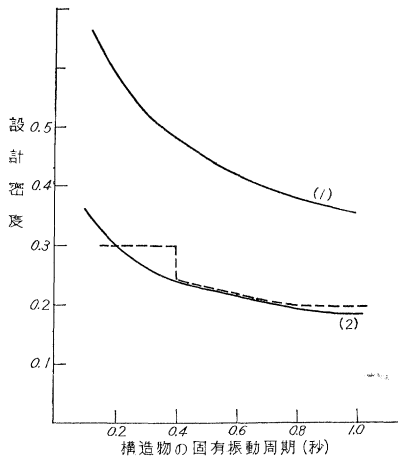


図-2



秒までの地震動に対し共振を示す場合には0.4秒までは(1)の曲線をたどり、これからは下の曲線をたどる。ただ、今までの震害などから考えて震度を0.3以上にとることはあまりにも不経済であると思われると同時に破壊時にはエラストプラスチックな性質を示し、完全な弾性体として導いたこの式とは異なってくるとも思われるので、設計震度の上限を0.3とした。また周期の長い振動も測定値が少ないので0.2を下限とした。

この設計震度を示すのが図-2の破線である。この破線を各地盤ごとに求めておけば、構造物の固有振動周期さえ定まれば設計震度が決定する。

以上が首都高速道路に対する設計震度の求めかたとその問題点である。

その中には非常に数多くの仮定をふくんでいるので、結局は常識的なわく内におさえることになったが、この仮定を実験によって確かめてゆきたいと努力している。さらには標準強震地動を定め、それに対する構造物の応答を求める方向にも向かいたいと思う。

この方法を地方で応用してゆく時には、基盤の加速度を求めるのに地震危険度分布図を参考とし、卓越周期は常時微動などから総合的に判断すれば、なっとくのゆく設計震度が得られるであろう。

〔筆者：正員 首都高速道路公団工務部第二設計課長〕

3-2 鉄道橋の耐震設計

小寺重郎

1. 鉄道構造物の耐震設計方法

昭和30年に定められた「無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリート土木構造物の設計基準(案)」の地震に関

する項目を中心にして、現在行なわれている鉄道の土木構造物の耐震設計方法の概要を紹介する。

地震力は死荷重の重心に作用する静的な水平力と考え、その大きさは死荷重に一定の係数 k を乗じて求める。 k は過去の地震の発生状態を参照して、地域別にこれを定め、0.15、0.20または0.30としている。鉛直方向の地震力は一般に考えていないが、これを考えるときには水平方向地震力の1/2としている。

地震時の土圧についてはとくにその計算方法を定めていないが、物部博士の方法、または土の内部摩擦角が $\theta = \tan^{-1}k$ だけ減ずると考える佐野博士の方法によっているのが普通である。

地震の影響を考えるときには一般に活荷重その他一時的な荷重は組み合わせでは考えないものとし、コンクリート、鉄筋の許容応力は常時の50%ましとしている。とくに活荷重にも地震の影響を考える必要があるときには、許容応力の割まは100%としている。

地震時の地盤、くいの許容支持力についてはとくに定めていないが、常時と同じ値をとって設計している例が多い。

構造物全体の滑動に対する安全度は一般に1.5以上と定めているが、地震時にもこれを満たすには実際の設計にあたってはかなり無理があるようである。

井筒の地震時の安定に関しては、側面に働く抵抗土圧、またはそれと底面支持力とによって地震力に耐えられることを検討している。

2. 震害調査からみた耐震上の注意

1. へのべたような地震力を静的水平力と考えた計算方法は、複雑な地震現象を十分に表わしていない。これを改善するには動的な計算方法、材料の耐震強度についての研究成果をまたねばならないが、貴重な実験結果ともいえる震害を調査してみても設計する上に教えられることが多い。筆者は幸い、国鉄の依頼により土木学会で研究されている「耐震構造設計に関する研究会」の幹事として橋梁の震害を調査する機会があったので、ここにその結果、気のついた二、三の注意点をあげてみよう。

(1) 桁の落下を防ぐこと一桁支承部の設計一

地震をうけて、桁が下部構造の上をずれ動き、とくに地震のはげしいところでは落下した例(図-1、写真-1)はかなりみられる。

写真-1はRC桁がパットを介して橋脚上にのっただけで、桁と橋脚と全然結合されていないという最も悪い例であるが、桁が固定されているときでも支承のアンカーボルトが切断し、桁がずれ動いた例もある。この場合、ボルトの断面からボルトの破断力を求めると桁重量の1.2~1.8倍にも達することがある。付近の他の構造

物の状況などから察すると、必ずしもこのように大きな地震力が作用したとは考えられない。その原因としては、ボルト全数が同時に抵抗しなかったり、ボルト断面がさびにより減少したりして、実際に作用した力は上記の計算値よりも小さかったのではないかとすることも考えられるが、筆者はその震害状況からみて下部構造の動きが一樣でなかったことが大きな原因ではないかと推定している。とくに桁が橋台間にかかっているときには、地震時土圧による橋台の前進に対して桁がストラットの作用をし、その結果、支承部に衝撃的な水平力を生じて切断されたと思われる例が多い。関東地震震害報告によるとこのようなボルトの切断は鉄道橋でおよそ20件に達している。

