

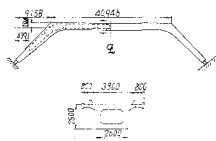
第3章 ラーメンおよびアーチ

第8条 一般事項

ラーメンおよびアーチは 特に長大スパンの場合のほかは 一般に静的震度法によって設計計算を行ってよい。

地震の影響等による地盤の不同沈下が予想される場合は、特にアーチはさけるのがよい。不同沈下が予想される場所に アーチまたはラーメンをつくる場合は 支点の変位の影響を考慮しなければならない。

〔解説〕 ラーメン、アーチ等の不静定構造物は それらが良好な地盤上に建設された場合、一般に十分耐震的であって 特に長大スパンのアーチ等のはかは その固有振動の周期が短かく 地震の影響により有害な振動を生ずることが少ないので 一般には 静的震度法によって設計計算を行なってよい。図2-3-1は固有振動数の1例である。しかし、スパンが大きく高さが高いアーチでは 振動の固有周期が長くなり 特に単線の場合には 橋軸と直角の方向の剛性が小さく 曲



上図線 第八別振動数の

共振振動数

振動	加振点	1次
上下	スパン中央	4.63
左右	—	2.50
前後	—	3.63

図2-3-1

げねじれ振動の影響も大きくなるので、設計にあたっては十分に動的な影響について検討しなければならない。

地震の影響で 地盤に不同沈下が生ずる場合、大きい土圧等まれにおこる荷重が競合する場合等では 構造物だけはその部材は過大な変形を生ずるおそれがある。一般に、不静定構造物では 部材の一部に過大な塑性変形または破壊を生じても これにより応力の再分配が行なわれて ただちに構造物の全体が終局的に破壊するとはかぎらないが、コンクリートに有害な、ひびわれ、または過大な変形を生じ、構造物がその使用の目的に適合しなくなることも考えられるので 設計計算においては、部材の強度計算のほか、支点の変位、構造物の変形、等についても、十分検討しなければならない。

第9条 ラーメンの構造形式

ラーメン構造物は 特に、使用の目的、地盤の性質、等を考えて その構造の形式を定めなければならない。

〔解説〕 鉄道土木構造物としては 一般に、門形ラーメン、多径間ラーメン、箱型ラーメン、等の構造形式が多く使用されている。

ラーメン構造物は 一般に、沖積層の表上に建設される場合が多いので 設計にあたっては 地盤の耐荷力等を十分に調査し 必要に応じて 強固な基礎を設け また、地震時に生ずる支点の不同沈下の影響を設計に考慮しなければならない。

一様に軟弱な地盤上にラーメン構造物を建設する場合は 剛性の大きい地中ばりを設ける。

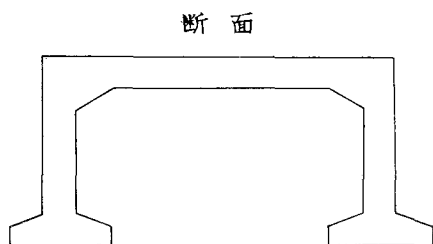


図 2 - 3 - 2

十分補強しなければならない。

箱形のラーメン構造で その径間を歩道等に使用する構造の橋台図 2-3-3 は その滑動，転倒，等に対し 一般に，十分安全に設計することができるものである。

幅がせまく、かつ斜角の大きい門形ラーメン構造物 図 2-3-2 は 土圧をうけると土圧によって回転を生ずる場合、左右の土圧が均衡しない場合、等が考えられるので この種の構造物は土圧をうけないように、設計上考慮するのが望ましい。

地下鉄のラーメン構造のように スパンと直角方向に長い構造の場合は 地震時に その方向に大きい応力をうけることがあるので、地盤の性質を考えて 十

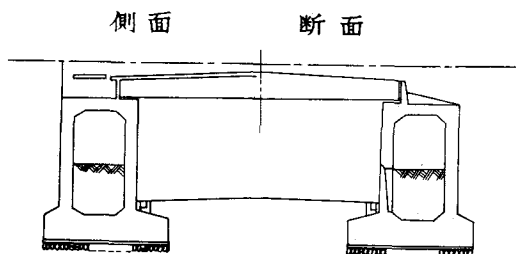
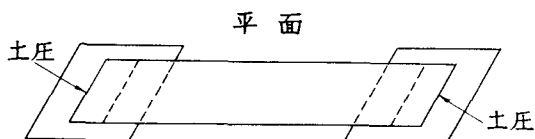


