

507.3
00873

交線01

地震區公路及構造物 設計須知

交通部公路總局製訂



人民交通出版社

地震區公路及構造物 設計須知

交通部公路總局製訂

11239

P216.9

人民交通出版社

書號：1069-京

地震區公路及構造物 設計須知

交通部公路總局製訂

人民交通出版社出版

(北京北兵馬司一號)

新華書店發行

萃斌閣印刷廠印刷

初編者：張錫鈺 複審者：徐澄清

1955年4月北京第一版 1955年4月北京第一次印刷

開本：31''×43'' 印張：壹張

全書19,600字 印數：1—2400冊

定價(8)：0.17元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第4006號)

目 錄

前言

第一章 關於地震現象特徵的基本知識

第一節	地震的破壞性質	(2)
第二節	地震的基本原因	(2)
第三節	地震傳播的地區	(3)
第四節	地震在岩層中運動的性質	(3)
第五節	地震現象的物理性質	(4)
第六節	地震振動的動力	(5)
第七節	主要地震現象的分析	(6)

第二章 地震區構造物設計規則及實用方法

第一節	總 則	(7)
第二節	地震荷載	(8)
第三節	公路定綫和路基本建築(Ⅰ~Ⅳ技術等級)	(10)
第四節	人工構造物	(11)
第五節	擋土牆	(15)
第六節	隧 道	(16)
附錄一	地震鑑定標準表	(17)
附錄二	順拱橋方向的地震慣力計算法	(20)
附錄三	垂直於拱橋方向的地震慣力計算法	(21)
附錄四	地震區擋土牆計算方法	(23)

前 言

爲了適應國防和國家經濟建設的需要，我國公路事業正日益發展中。在公路建築中有些公路將通過地震活動地區，因此，公路技術人員除應詳細調查地震區的現象，從工程地質方面鑑定其烈度外，並應對公路構造物作出經濟有效和有最大抗震作用的建築設計。本局爲適應此項迫切需要，特製定本須知，以供地震區公路構造物設計之用。

由於地球物理學、工程地質學以及地震科學的研究仍在發展中，本須知往後仍須根據理論研究的發展以及各地實用的經驗加以修正補充。因此，希望有關研究和使用單位及時向本局提出有關本須知的意見，以便參考修正。

中華人民共和國交通部公路總局

第一章 關於地震現象特徵的基本知識

第一節 地震的破壞性質

大地震大都具有使人類遭受不可挽救的損失的破壞性質。

例如：一九二〇年在我國的甘肅省因地震死亡將近二十萬人。一九二三年在日本因地震死亡超過十萬人，而損失資產超過三十億元。一九四八年十月在蘇聯土爾克明尼亞共和國的阿什哈巴德及其附近的居民區由於地震的結果破壞了許多房屋、橋梁、迫彎了鐵路的軌道；其中一部分是因地面形成巨大裂縫而被撕裂的。碎石及礫石道路變為難以通行，因為它的鋪砌層在一瞬間即已鬆散成為無粘性的（不穩定的）料堆。

由地震引起的嚴重後果，使我們認識到必須極其認真地研究全部地震現象，以便能及時預防此種破壞的結果。本須知第二章所述的關於地震地區構造物設計規則和實用方法是所有設計機構必須參照執行的。工程師們遵照這些規程可以在許多情況下防止地震的破壞作用。但是這種防止作用只有在瞭解了當地地震現象的特徵及其物理性質，並正確的運用本須知所指示的公路及構造物的設計規則以後，才有可能。

本書的第二章介紹地震區構造物設計規則及實用方法。

第二節 地震的基本原因

地殼的個別部分在地球內力作用下發生很快的振動稱為地震。地震發生以前的、地震發生時的以及震後的各種現象的總

和稱為地震現象。構成地震的原因大都是因為造山的地質構造作用，但是火山的噴發和崩坍也可以成為構成地震的原因。

地殼個別部分的任何隆起和沉陷及其褶皺的形成在地殼的厚度中逐漸增加彈性應力（力量）。當彈性應力增加至超過岩石的極限強度時，則岩石發生破裂，沿着這些裂縫，地殼的個別地段有突然的移動，隨着地殼表面部分的振動有巨量的土體迅速移動。

