

## 道路橋耐震設計指針

—設計実務者の立場から—

金 丸 豊 典\*  
松 本 公 典\*

## 1. はじめに

「道路橋耐震設計指針（以下「指針」とよぶ）」<sup>1)</sup> はその内容に多少の補足・修正が加えられ、近々「道路橋示方書V耐震設計編」の形式に改訂されるはずで、すでに最終案（以下「編案」とよぶ）<sup>2)</sup> もできており、いずれしかるべき筋からの詳細な改訂趣旨説明があるものと思われる。ただ、耐震設計に対する基本思想はもちろんその具体的規定内容についても「指針」と「編案」との間には大筋においてほとんど相違はないようである。

そこで、ここでは設計実務者の立場から、あくまで現行「指針」を対象に、「指針」とその周辺に存在する数多くの問題のなかのいくつかをあげ、これらについて、「指針」に対する設計実務者からの素朴な問題提起というかたちで、多分に実感的に述べてみるものとした。

「指針」とその周辺の問題の所在を明らかにするために、まず「指針」の構成と主要規定を示しておく。

## 2. 耐震設計の基本方針について

「指針」における道路橋耐震設計の基本方針は表一1に示されるとおりであるが、ここに再記すれば、

- 橋全体の構造系が耐震的になるよう配慮すること
  - 耐震設計計算方法としては、必要に応じて動的解析法などを併用するが、一般的には震度法あるいは応答を考慮した修正震度法によること
  - 特に落橋防止について配慮すること
- などである。

最近の宮城県沖地震に至る近年の主要地震による震害を、橋、特にPC橋についてみると、道路橋・鉄道橋を問わず、被害はほぼ上下部構造接点部（支承部）か下部構造（主として橋脚橋台躯体）に限定されていて、上部構造における被害は驚くほど少なく、またその被害もほとんどが上下部構造接点部（支承部）の被害に付随する形での桁端近傍の損傷に限られているようである。

これは、地盤とその上に設けられた橋との間の地震力

およびその応答の伝達の経路からみて、地震の影響を最も直接的にかつ強烈に受けるのが下部構造であり、また上下部構造接点部（支承部）であることを考えればむしろ当然の帰結であって、これらの理由から「指針」においても設計上の具体的規定は下部構造、上下部構造接点部（支承部）に集中しており、また宮城県沖地震以後の橋の耐震設計に関する議論・提案なども同様である。

耐震設計の基本方針の筆頭に、“橋全体の構造系が耐震的になるよう配慮すること”という大前提が掲げられているにもかかわらず、これに関する具体的記述がほとんどないのは、この問題の複雑多岐な性質からくる成文化の困難さのためであろうが、橋の震害として最も恐るべき落橋を防止するという切実な見地から、橋における耐震上の配慮がまず下部構造、上下部構造接点部（支承部）に向けられるのはごく当然ともいえる。

しかし、「指針」に規定されるような構造細目的な配慮、それも部分的補強強化の方向での配慮とあわせて、橋全体としての耐震性向上のためのもっと大局的な観点からの配慮が、特に自重の大きいPC橋の場合、必要なのではないだろうか。

部分的損傷があったからこそ地震の影響が緩和され他部分への被害波及が避けられたという面もなくはないわけで、さらに視野と発想を拡大し、たとえば、落橋防止という絶対条件が満たされる範囲内で、地震の影響を局部に限定・吸収しかつ比較的容易に原状復旧を可能ならしめ得るような機構をもった構造体系、上部構造を含めた構造系全体で地震荷重を分担し下部構造、上下部構造接点部（支承部）への地震の影響の集中を軽減せしめ得るような構造体系、橋への地震荷重作用を全体として低減せしめ得るような付帯装置あるいはそれを組み入れた構造体系といったもの設定・採用の可能性の追求というような、より基本的より総合的な議論が、実際には多大の困難が伴うにしても、もっと積極的に推進され、その成果が「指針」などに具体化されるべきではないかというのが設計実務者の素朴な実感である。

