

(Ⅲ-15) 地震被害と地盤条件 (その14)

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 那須 誠

1. まえがき

これまでに地盤構造に着目した地震被害例調査から、地震被害は地盤条件の不連続な所や谷地形の所等で多く¹⁾、さらに地震被害発生原因として地盤の不同変位やすべり、谷地形箇所の地盤の特異振動等が考えられることを既に発表している^{2)~6)}。今回は、浮き基礎工法等を用いた建物で地震被害を受けなかった建物を例にして、地震被害が生じない理由や地震被害発生原因等の推察を試みた結果を発表する。

2. 地震で無被害の建物の例

軟弱地盤上に作られていて、地震被害を受けなかった建物に東京の旧帝国ホテルや、メキシコシティの高さ約140mのラテンアメリカタワー等がある^{7)~10)}。

2.1 旧帝国ホテル

旧帝国ホテル（地階付）の建物は、大正十二年の関東大地震でもびくともしなかった。ここの軟弱地盤は厚い（15~20m）が、杭は2~4mの短いものが多数打たれており、基礎も厚い連続基礎で頑丈に作られていた。この基礎はいかだ基礎と類似のものと考えられる。この建物（4階建て）の杭が、次に述べるラテンアメリカタワー（高さ約140m）の杭と比べてかなり短い、それらの杭の長さは建物の高さに比例しているようである。

建て替え前の旧帝国ホテルに入ったことのある人によると、建物の内外の壁等に亀裂が多かったと言うことである。それは、杭が軟弱地盤の下で固い地層に達しておらず、地盤が不均質であり、建物の重量も均等に分布していなかったため、常時の地盤の沈下量に差が生じたためと考えられる。

このように、常時に不同沈下が生じて亀裂が生じて、地震時には無被害であるという相反するようなことは、他にもいくつか認められるようである。

なお、このホテルは江戸城や品川台場の地盤が悪い所の石垣が、梯子胴木の下に松杭が多数打ってある基礎の上に作られていたのと似ており、しかもその3つは関東大地震でも壊れなかった^{11)~13)}。

2.2 ラテンアメリカタワー

ラテンアメリカタワーは、建設以来3回ほどの周囲に大被害が発生している大地震でも無被害である。このラテンアメリカタワーは、深さ約48mの極軟弱地盤に昭和30年頃につくられている。その基礎をみると、厚い地下室のようなボックスタイプの基礎であり、補強梁が格子状に入れらるとともに、対角方向にも入れられており、かなり頑丈に作られている。対角方向の補強梁は、建物の壁に縦に入れられる筋交いを水平にしたようなものである。さらに、約33mと長いけれども軟弱地盤の下で固い基盤層まで届かない杭が多数打ち込まれている。この基礎は中空の台座を持つ剣山をひっくり返したようなものである。

2.3 地震被害を受けなかった理由の基礎工法からの考察等

前述の旧帝国ホテルとラテンアメリカタワーが地震被害を受けなかった理由を、次に考えてみる。

(1) これまでの地盤に着目した地震被害例の研究によると、地震被害は地盤条件の不連続な所、即ち軟らかい地盤の厚さが一様でない所で多い。そのような所では地震時に生じる地盤の変位が一様でなく不同変位が発生しやすい^{14)~16)}。その不同変位によって建物底面に引っ張り力等が作用して、建物に被害が発生することが想定される。

頑丈な基礎を持つ建物の地震被害が少ないのは、主として基礎が頑丈であるため地盤の不同変位に抵抗しているためと考えられる。また、建物の下の軟弱地盤の下で硬い基盤面が傾斜しているとき、そこまで達する長い杭があって、そこに固定された杭の長さに長短があると、建物が動くとき建物に大きいモーメントが

作用する。しかし、軟弱地盤中に浮いているような杭の場合はモーメントが建物の基礎に作用することなく、建物が地盤の動きに追従して、それだけ有害な変形が少なくなることが考えられる。

また、杭が軟弱地盤の下に基盤に達しているときは、軟弱地盤の沈下にとまって基礎の下に隙間が生じるが、杭が軟弱地盤の下に基盤に達していないときは、軟弱地盤が沈下しても基礎が軟弱地盤と一緒に沈下するので、基礎の下に隙間が生じないので、それだけ建物の支持力上有利である。