第三節 地震傳播的地區

研究地震的地理學指出，大部分地震都是發生在太平洋沿岸及其島嶼和喜馬拉雅山的褶皺山系的地帶，也即是地質構造過程和火山構成的地區。

在山嶺地區和在遇水比較容易溶解的、厚度較大的岩層地區（此項岩層在地下水的溶解和溶濾作用下形成空縫和洞穴），由於岩層坍塌的緣故，也可能引起局部性質的地震。

第四節 地震在岩層中運動的性質

地震時地球表層岩石在同一衝擊之下受到兩種基本的運動，即振動運動和波動（擺動）運動。

在研究岩石的兩種運動以前，必須先認識地震綫向地球表面發射的基本圖式。

如圖 1 所示，設 AD 綫為地球表面， C_1 為地震發源地稱為震源，A 點為震源在地球表面上的投影，稱為震中（實際上震中當然不是以數學概念的一個點來表示的，而是地球表面的某一面積）。

實際的觀察確定，地面下的衝擊首先傳達到 A 點，即首先傳到距離震源最近的震中。在 A 點將發生振動運動，有時並伴

隨着旋轉運動。這一衝擊在離震中較遠的其他各點，即B、C及D等點均能感到，但是感到較遲和力量較小。這是因為如圖1所示，距離震中愈近，地面上的衝擊發射角 α （地震射綫）將愈大。隨着 α 角的減小，振動運動將逐漸轉變成混合運動，即變為振動-波動混合的運動，然後又變成波動， α 角愈小，波動運動將愈弱。

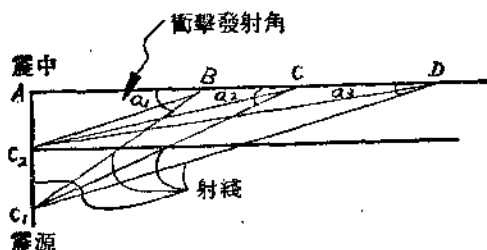


圖1 地震射綫圖式

從圖中（圖1）可以看出，如果震源在地面之下較淺時（ C_2 點），則在距震中較近之處有較小的角度，因而振動運動也較快的轉變為波動運動。所以，振動的發源處愈深，則振動的力量將愈大。

第五節 地震現象的物理性質

因為地球的物質和固體及彈性體最為相像，所以在地球中任何運動也只能以彈性波的方式傳播，彈性波有下列兩種：

- a) 縱波，這時物質分子的振動向着波的運動方向；
- b) 橫波，這時物質分子的振動垂直於波的方向。

在地球表面上還傳佈着一種波，稱為面波。此項面波當大地震時將沿着地面運動，就和海裡的波浪一樣。

为了更好的明確波的性質，我們可以把這種彈性體的品質

視作和橡皮受拉時一樣。如果先將橡皮條拉緊，然後又突然放鬆，則橡皮的每一個分子在拉緊的影響下將向前移，而放鬆的瞬間又恢復原狀，所完成的這些縱向的直綫振動稱為縱波。

如果將橡皮條拉緊及在這種狀態下加以固定，並使其振動垂直於橡皮條的中軸，則橡皮的每一個分子產生橫向的直綫振動，這項振動相當於彈性橫波。

必須還要指出一種可見而波，它是一種重力波。此種面波將使岩層的分分子變位，就像海浪中水的分子變位一樣。

第六節 地震振動的動力

當衝擊時在彈性介體中將產生簡諧振動。這種振動在同質的土層中是自由的，但是對於與地面一起振動的房屋及人工構造物，此項振動將是被迫的，因此地面震動消失後，這些構造物就開始獨立的振動，房屋和構造物的振動週期可能小於或大於地震振動時的振動週期，此項週期是和構造物的尺寸、體積及用以建築它的材料強度有關的。顯然，如果處於反復的地震振動的作用之下，特別是週期性的振動接近於建築物自由振動的週期時，將產生振動的互相重合，那麼建築物的振幅可以增加到相當大，以致使建築物發生破壞。正是因為這個原因，在地震區應避免建築多層房屋及高聳的人工構造物。

除了由地震振動引起的被迫的振動之外，橋梁和房屋當然也感受到本身的振動，因為它們的基礎是砌置在被振動地面的土層之上。當地震衝擊的最初的一瞬間，材料中的內摩擦力還沒有來得及作用的時候，構造物自身的振動特別大。