図 2 - 3 - 3

第10条 ラーメンにおける荷重の組合せ

ラーメン構造は各荷重をラーメンの各部材にそれぞれ最大の応力度がおこるように組合せてこれを設計しなければならない。一般に次のような組合せを考えればよい。

(a) 死荷重+温度変化+乾燥収縮+地震の影響

特別の場合は

(b) 死荷重+活荷重+温度変化+乾燥収縮+地震の影響

を考えなければならない。このほかに、土圧、水圧等が加わる場合には これらによる影響を上記の組合せに加えなければならない。

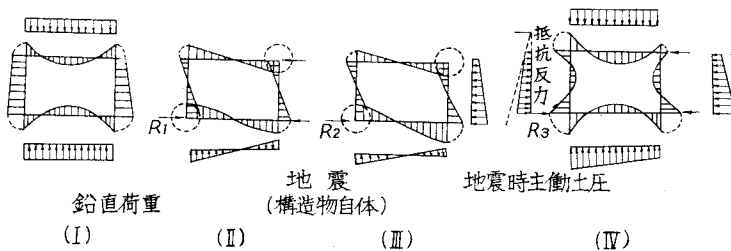
〔解説〕 (1) 鉛直荷重をうけているラーメンに側面から土圧が作用する場合 正の曲げモーメントは 一般に水平部材に対しては土圧を考えない方がよく 鉛直部材に対しては土圧を考えた方がよいから この二つの場合について部材の強さを検討しておかなければならない。また、両側から土圧をうける場合でも常時片側土圧の場合について検討しておくのがよい。

しかし、裏込土の状態によっては 土圧が常に働くと考えられるので この場合には次のように考えてよい。

(鉛直部材の曲げモーメント) = (土圧による正の曲げモーメント) - $\frac{1}{2}$ × (死荷重によるその点の負の曲げモーメントの絶対値)

(水平部材の正の曲げモーメント) = (鉛直荷重による正の曲げモーメント) - $\frac{1}{2}$ × (土圧によるその点の負の曲げモーメントの絶対値)

地表面より下に掘込んで作るラーメンのように地震時でも盛土と異なり背面の土がくずれないと考えられるラーメンの地震時の部材の曲げモーメントは次の場合について考える。



図中(1)は鉛直荷重による曲げモーメント (2)は構造物自体の地震の影響 (3)は地震時主働土圧による曲げモーメント図である。また $R_1 + R_2$ が底面の摩さつ力 R_3 より大きい場合、(1)

図 2 - 3 - 4

(2)(3)の荷重と $R_1 + R_2 + R_3$ に応じた抵抗土圧とが働くものとして部材の断面を設計してよい。

隅角部の正の曲げモーメントは(1)(2)(3)を組合せたものを用いて検討する。

(2) 一般のラーメン構造においては 列車の載荷時に地震のおこることはあまりなく、また、経済的理由からの活荷重の載荷時における地震計算を行わず 死荷重についてのみ計算すればよいことにしたのであるが、停車場構内、列車回数が多い線区、等の場合には 活荷重を考えなければならない。

第11条 ラーメンにおける荷重の取りあつかい方

ラーメン自体の地震の影響

地震による水平力は各節点に その節点の上下にある鉛直部材に加わる地震の影響のそれぞれ1/2ずつが鉛直部材の影響として加わるものとしてよい。(図-3参照)

図-3

〔解説〕 地震の影響は 構造物の重心に作用するものとして計算しなければならないのであるが、水平部材の軸線に作用するものとして 地震の影響を取りあつかえば安全側であり また計算が簡単になるのでこのように定めたのである。