耐震設計計算法としては震度法あるいは応答を考慮し

\* (株)日本構造橋梁研究所

表一 「指針」 主要規定事項

「指針」目次章節	主要規定事項
1章 総則	
1.1 適用の範囲	○この「指針」は支間 200 m 以下の道路橋の耐震設計に適用する
1.2 用語の定義	
2章 耐震設計の基本方針	
	<p>○耐震設計にあたっては、橋全体の構造系が耐震的になるよう配慮する</p> <p>○耐震設計は原則として、比較的剛な構造系を採用する場合は震度法、比較的長周期の構造系を採用する場合は応答を考慮した修正震度法による</p> <p>○詳細な検討を必要とする場合には地震応答解析などを併用する</p> <p>○落橋防止について特に注意する</p>
3章 耐震設計において考慮すべき荷重および設計条件	
3.1 一般	○耐震設計においては活荷重は考慮しなくてよい
3.2 地震の影響	○地震の影響としての地震荷重は、構造物重量および負載重量に設計震度を乗じた慣性力、地震時土圧、地震時
3.3 慣性力	動水圧とする
3.4 地震時土圧	○慣性力の作用位置は重心位置とする
3.5 地震時動水圧	○ただし、下部構造の設計に用いる上部構造慣性力の作用位置は橋軸方向については支承底面、橋軸直角方向に
3.6 耐震計算上の地盤面	ついては上部構造重心位置とする
3.7 耐震計算上支持を無視する土層	○地震時、上部構造から下部構造に作用する橋軸方向水平荷重は、固定支承に対しては当該固定支承にかかる上部
3.8 浮力または揚圧力	構造全重量の慣性力、可動支承に対しては当該可動支承にかかる死荷重反力に支承の静摩擦係数 $f_L$ (ただし $f_L \leq$ 設計水平震度) を乗じて得られる水平荷重とする
	○慣性力の作用方向は、一般に、橋軸方向および橋軸直角方向の2方向とし、それぞれの方向に別々に作用させる
	○地震時土圧は Coulomb 土圧理論に基づく物部・岡部式によって算定し、作用方向は慣性力の方向に一致させる
	○地震時動水圧は Westergaard 式によって算出し、作用方向は慣性力の方向に一致させる
	○耐震計算上の地盤面は、耐震計算上支持力を無視する土層の下面とする
4章 設計震度	
4.1 一般	○設計水平震度は次式による
4.2 震度法における設計震度	震度法： $K_h = \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot K_0$
4.3 標準設計水平震度の補正係数	応答を考慮した修正震度法： $K_{h,m} = \beta K_h$
4.4 応答を考慮した修正震度法における設計震度	$K_h$ ：設計水平震度 $K_{h,m}$ ：応答を考慮した修正震度法における設計水平震度 $K_0$ ：標準設計水平震度 (0.2) $\nu_1$ ：地域別補正係数 (区分 A, B, C に応じ 1.00, 0.85, 0.70) $\nu_2$ ：地盤別 “ (区分 1, 2, 3, 4 種に応じ 0.9, 1.0, 1.1, 1.2) $\nu_3$ ：重要度別 “ (区分 1, 2 級に応じ 1.0, 0.8) $\beta$ ：構造物の固有周期による設計水平震度の補正係数
	○橋の固有周期は、橋全体を1基の下部構造とそれが支持している上部構造部分を単位とする構造系に分割して
	求めてよい
	○設計鉛直震度： $K_v$ は一般に考慮しなくてよい
5章 設計一般	
5.1 一般	○耐震設計にあたっては橋全体が耐震的になるよう構造上の配慮をする
5.2 落橋防止構造	○桁端と下部構造頂部縁端間の長さあるいはかけ違いの長さを規定値以上確保するか、または落橋防止装置を設
5.3 上部構造・下部構造の接点の設計に用いる鉛直方向地震力	置する
5.4 支承部における上下部構造間の地震力の伝達方法	○可動支承部に設ける移動制限装置の設計においては、必要十分な移動可能量を確保し、かつ、その設計水平震
5.5 地震力の低減を期待する構造	度は、当該橋の設計水平震度の 1.5 倍とする
	○支承部の設計においては、設計鉛直震度： $K_v = 0.1$ を考慮するのを原則とする
	○支承に作用する水平地震力は、支承下シュエー底面突起またはアンカーボルトのいずれか一方だけで下部構造に
	伝達させるものとして設計する (実際にはこのように設計された下シュエー底面突起とアンカーボルトを併用する
	のがよい)
	○地震力の低減を期待する構造・装置を用いるときはそのときはその効果を十分検討するとともに、落橋の恐れ
	がないよう特に配慮する