如果認為構造物基礎的振動和基底的振動相重合，則按照蘇聯經驗，可以決定，任何構造物的結構在被迫振動和自身振動的共同作用之下所引起的最大力量，將大於由單一強迫振動

所引起的力量的一倍，這在實用上是足夠準確的。由於這種原因，在地震區建築構造物時，應特別注意將基礎砌置得較深，注意它的整體性，並且必須將其基礎砌築於岩石基底上。

第七節 主要地震現象的分析

居住在經常遭受地震地區的居民，在發生這種可怕的現象之後，往往回想起許多預兆。這就是井中、河中及湖中的水發渾及其水位變化，動物（包括住在洞中的動物）的大羣搬家，岩石的破裂和許多小的坍塌等。但是這些現象只是少數人才看得到。關於正確的預告地震現象的科學方法現在仍然沒有。

根據這種原因，增加了詳細分析在國內任何地區所發生的全部地震現象的意義，使能根據這些分析作出下列決定：

a) 最大的地震區；

b) 震動的力量，此種力量是由地震鑑定標準來表示的（參看附錄一）；

в) 地震所造成的變形性質；

г) 地震時力量相等的各點；

д) 隨距離變化的地震強度等。

除了親自觀察之外，必須對目擊者進行詳細的訪問。

既然破壞最大的房屋、橋梁、個別的岩層以及露天地面的裂縫、岩堆、滑坍、崩塌等都發生在震中，所以研究地震作用的地區，可以確定地震的方向及其傳播的地區等，以便在以後的建築工程中考慮。根據這些觀察，也可以作出關於某種結構及其基底、材料等的比較堅固的結論。

總結多年的觀察和對目擊者諮詢的材料，可以作出全國適用的、考慮到地震力的地震分佈圖，這是可以大為便利我國的建設工作的。

第二章 地震區構造物設計規則及實用方法

第一節 總 則

1. 使用地震區地圖時必須注意，圖上所繪的是擴大了的地震區，同時每一級烈度包括相當廣的範圍。

2. 在每一級地震區中有極不相同的地質情況，在同一地區內各不同地點的地震烈度實際上是變化很大的。因此，對於構造物的設計來說，地震地區的詳細劃分是有很重要的意義的，此項地區要按土壤的物理力學性質、地質和水文地質情況、當地形勢以及專門觀察資料加以劃分。

3. 在7級及7級以上烈度的地震地區，如缺乏詳細劃分的地震圖時，建築地點的地震烈度可按一般的工程地質和水文地質測量以及所收集的有關地震區的資料加以確定，而最後採用的數字應取得批准設計機關的同意。

4. 對地震方面穩定性最大的土壤是未經風化的岩石和半岩石以及密實的大塊碎石岩。

假定在整塊的結晶岩層中地震的作用是1，則堅實的沉積岩（砂岩、石灰岩）所受地震作用將為1至2.4；天然狀態鬆散的岩層（洪積層、沖積層）將為2.4至4.4（且沖積層所受的振動遠較洪積層為劇烈）；人工填土（視填土密度）將為4.4至11.0，而泥沼地段則是12。

5. 在地震方面不利的是含水飽和的礫石質、砂土質土壤和塑性（流態）粘土。

6. 對地震方面不利的路段是在劇烈間斷的地形、陡岸、沖溝、峽谷等處；風化的和劇烈破壞的岩石以及下列物理地質和水文作用不良的地區：塌方、岩堆、崩塌和流砂地段，接近地殼構造破裂綫附近的地段。