このような被害を防ぐには、ソ連の耐震規定で定められているように、他の構造部材の計算よりも大きい地震力を考える（ソ連では5倍）のが最も直接的な対策であるが、大きな地震ではある程度の被害はやむをえないという立場にたてば、支承の被害による桁のある程度のずれは許容しても、落下だけは防止するということも考えられるのではなからうか。桁のスパン方向の落下を防ぐには、桁端相互の間隔、桁端と橋台パラペットとの間隔をできる限り小さくすること、あるいは適当な目地材をそう入すること、橋台およびそのパラペットが桁の橋台背面方向への動きに対して十分抵抗することなどがある程度役に立つと思われる。図-2はP C鉄道橋をゴム支承できさせた場合に、桁が橋軸直角方向に落下しないように橋脚上に設けたコンクリートずれ止めの一例である。

図-1 福井地震、板垣橋の震害図

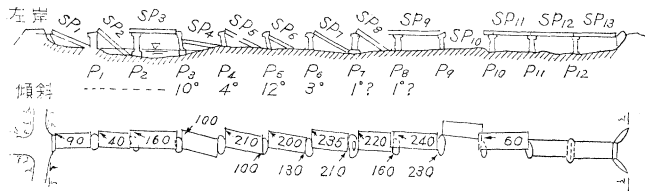


写真-1 板垣橋の震害

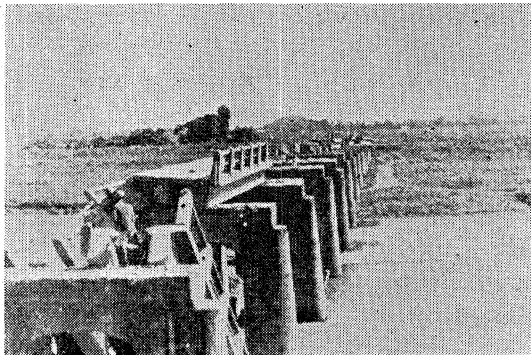
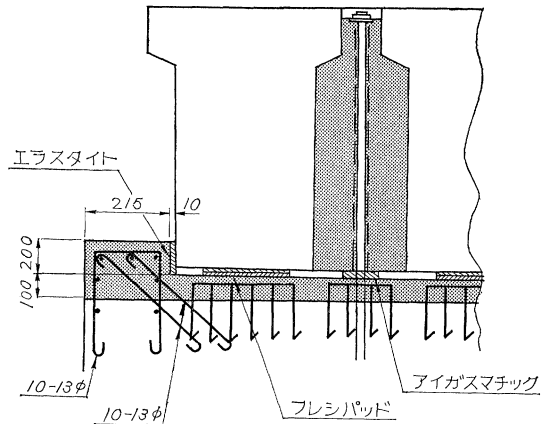


図-2 ゴム支承を用いたP C 桁のずれ止め



桁が落下すれば、桁が破損することはもちろんであるが、桁の落下により橋脚の被害が増大したと思われるケースも多い。これはとくに桁が橋軸方向に落下した場合にいえることであり、図-1にみるように落下した桁に押されて橋脚が傾斜したと思われる被害が多い。桁のよりかかりによってかなり大きな静的水平力（桁重量の40～60%）が橋脚に作用することは簡単な計算によっても明らかなことであり、桁が落下して大きな衝撃をともなると橋脚によりかかる場合には、それが橋脚の傾斜、転倒をひきおこすことは想像に難くない。

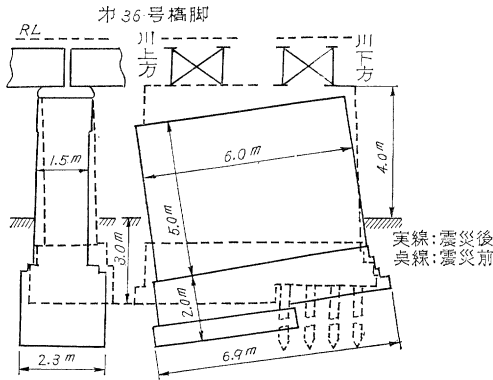
最後に、支承が水平力に十分抵抗しうるためには、下部構造の天端のコンクリートが支承から伝わる水平力に十分耐えうる強さをもっていることと、それに対して配筋されていることが必要であることを付記しておく。

(2) 橋脚基礎の震害を防ぐには

橋脚基礎の震害としては、水平変位、沈下、傾斜がある。震度計算からいうと、橋脚基礎は曲げモーメントをうけるので、震害としては傾斜が一番多いと思われるが、傾斜のいちじるしい震害例は比較的少ない。