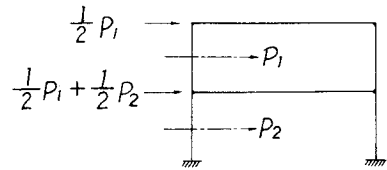


図 2 - 3 - 5

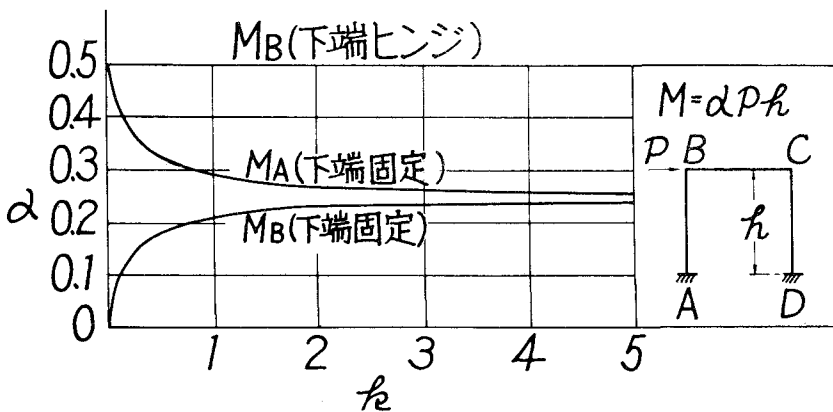


図 2 - 3 - 6

第12条 部材の断面寸法

部材の断面は 部材断面の応力および部材の変位が過大となることをさけるように これを定めなければならない。

高さが高いラーメン構造では 高さの中央付近につなぎばりを設けるか 有壁構造とする。十分大きい基礎または地中ばりを設けた場合のほかは 脚の下端を固定と考えてはならない。

〔解説〕 部材の断面寸法は 部材断面に生ずる応力および変位が過大とならないように定めなければならないが、この場合、水平部材の断面寸法を 鉛直部材に比してあまり大きくとっても有利にはならない。図2-3-6は 地震時の水平力によって生ずる端モーメントの大きさが部材の剛比によってどのように変わるかを 門型ラーメンの場合について示したものである。

この図からも明らかなように、水平部材の剛度の鉛直部材の剛度に対する比Kを2ないし3より大きくしても 端モーメント M_A はあまり減少しない。

高さが高いラーメン構造物では 一般に剛比が十分に大きくなるが、しかし、地震時の水平力に

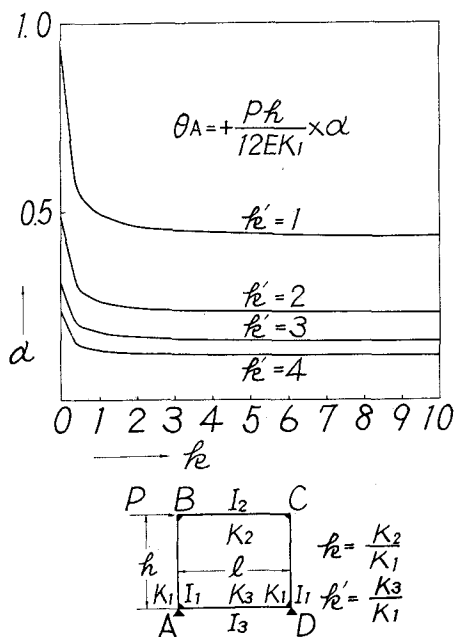


図 2 - 3 - 7

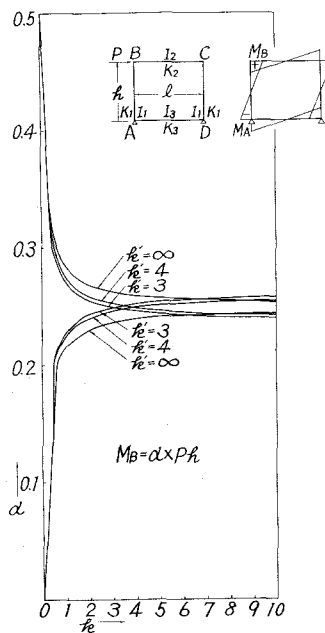


図 2 - 3 - 8

よってその上端部の水平変位が大きくなる。このような場合には 高さの中央付近に水平のつなぎばりを設けるのがよい。一般には高さ70m程度以上の単線高架橋ラーメンには、この種のつなぎばりが使用されている。

基礎を十分大きくして 支点における部材の変位および回転を十分小さくするか、剛性の大きい地中ばりを設ける場合のほか 鉛直部材の下端を固定として計算してはならない。

基礎の地盤反力が地震時にあまり大きくない場合にも 常時の温度応力により 基礎地盤が塑性変形をおこしていることが考えられる。このような場合には 温度応力は小さくなるが、活荷重および地震荷重による鉛直部材上端の曲げモーメントは大きくなるので、この影響を設計計算して考慮しなければならないのである。一般の場合には くい、深礎などによる十分強固な基礎を設けるか 剛性の大きい地中ばりを設ける場合のほかは 鉛直部材の下端を固定として計算してはならない。