如有必要在這些地段修築時，則應根據特別設計採取保證構造物耐震的措施。

7. 因振動而受損害的主要是構造物的地上部分；地下部分，即構造物的基礎和基底受害很少。構造物重心在地上愈高，則受損害愈大。

8. 在零點處的路基或不深的路塹中，其所受的損害比高路堤或深路塹要輕。深路塹的損壞特別劇烈。

9. 地震計算烈度為6級及小於6級的構造物，不設特殊防震措施。

10. 在地震烈度為9級或小於9級地區中的臨時性公路構造物，亦不設特殊防震措施。

11. 設計永久性汽車公路構造物（主要的構造物）時，計算的地震烈度以建築地點的為準。

12. 當建築橋梁墩台的深基礎和基底時，要考慮到構造物基底土壤的地震性質。

13. 汽車公路的永久性構造物，其計算地震烈度為7級及大於7級者，建議在設計時考慮以後各節的規定。

第二節 地 震 荷 載

14. 計算建築於地震區內的構造物結構時，除了一般的荷載作用外，必須計入假定的地震慣力。

計算時設假定的地震慣力為靜力作用，並假定其傳佈與物體的載重一樣。

15. 當設計構造物時，應考慮到地震力可能來自空間的任何方向，但計算構造物的強度和穩定性所考慮的精力，不論是構造物全部或一部分，通常都認為是水平作用的。

16. 當考慮到動力作用時，地震精力的計算值按下式求得：

$$S = \alpha \cdot K_e \cdot P \quad (1)$$

式中：K_e——地震係數（按表1採用）；

α ——係數，視構造物或其構件的動力性質及地震作用性質而定（按表2採用）；

P——僅和物質有關的重力荷重，即：構造物構件的重量（全部恒載），當地震時引起精力的載重。

地震係數“K_e”值表

表—1

計算的地震烈度	7	8	9
地震係數	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$

係數“ α ”值表

表—2

編號	所計算的構造物或其構件的性質	2
1	構造物或其構件（除本表下列各項以外）	1
2	推力式的拱肋及拱圈結構	2
3	構造物各個部分的局部聯結 桁架，拱肋及橋梁上部構造： 固定支座等的鑲定螺栓（木結構除外）	5

附註：1. 在表2第3項中不考慮垂直活載。

2. 在任何情況下不考慮由卸載引起的摩擦力。

17. 當計算擋土牆及橋台時，應計入由牆本身重量和位於擋土牆台階上的土重而引起的地震力。

18. 當求算土壤側壓力時，其內摩擦角在7級烈度地震區減少 $1^{\circ}25'$ ，8級烈度地震區減少 3° ，9級烈度地震區減少 6° 。

第三節 公路定綫和路基建築（Ⅰ～Ⅳ技術等級）

19. 公路定綫時建議繞過對地震方面不良的地段（塌方、岩堆、崩塌、陡壁、泥沼等地區）。

20. 當定綫時應儘先從堅實的岩層考慮。在鬆散的非岩層中，沿洪積層較沿沖積層好些。當其他條件相同時應先選高地，次選側坡（除非明知為不可靠的山坡），而最後選用河谷。特別是應避免靠近各種水池（湖、河等）的低部定綫。

21. 高填深挖的路基應儘可能使其中心綫沿地震圈半徑方向（即最大打擊方向）定綫。

22. 9級烈度地震區的汽車公路（Ⅰ～Ⅳ技術等級），如路堤高度及路塹深度大於4公尺時，其路堤及路塹邊坡應較在非地震區所規定的平緩（表—3）。在其他情況下，當地震烈度小於9級時，邊坡的陡度與非地震區規定相同。

22 所述各種情況中路堤和路塹邊坡的極限陡度表 表—3

地 區	相 應 的 邊 坡 陡 度			
非 地 震 區	1:1.25	1:1.5	1:2	1:2.5
地 震 區	1:1.5	1:1.7	1:2.25	1:2.5

