⁾。

10) 路盤変状は腐植土地盤と粘性土地盤の境界部、軟弱粘性土地盤と砂礫地盤の境界部等で多くみられ、路盤の軟弱化が発生している¹⁰⁾。

以上に述べた構造物に問題が発生しやすい主な不連続点を図11にまとめる。

3. あとがき

以上に述べたように、各種構造物の問題は、地震時と常時に関係なく地盤条件の変化点や部材の剛性変化点、透水性変化点等で多く発生している。例えば、地震時には地盤条件の変化点や剛性変化点では図12に示すように変位の変化量(不同変位)が大きく、その勾配即ち歪も大きく発生するので、地震時には地盤の不同変位に伴って発生する大きく急激な偏土圧が構造物の基礎に作用して、上部工の剛性変化点に大きい歪や応力が発生して被害が生じること等が考えられる。

参考文献 (1) 那須: 前橋工科大学研究紀要, No.1, 1/8, 1998. (2) 那須: 土学第50回年講, I-472, 944/945, 1995. (3) 土学H7年度全国大会研究討論会資料-鋼構造物の震災被害-, 1995. (4) 菊地: 橋梁と基礎, 30-8, 29/31, 1996. (5) 宮城県沖地震対策会議報告書, 国鉄, 1979. (6) 朝日新聞, 1996. 1. 9. (7) 寺田: 航空機構造と破壊力学, 第3回NISAユザ会議資料, 1993. (8) 鈴木他: J-RAIL'99, 49/52, 1999. (9) 那須: 鉄道総研報告, 9-3, 19/24, 1995. (10) 那須他: 第22回土学関東支部技術研究発表会, 352/353, 1995. (11) 那須他: H6年度応用地質学会研究, 85/88, 1994. (12) 小沢: 鉄道総研報告, 4-8, 3/9, 1990. (13) 白井他: 土学第51回年講, VI-4, 8/9, 1996.

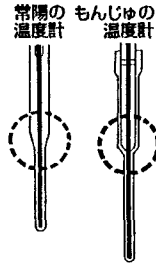


図8 温度計管⁹⁾

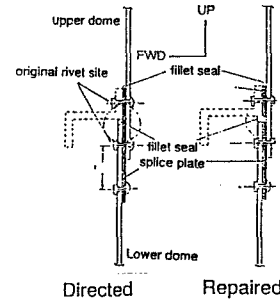


図9 航空機主力隔壁損傷箇所⁷⁾

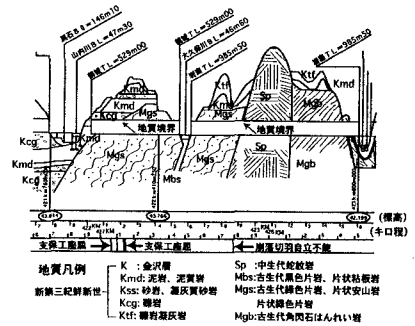


図10 トリ変状箇所¹³⁾

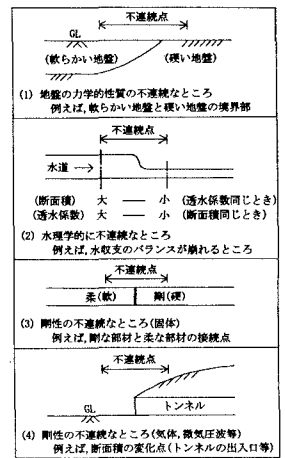


図11 問題が出やすい主な不連続点

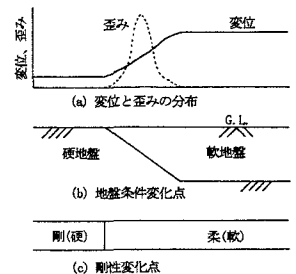


図12 剛性変化点の変位と歪