た修正震度法を用いることになっている。震度法は古くからの慣用法で、構造物を剛地盤上の剛構造とみなし、構造物の各部分には構造物重量あるいは負載重量に震度を乗じた慣性力が作用すると考えるものであって、近年の電子計算機の発達によって普及した動的解析の結果によっても、一般的な構造諸元をもつ固有周期 0.5 秒程度以下の比較的剛な構造物に対しては、その耐震設計計算

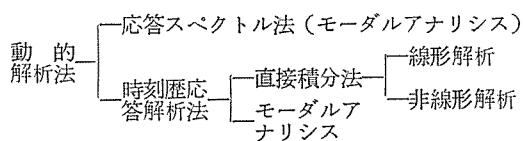
手法としての妥当性が十分認められているものである。しかし、たとえば、高橋脚あるいは可撓性をもった橋脚を有する橋、軟弱地盤上の橋、一般的範囲を超える構造諸元をもつ長大橋、などのように比較的固有周期の長い構造物の場合には、地震応答は、構造物各部分で、構造物を剛構造とみなした場合の計算結果とは相当異なる性状と値を示し、震度法による計算では必ずしも安全かつ

経済的な耐震設計ができなくなる場合が生じる。そのため、0.5 秒程度以上の固有周期をもつ橋に対しては、固有周期に対応した補正係数によって設計水平震度を修正するいわゆる修正震度法を採用することになっている。修正震度法も設計水平震度が修正されるだけで、以後の計算方法は震度法の場合と全く同一であって、この意味では設計実務者にとってきわめて簡便な方法といえなくもないが、同時に、この設計手法の基本的前提となる橋の固有周期の算定には少なからぬ問題があって、実務上しばしば議論の対象となることもまた事実である。

なお耐震設計手法としては、震度法、修正震度法のほかに、橋およびそれが置かれる地盤を動力的にモデル化して解析する動的解析法があり、橋の構造規模・特性、環境条件などにより必要に応じて震度法あるいは修正震度法と併用される（応答変位法は「指針」,「編案」のなかでは規定されていない）。

### 3. 動的解析法について

現在一般に用いられている動的解析法はこれを分類すると次のようになる。



動的解析法は、前述のように電子計算機の発達とともに普及一般化し、設定した入力さえ与えればきわめて容

易に精緻華麗な地震応答値が得られることもあって、最近では、構造規模が大きい橋、構造特性が多少とも複雑な橋などにおいては、震度法あるいは修正震度法によって設計計算を行ったのち動的解析結果により部材応力あるいは部材耐力を査証するという方式がいわば定式化された感がある。

PC 3 径間連続有鉸ラーメン橋における動的解析応答値と静的設計値の比較例<sup>2)</sup>を図-1 に示す。

しかし、すべての構造解析が多少ともそういう問題を内包しているように、動的解析法においても、構造物およびそれが置かれる地盤の動力的モデル化の過程、あるいは入力としての地震波の性状把握やその計算用値の妥当性などについてはまだまだ多くの未知の領域を含むものであり、応答の非線形性は別としても、応答は要するに想定されたモデルでの計算入力に対する応答であって、それがそのまま実橋における応答でないことを理解し、その工学的評価、技術的処理にあたっては、相当冷静な判断が要求されることを自覚すべきである。設計は設計者の豊富な経験に基づく洞察力と均衡感覚をもった健全で豊かな構想力に多分に負うものであって、精緻をきわめた解析結果が必ずしも合理的で妥当性ある設計をもたらすものではないからである。