(2) 地下室はそれだけでも頑丈にできている。また、地下室を作る時は地盤土を掘削して、コンクリートで壁や柱、床等を作る。その空間には家具等が置かれたり人が住んだり、場合によっては地下水が入ったりするが、その地下室の重量は掘削土の重量より軽いのが普通である。即ち、掘削土の重量と地下室重量の差だけ建物の重量は無条件に支えられるので、地下室は地盤の支持力からみても大変有利である。

(3) さらに、建物の底部の基礎の下に杭がある場合が多いが、それは樹木が根で支えられているのと同様と考えられる。樹木の根は樹木が高いほど地中に長く伸びてその樹木を支える必要がある。このことと実際の建物も高いほど杭が長い場合に地震の被害が少ないのに対応しているようである。

なお、樹木の根は地中に深く伸びていない場合でも、横に長く伸びている場合がある。それを考えると、建物の場合でも基礎を深くしないで、横に幅広くしかも中空に作れば地震被害を受けない基礎構造となることが考えられる。例えば、刀のつばのように、しかもそのつばを中空に作れば軽くなってなお良くなると考えられる。さらに、そのとき浮き輪のように建物と基礎の間を縁切りして、その間を弾性材で繋ぐ工法等も考えられる。

3. 浮き基礎やいかだ基礎と地震被害発生機構

現在の耐震設計法に、構造物（盛土も含む）の地盤から上の部分に地震慣性力を加える方法がある。これは現在の一般的な方法である。

しかし、浮き基礎工法やいかだ工法等を用いた構造物に地震被害例が少ないと昔から言われている。構造物の基礎に構造物底部を拘束するようないかだ工法や浮き基礎等を用いても、構造物の地盤から上の部分に作用する地震慣性力は、それを用いない場合と比べてそれほど違わないと思われる。それでも地震被害が少なくなるのは、浮き基礎工法やいかだ工法等が地盤の不同変位に抵抗するため、即ち地震被害は地盤の不同変位によって発生することがあることを裏付けているものと思われる。

4. おわりに

これまで、浮き基礎工法やいかだ基礎工法等の地震時の効果から、地震被害の発生に地盤の不同変位が関係ありそうなことを述べてきた。なお、盛土も地震慣性力によって円弧すべり破壊を起こすのなら、いかだ基礎工法等の効果は少ない筈であるが、いかだ基礎工法等が地震時に盛土にも効果がみられることは、盛土の慣性力よりも地盤の不同変位が、盛土の地震被害発生に関係あることを示しているように考えられる。

しかし、まえがきで述べた地震被害例調査結果や模型振動実験結果^{5) 6)}等から、地震被害発生原因として上述の地盤の不同変位によるほか、地盤のすべりや谷地形による特異振動の発生等も考えられる。そのため今後は後2者についても検討する予定である。

なお、以上のことをまとめるに当たって、池田俊雄長岡技科大名誉教授、小川正二同大教授、小林直太中央大教授と岡崎登樹白石技術顧問他の方々に色々と教えて頂きました。ここに記してお礼を申し上げます。

文献 (1)M.Nasu: Proc. of 10WCEE, 1992, Madrid, pp.1137-1140 (2)那須：第11回自然災害学会講演会, pp.68-69, 1992. (3)那須：鉄道総研報告, 6-6, pp.17-26, 1992. (4)那須：RRR, 49-8, pp.9-14, 1992. (5)那須：第21回地震工学研究発表会講演概要, No.35, pp.133-136, 1991. (6)那須：第27回土質工学研究発表会, No.377, pp.1011-1012, 1992. (7)那須：鉄道総研報告, 4-10, pp.33-41, 1990. (8)那須：鉄道総研報告, 4-4, pp.35-44, 1990. (9)那須：RRR, 48-8, pp.33-34, 1991. (10)那須：第23回土質工学研究, pp.823-824, 1988. (11)金本：建設業界, 32-4, pp.60-64, 1983. (12)栗原：建設業界, 35-4, pp.44-46, 1986. (13)金本：建設業界, 31-8, pp.62-65, 1982.