地中ばりの大きさが部材の曲げモーメントの大きさにどのように影響するかを示したものが図2-3-7、図2-3-8である。これによれば、地中ばりの大きさは その鉛直部材に対する剛比が少なくとも3ないし4程度となるように定めなければならないことがわかる。

第13条 隅角部付近の補強

隅角部にはハンチをつけることを原則とする。

ラーメン構造の隅角部または部材の接合部は コンクリートの打込みに支障しないよう鉄筋の配置を定めなければならない。

鉛直部材のハンチ下端付近には、地震時の大きい応力を考慮して帯鉄筋を密に配置する。

〔解説〕 ラーメン構造の部材接合部にハンチをつけない場合には 地震の影響等により その内側に応力が集中し 圧縮破壊または引張りによるひびわれを生ずることが考えられるので、特別の場合をのぞき 隅角部にはハンチをつけることを原則とした。ハンチの大きさは けた高または柱幅の $\frac{1}{4}$ 以上とするのがよい。

部材の接合部は大きい応力をうけるにもかかわらず 施工上の理由から 構造上の弱点となりやすい。すなわち、この部分では鉄筋がさくそうし、コンクリートの打込みに支障することがあるほか、鉛直部

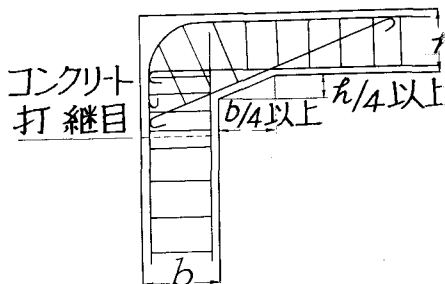


図 2 - 3 - 9

材のハンチ下端付近には コンクリートの打継目を設けることが多い。また、鉛直部材の下端を固定として設計計算を行った場合には 温度変化の影響等により支点が回転し、鉛直部材上端の曲げモーメントが 計算に考慮した値より増加することが考えられる。したがって、部材接合部の配筋には十分に注意し 鉛直部材のハンチ下端付近には 帯鉄筋を密に配置するのがよい。

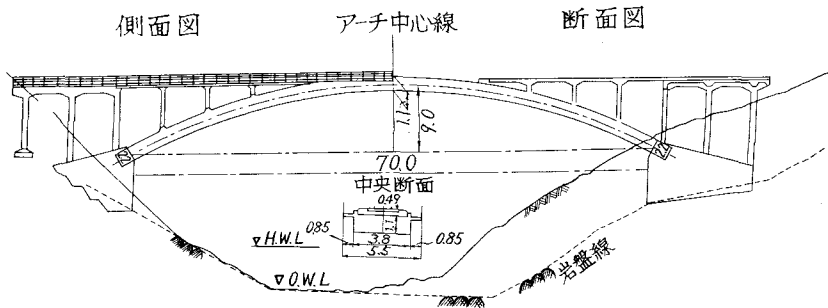


図 2 - 3 - 1 0

第14条 アーチの構造形式

コンクリート アーチとしては 一般に、固定アーチ，2鉸アーチ，等が多く用いられる。

〔解説〕 鉄道橋としてアーチ橋は小スパンの場合、無筋コンクリートまたは鉄筋コンクリートの充腹アーチが一般に用いられているが、スパンが大きい場合には この形式のアーチ橋は その重量が大となり、地震荷重に対して不利である。また、小スパンの場合でも 無筋コンクリート アーチは耐震的でないので、できるだけさけるのがよい。また幅のせまい斜角アーチで 特に土圧をうける場合は 左右の土圧の不均衡も考えられ 地震荷重に対して不利であるので できるだけさけるのがよい。

