

位於地震帶的工址抗震措施

潘國樑

地震是由地球的內營力所引起的地殼顫動。大地工程師及工程地質師研究地震的目的在於抗震、選擇良好的工址及保證結構體的安全。

地震作用由震源向四方放射出彈性波。震源在地面上的垂直投影稱為震央；震源到震央的距離稱為震源深度。據統計，大多數的地震震源都發生在距地面幾十公里深的範圍內。一般而言，破壞性地震的震源深度多在一、二十公里範圍內，不超過100公里。

同一個規模的地震經常在不同的地點造成不同的震度。它同地震規模、震源深淺、震央距離及所在地區岩石與地質構造的情況有關。同是一次地震，淺源的較深源的震度大，對地面的破壞性也就大，反之則小；同時離震央越近，震度也越大；又岩石鬆軟(如未固結的沈積物、填土等)或斷裂發達的地區之震度也相對大些。此外，結構體所使用的材料結構，以及有無防震措施也會影響破壞程度。

地震波於傳播時，由下伏剛度較強的岩層向上行進的剪切波，於通過表層剛度較弱鬆散沈積物而到達地面後，在傳播速度減慢的同時，其振幅顯著增大，周期有所增長，加速度也被放大。因此，鬆散土層上的結構體振動起來總比堅固的岩層上者為強。

由於不同性質的土層對不同周期的地震波有選擇放大作用，因之某種土層總是將某種周期的地震波選擇性地放大得比較明顯而突出，使地震記錄圖上的這種波記錄得多而且好，這種周期即為該土層的卓越周期。土層的卓越周期與土層的厚度成

正比，而與其剪切波速度成反比。實質上，卓越周期是地震波的共振作用，即當地震波的振動周期與地表土層的自振周期相同時，由於共振作用而使地表的振動加強。低加速度的遠震可以使厚沖積層上自振周期較長的高層建築物遭受破壞的主要原因其實就是共振。因之，很多震害是由於工址、基礎及工程設施的共振而引起的；軟質工址的高層建築、堅硬工址的剛性建築之震害都可能比較嚴重。為了準確估計及防止這類災害的發生，必須使工程設施的自振周期避开工址土層的卓越周期。

地形對震害的影響也相當明顯，其趨勢是突出孤立的地形會使地震動加強，且震害加劇；而低窪溝谷則使地震動減弱，且震害減輕。因此位於山頂的建築物之震害要比位於山腳下者嚴重得多；主要是由於孤突的地形使山體共振或山體內體波多次反射而引起地面位移、速度及加速度的放大。

岩層或土層的含水量飽和後也會影響地震波的傳播速度。一般而言，它將使地震的震度增大；其影響震度的程度依地下水位的深度而定；一般而言，地下水位愈淺則震度的增加愈大；當地下水位在地表下10公尺以下時，則影響程度就不明顯了。

為了增加抗震設計的安全性，選擇有利的工址及基礎型式極為重要，其主要原則如下：

(一)儘可能避開會加重震害的工址或土層，如活動斷層帶、可能產生液化的砂土層或強烈沈陷的淤泥層、厚填土層，可能產生不均勻沈陷的土層，以及可能受地震引發的崩塌等。

(二)考慮到工址土層的卓越周期及建築物的自振周期,儘可能避免結構體與土層之間產生共振,亦即自振周期長的建築物儘可能不要建在深厚鬆軟土層之上;而剛性建築物則不建於卓越周期短的土層上。

(三)避免以加重震害的孤立突出地形及地下水位過淺的地段作為建築用地。

(四)基礎要砌置於堅硬、密實的土層或岩層上;在地震區的鬆散土層上建築,以有地下室的深基礎為佳。

(五)如採用樁基礎應為支撐樁,不能使用摩擦樁。

(六)高層建築物以採用能達到良好承載層的管柱基礎較佳。

(七)在易於產生不均勻沈陷的土層上建築,以採用鋼筋混凝土條形基礎或筏式基礎為佳。

(八)同一建築物不要並用幾種不同型式的基礎;同時基礎不要跨越性質有顯著不同或厚度變化很大的土層上。

台灣地區的道路網(包括高速公路與高速鐵路)逐年在展佈中,但遇到多地震的天然不良條件,對於防震措施確有加強的必要。以下即分路堤、路塹及橋樑三部份加以說明。

在地震作用下易於發生震害的路堤大多是軟弱土層上的路堤、橋頭路堤、高路堤及砂質路堤。最常見的路堤震害多發生在路肩與車道之間及新、老路基之間的縱向開裂,以及邊坡坍塌。另外一種災害是路堤下沉,而道路兩側堤趾的地面發生隆起,此因在寬闊的基礎上由於軟弱黏性土層的復硬性劣化或飽和粉砂土層的液化所造成。在路線走向與地震波傳播方向一致時,由於面波造成地面波浪起伏,使路基隨之起伏,並在鼓起的路段產生眾多的橫向張裂縫。地震時所造成的地裂縫,對於路基造成錯斷、沈陷、開裂等震害,往往

貫穿路堤的全高或全寬;在低濕平原與河流兩岸,沿地裂縫帶則常有大量的噴水冒砂出現。因此,路堤應儘量避免在地勢低窪地帶施作,而且儘量避免沿河岸及水渠興建路基。在軟弱土層分佈區,要注意鑑定基礎下可液化砂土層、復硬性顯著的黏土層之範圍、深度與厚度,並採取相應的地質改良措施。

在路塹段,地震強度大於 $0.1g$ 時,落石及崩坍較為嚴重,它們常發生在裂隙發達、岩體破碎的高陡邊坡。對於半挖半填的路段則可能發生上坍(挖方側)及下陷(填方側)的震害,易沿著挖填交界面出現裂縫及塌滑。因此,選線時即應儘量避開地震時可能發生大規模落石及崩坍的路線,並應嚴格控制挖填土方,儘量減少對自然邊坡的破壞,或以棧橋代替之。

橋樑也是常受震害的結構之一。橋樑的震害主要是由於墩台的位移及倒塌,或者由於下部結構變形而連帶引起上部結構的變形或落梁、橋長縮短、樁柱斷裂、拱橋開裂或斷裂等。其中以基礎土層的好壞對橋樑在地震時的安全度之影響最大。故在河岸可能發生塌滑的軟弱土層上建橋時,應適當增加橋長、合理佈置橋孔、避免將墩台佈置在可能滑動的岸坡上及地形突變處,並適當增加基礎的剛度及埋置深度。橋樑建於軟弱黏土層或嚴重不均勻土層上時應注意減輕載重、加大基礎面積、減少基底偏心及採用樁基礎。當橋樑置於可能液化土層上時,基樁應穿過該土層,並在穩定土層中有足夠的嵌入深度;橋樑遇活動斷層時其軸線應以大交角方向通過,且橋墩應跨越主斷層線。

在強震區應儘量減輕橋樑的總重量,儘量採用比較輕型的上部結構,避免頭重腳輕。對於多孔橋樑宜分節建造,化長橋為短橋,使各分節能夠互不依存的變形。