図-3は複線橋脚の片側にだけくいを用いた例で、橋脚はくいのない方向に傾斜している。この橋脚は厚い粘土層の上にある砂層でできえられていて、その砂層の支持力が地震の影響によりいちじるしく低下し、破壊したのではないかとと思われる特殊なケースであるが、このような基礎の不均等が、傾斜の原因となることを示している。橋脚が傾斜面、または護岸にそってたっているときには、地震時に土圧をうけて水平変位または傾斜することがある。この種の震害を防ぐには、基礎の水平抵抗をますなり、(3)に述べるように桁をストラットとして活用するなりすべきであろう。しかしながら場合によっては大地震ではある程度の橋脚の水平変位は許容してもよ

図-3 東北本線荒川橋脚の傾斜



いとも考えられる。

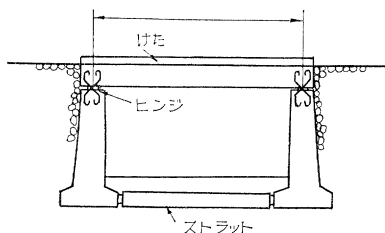
基礎の沈下は、調査した範囲では、砂、シルト、粘土などの軟弱な地盤でさきえられている場合に多いようである。大地震では地盤自体も沈下するから、構造物の絶対沈下を防ぐことは不可能であるし、意味もない。設計上注意すべき点は、局部的な不等沈下をなるべく少なくすることであろう。沈下のおそれがあるときには、沈下の影響の少ない単純桁を採用したほうが、上部構造に被害をおよぼさない点で有利である。

(3) 橋台の前進を防ぐには

橋台が地震によって増大した土圧によって前進した例はかなり多い。橋台が前進すると桁端がパラペットに接して桁がストラットとして作用するようになり、このためにパラペットが切断したり、橋台躯体が切断し切断上部が後傾したりした震害例が多い。コンクリート桁で、パラペットとの間の型わくをうめ殺したものでとくにこのストラット作用を起こしやすい。

とくにコンクリート桁の場合には、桁は軸方向圧縮力に対して十分余裕をもっているから、はじめからこのストラット作用を設計に利用することが考えられる。国鉄の新幹線では10m以下の短スパンRC桁に限って、図-4のように桁を両端で橋台とヒンジで結び、橋台は上端で桁によって水平にさきえられるものとして設計した例が多い。この場合、橋台基礎の間にも地中ばりを施工してストラットとしている。より長いスパンでも、桁端とパラペットとの間に適当な目地材をそう入して、常時土

図-4 桁ストラットの利用 (L≤10m)



圧に対しては桁のストラット作用が生じないようにし、地震時に橋台天端が前進すれば桁のストラット作用が生じるようにすることが考えられる。この場合パラペット、橋台躯体はストラット反力に十分耐えるように設計し、橋台前面にも引張りに対して配筋しなければならない。 [筆者：正員 国鉄新幹線総局作業局設計課]

3-3 水道施設

中川 義徳

1. 総 説

上水道は都市生活の基本的施設であるので、これが震害のために長期間断水するようなことは絶対に避けなければならない。近年東京をはじめ大都市がいちじりしく膨張しているが、それらの都市においては井戸などの他の給水源はほとんど頼ることができないから、上水道断水の市民生活におよぼす影響は特に大きなものとなっている。この意味で上水道施設の耐震の重要性は再認識されなければならない。日本水道協会は去る昭和23年の福井地震を契機として水道施設の耐震工法の問題をとり上げ、専門委員会を設けて研究の結果、昭和28年に「水道施設の耐震工法」¹⁾をまとめた。この中には、水道施設の耐震工法についての基本的考え方が述べられているので、まずこれをつぎに記す。

(1) 水道の主要施設はすべて地震力を考慮に入れた合理的計算によってその構造を定めなければならない。

(2) 完全なる耐震構造とすることは多くの場合、経済的理由などによって不可能であるので被害を最小限に食い止めるため、㊸ 震害をできる限り局限する方法をとること、㊹ 震害部の復旧が容易にできるようにすること、㊺ 震害による二次的被害を防止する対策を講じておくこと、などの配慮が設計にあたり必要である。

(3) 特に重要な施設、構造上震害を受ける公算の大きい施設、震害があっても発見しがたい施設、震害を受けた場合、復旧の困難もしくは長期にわたる施設は1個のみを築造することを避け、2個以上に分割するか、もしくは予備施設を設け、完全断水を避けるようにする。

(4) 2以上の配水系統より成る水道では各系統を幹線により相互に連絡し、一方の系統に事故のあった場合、他方より送水可能のようにする。

(5) 地震による停電のための断水を避けるため、送配水ポンプの動力電源には、予備として自家発電設備を持つことが望ましい。しかしやむを得ず一般電力のみに依存する場合は別個の2系統の電源を待つことが特に望まれる。

(6) 災害時の修理を迅速に施行しうよう復旧の緩