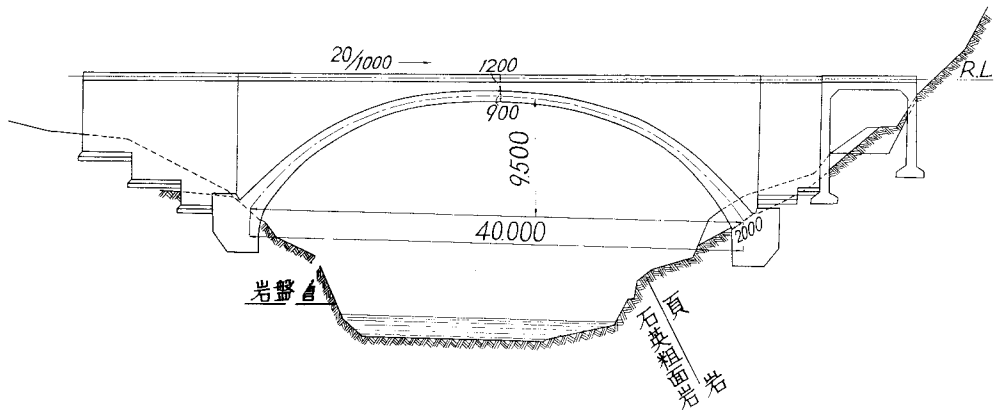


図 2 - 3 - 1 1

第 1 5 条 アーチにおける荷重の組合わせ

地震時における荷重の組合わせは次のように考える。

死荷重+温度変化+乾燥収縮+地震の影響

第 1 6 条 アーチにおける地震時の応力

アーチにおよぼす地震の影響は アーチの軸方向とアーチ軸に直角方向とについて計算しなければならない。

長大スパンのアーチでは 特に、地震時の振動および座屈に対して、検討しなければならない。

〔解説〕 アーチは アーチリブを含む面内の地震荷重によって アーチ面内の曲げをうけ、アーチ面に垂直な地震荷重によってはアーチ面に直角な曲げのほか ねじりをうける。

鉛直の地震荷重による曲げは一般に小さい。

高さが高いアーチでは 常時の支点水平反力は一般に小さく有利であるが、水平の地震荷重によって 面内および面外に大きい曲げをうけ これによって断面が定まることがある。また、アーチ面に垂直な地震荷重によっては 面外の曲げのほか ねじれをうけ、特に単線の場合には 変位が大きくなることがあるので、リブの側面に十分な配筋を行なうのみでなく 必要に応じて支点付近で拡幅するのがよい。

高さが低いアーチは 常時 支点に大きい水平反力を生ずるので 特に地盤が良好な場合のほか 適当でないが 地震時の応力はあまり大きくならない。

長大スパンの鉄筋コンクリート開腹アーチは固有振動数が低い。地震時に有害な振動を生ずるおそれがあるので、動的な検討を十分行なわなければならない。

第17条 アーチにおける基礎の大きさ

アーチの基礎の大きさは、地震時に地盤の反力が過大とならないこと、およびその合力の位置が偏奇しないことを考えて、これを定めなければならない。

〔解説〕 アーチの支点に変位が生じた場合、アーチはその各部に大きい応力をうける。2ヒンジアーチでは、支点の水平変位が問題となるが、固定アーチでは、支点の水平変位のほか、回転の影響が大きい。したがって、アーチの基礎の設計には、地盤の反力が過大とならないよう考慮する必要があるのみでなく、反力の作用位置が基礎の一部に偏奇することがないようにしなければならない。固定アーチでは、支点の水平変位に比して、その回転の影響が大きいので、特に注意しなければならない。

第4章 コンクリートけたおよび支承

第18条 けたの落下防止

支承は地震時にけたの落下を防止し得るように設計しなければならない。

〔解説〕 (1)支承の設計は、第19条に述べるように地震の影響をけたに働く静的な水平力と考えるのが普通である。しかしながら、地震の影響は第19条に述べるような考え方だけでは完全にこれを表わせないので、支承の構造的な注意もなおざりにはできない。けたの落下を防止するには次のような対策が有効と考えられる。

- ① けたの間隙をなるべく小さくし、間にやわらかい填充材を入れる。
- ② 橋台のパラペット壁が、けたの橋台方向の移動に抵抗し得る強さをもたせる。
- ③ 単純支承けたよりも、連続ばり構造、ラーメン構造を選ぶ。

(2) 鋳鉄、鋳鋼支承

(鋼材間のずれ抵抗)

ソールプレートとシューとの間に作用するたて方向地震力には両者の凸凹によるかみ合いで抵抗できるように設計する。