23. 在鬆散土壤上建築汽車公路路基時，路堤極限高度和路塹極限深度不得大於：

a) 8級烈度地震區——15公尺；

6) 9級烈度地震區——12公尺。

24. 路堤應儘可能用同類土壤填築，成水平層，仔細夯打或輾壓；若係用不同土壤填築，則先將重土鋪於基底上，然後往上鋪輕土。

25. 邊坡加固本身不是用以防禦地震的，但正確設計的並做得好的加固還是有重要意義的，即能保護被地震振鬆的邊坡表面免受以後雨水的破壞。

26. 鋪砌邊坡以及拋石填築都是不合理的。

路堤和路塹邊坡通常是以栽草皮、播種、植樹和栽格子草皮並在其中撒草種而加固的。

27. 在陡度由1:5至1:2的山坡上建築路堤時，路堤基底應做成台階式，其寬度不得小於1.5公尺。

28. 當公路沿山坡通通時，應儘可能避免用半填半挖路基。建議把公路做成「全挖式」。

29. 應特別注意路基表面水和地下水過密的排水設備。土壤含水愈多，則振動的傳播愈劇，傳播的距離愈遠。

第四節 人 工 構 造 物

1. 一 般 要 求

30. 當計算汽車公路的人工構造物時，地震載重在所計算的構件的最不利載重組合下作為一種附加力；同時風載重取規定值的50%。

31. 當考慮地震作用時，材料的容許應力，應按現行公路工程設計準則的規定提高；同時土壤的容許壓力得提高30%，土的容許壓力得提高40%。

32. 考慮地震力作用時，構造物的傾覆及滑動穩定係數不得小於1.1。

33. 計算公路構造物的橋梁墩台和上部構造時（包括重力

式拱橋)，不論在順橋和垂直於橋的方向，地震力作用的方向都假定為水平的。對於構件的計算，應取不利的方向。

構造物的強度和穩定性應在無活載和有活載的情況下均加以驗算。

34. 通常應以本生岩層（母岩）作人工構造物的基底。

基底土層的厚度應滿足對非地震區所規定的要求。

設計墩台基底時必須注意地殼的破口和裂口會增加地震的危險性。橫斷層和正斷層均會增加地震烈度（達三級），而且相應的可能使地震加速度幾乎增加三倍。

35. 天然基底優於樁基，如必須做樁基時，則用懸樁（摩擦樁）較好。

台階式的基礎只許設置在堅硬的岩層上。

36. 在地震區選擇橋位時，不應把構造物置於懸崖的邊緣及置於陡度大於1:3的土坡的山腳下。

2. 橋 梁

37. 在地震區選擇人工構造物型式時，如建橋的造價增加不多，則以建橋為宜。

38. 木質的、金屬的及鋼筋混凝土的梁式上部構造，通常在地震時不會受到重大的損壞，無須另加任何外力，按一般方法設計。梁式上部構造的弱點就是支座，當橋梁的上部構造和墩台的振動不一致時，支座受到很大的應力和位移。因此當編製橋梁設計時，支座的設計問題應特別注意。

39. 在地震區的重力式橋梁墩台可設計用石的、磚的或混凝土的圬工做成。

40. 橋梁墩台中最易被損壞的就是橋台。橋台一般應按最簡單的型式設計，在9級烈度地震區中不准用口形的、帶洞的

及後緣被切斷的橋台，而在 7 及 8 級烈度地震區中建議亦不用上述各種橋台。

橋台應設計得使其足以抵抗由地震加速度、土壓力及橋台本身慣力而引起的增加值。

41. 橋墩在橫向應設計成有足够的剛性，同時并足以抵抗由橋台移動所引起的剪力。

爲了抵抗企圖剪切橋墩的地震力的作用，建議在墩台上部設置直徑爲 10 公厘的垂直鋼筋。

42. 在 7 及 8 級烈度地震區建議不用石砌的及混凝土製的柱式墩台，而在 9 級烈度地震區不准採用。

43. 在地震嚴重地區，拱肋式和拱圈式的金屬的及鋼筋混凝土橋梁可做成無鉸式的，但以其墩台奠基在堅實的岩層上爲條件。拱上構造應儘可能做成空腔式的，并爭取減輕橋面系的重量。

44. 只有在地震不烈的地區，才許可用磚砌及石砌拱橋。石砌拱橋的墩台基礎應置於堅實的基岩上。石拱橋拱上構造的填築宜用不帶頂洞的實腔式。拱脚應儘可能設置較低。

45. 地震對於拱橋的作用是以慣性力的方式來表示的，此項慣性力的方向既可能是順橋的，也可能是垂直於橋軸的。

當振動係順橋梁方向時，地震慣力作用可仿照考慮制動力時的計算方法計算（附錄二。引用蘇聯學者 K. C. 沙夫里耶夫所介紹的方法）。

當振動方向係垂直於橋梁時，慣力的作用可仿照風載重的作用（附錄三。引用蘇聯學者 K. X. 塔爾瑪巧夫所介紹的方法）。

46. 可以採用混凝土的及鋼筋混凝土的裝配式墩台和上部構造，但在裝配後應能確保牢固地整體化爲條件。

47. 如果採用框構式橋梁在技術—經濟方面均認爲合理，則