以下、動的解析法のもつ問題のいくつかをごく簡単に説明しておく。

#### 3.1 動的解析結果の信頼性

高層建築物の設計においては動的解析法が建築基準法

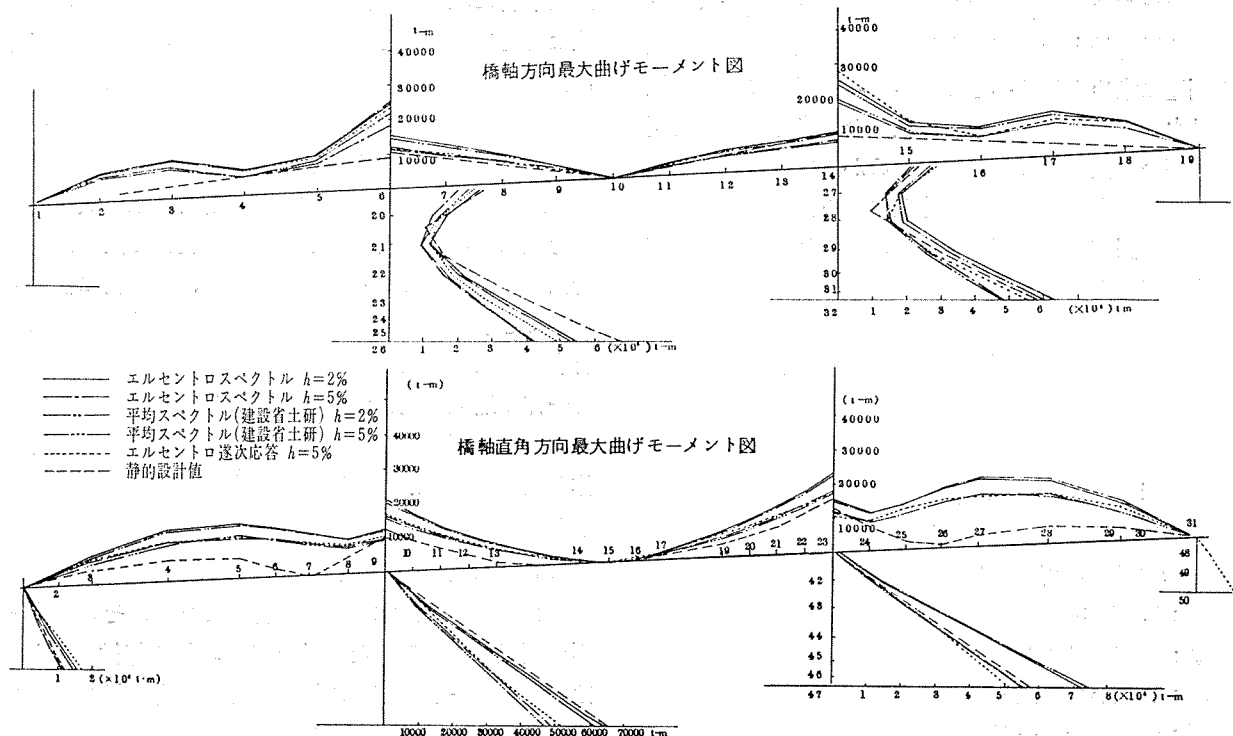


図-1 動的解析応答値・静的設計値比較例

## 耐震設計

で法制化されている。しかし土木構造物は一般に大規模で構造種別も多く荷重作用は過酷でかつそれが置かれる地盤条件も複雑であるため、実際の地震規模の外力による実験などで動的解析結果の妥当性を普遍的に確認することが難しいという宿命があり、動的解析結果に全幅の信頼を置き得ないことは先に述べたとおりである。

しかし最近では全国的規模で既設構造物に強震計などの実験装置が設置されつつあり、これらによる地震時観測記録の蓄積による動的解析結果との対比シミュレーションにより、動的解析結果をより近似度の高いものとする事も可能になってきており、また以下に述べるような計算入力の設定に関する技術資料も漸次整備されつつあるので、これらの採用に対する的確な判断を失しないように留意することにより、動的解析結果をより信頼性の高いものとなし得るし、またそうすべく努力すべきであろう。

### 3.2 設計地震入力の設定

地震計が開発されて初めて得られた明確な地震波データとして ELCENTRO 波 (1940 年 NS 成分 EW 成分) があまりにも有名でありしばしば利用されてきた。ほかに TAFT 波 (1952 年 NS 成分 EW 成分) なども利用される。しかし最近では上述のように国内でも多くのデータが得られているので、実橋に即した類似地盤、近接個所のデータを活用すべきであろう。

また設計地震入力としての最大加速度は、従来、震度法における設計震度に準じている例が多いが、動的解析法が純粋に理論的解析手法としての発展を目指すものならば、地震時最大加速度の期待値は震度法とは別の観点から別途に求められるべきであろう。震度法における標準設計水平震度は過去の震害の教訓から多分に工学的判断に基づいて決定されたものであるからである。

たとえば、金井<sup>4)</sup>によれば地盤の常時微動観測などにより地盤の固有周期が判明したものとすれば、最大加速度は次式で与えられる。

$$Z_{\max} = \frac{1}{T} \cdot \frac{10^{0.61M+Q-P} \log 10 x}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{T}{T_G}\right)^2\right\}^2 + \left\{\frac{0.2}{\sqrt{T_G}} \left(\frac{T}{T_G}\right)\right\}^2}}$$

ここに、

$Z_{\max}$  : 最大加速度 (m/sec<sup>2</sup>)

$T$  : 地震時基盤の波の周期 (sec)

$T_G$  : 地盤の固有周期 (sec)

$P$  :  $1.66 + 3.6/x$

$Q$  :  $0.167 - 1.83/x$

$x$  : 震源からの距離 (km)

$M$  : マグニチュード

これは多くの地盤から得られた地震記録から推定され

た実験式であり、参考資料として貴重なものである。

### 3.3 減衰定数の仮定

構造物の動力学的モデル化に際して最も問題となるのは減衰定数の仮定である。仮定した減衰定数の数値いかんによって応答値は著しく異なるからで、その数値の仮定には特に慎重を要する。

減衰の原因には、

- 物質の粘性減衰、履歴減衰
- 支承、伸縮継手などの摩擦
- 地下逸散減衰

などがある。粘性減衰は速度に比例した項で、諸減衰は通常これに代表させられる。

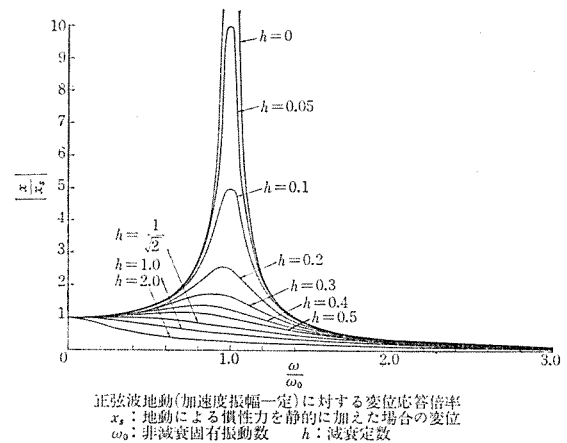


図-2 減衰定数をパラメーターとした変位応答倍率<sup>5)</sup>

減衰定数は振動実験によってのみ実証されるもので、動的解析に際しては過去の同規模、同形態の橋の振動実験などを参照してその値が仮定される。実験として非常に大がかりなものとなるので実績はまだ少ないが、実橋におけるこの種実験の数多い実施が望まれる。

### 3.4 構造モデルの設定

構造モデルの設定の仕方は動的解析結果に決定的な影響を及ぼす。特に基礎地盤のモデル化には問題が多い。過去の震害をみても基礎地盤の変形、流動化に構造物が追従できず崩壊した例は多くを数える。基礎地盤はこれを有限要素 (面要素、立体要素) にモデル化し、構造物と一体の連成振動をするものとしてとらえるべきであるが、その変形範囲をどこまで考慮すべきか、それを弾性体と仮定すべきか粘弾性材と仮定すべきかなどが特に問題となろう。

### 3.5 コンクリート構造材の応力特性

コンクリートは本来弾塑性材料であり、その応力-変形の関係は非線形的な挙動を示す。RC 部材、PC 部材はコンクリート鉄筋・PC 鋼材との複合材料であるためその挙動は特に複雑である。

従来の動的解析は鋼構造理論をそのまま受け継いだ線

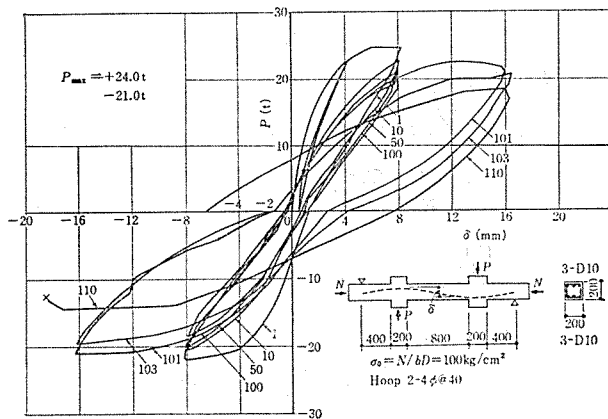


図-3 RC 部材繰返し載荷実験例<sup>6)</sup>

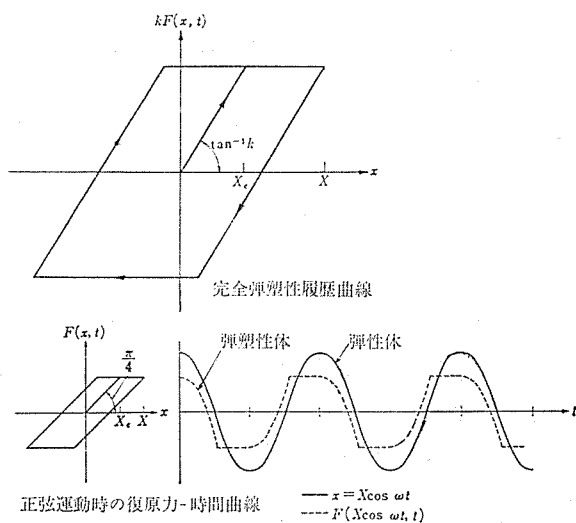


図-4 完全弾塑性体材料特性<sup>7)</sup>

形解析であって、RC・PC部材においては実情とかなり相違した応答が与えられていると考えられる。材料の弾塑性応力履歴を考慮した動的解析は、時刻歴応答解析において、逐次、応答値と応力-変形の関係から材料の剛性を判定し変化、反復させる手法となり、解析手順はかなり複雑で膨大化するため相当の困難は伴うだろうが、動的解析法の信頼性を飛躍的に増進させるためにも、現在の研究開発の段階から早く実用化の域に達することが望まれる。また設計実務者の立場からは弾塑性構造の応答スペクトル法の開発も期待される。

4.1 設計一般について

「指針」における設計に関する具体的な規定が構造細目的な落橋防止策に集中していることへの素朴な疑問はすでに述べたとおりであるが、大局的見地からの橋全体の耐震性の向上という問題の深刻さは、とても安易に取り組み得る範囲のものではない。したがってそれに関しては専門研究者の今後の研究成果に期待するものとし、ここでは「指針」の周辺の問題のうち設計一般に関する

いくつかを、ごく常識的にかつ実感的に述べてみるものとする。

4.1 橋に作用する地震力の低減策

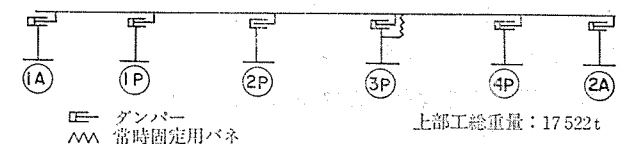
これについては「指針」にも“地震力の低減を期待する構造”という項目はあるが、少なくともその表現からはあまり前向きな取組みの姿勢は感じとれない。

たとえばPC鉄道橋で多用されている「ストッパー」など、その機械的機能や効用の数値的裏付けにはまだ確かに難点もあるようであるが、しかし少なくとも落橋防止装置という趣旨からみて最も安全確実な装置であり、かつ装置の内蔵するバネ効果とダンピング効果の相乗作用によって、橋に作用する地震力を全体として低減するとともに、地震力の各支点への分散をある程度の精度をもって規制し得るという効果は疑う余地のないものである。鉄道橋における「ストッパー」については別に詳細に紹介されているようであるが、支承には摩擦力という不可抗力以外一切の水平力を作用させないという徹底した設計思想<sup>8)</sup>もあるようで、ここでは直ちに道路橋で採用し難いにしても、多分に参考とすべき意義があるのではないだろうか。

PC 5 径間連続箱桁橋について試みた正弦波形入力による「ダンパー (ストッパー)」の地震力減衰・分散効果に関するごく簡単な試算例を表-2 に示す。

理論的数値的裏付けの迫力不足があるとすれば、それらは当面設計上の配慮でこれを補えばよいのであって、自重の大きいコンクリート系の橋では、特にこの地震力の低減策ということにもっと積極的に取り組む必要があ

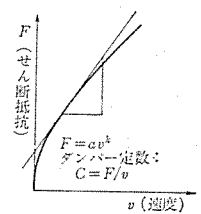
表-2 正弦波 (入力) 振動解析試算例



入力データ

(地震) 最大加速度: 200 gal, 正弦波 (地動)  
 周期: 0.5 秒 常時固定用バネ: 1000 t/cm  
 ダンパー定数 単位: t・sec/cm

	1A	1P	2P	3P	4P	2A
Case 1	50	50	50	50	50	50
Case 2	40	70	150	70	70	150
Case 3	全下部工常時固定用バネ設置 (ダンパーなし)					



解析結果 (下部工頂部作用水平力)

	1A	1P	2P	3P	4P	2A	Total
Case 1	896	899	710	1213	894	535	5147
Case 2	816	1225	1005	1441	1219	665	6371
Case 3	1401	1336	637	2037	1383	416	7165

Case 2: 地震時水平力分散率を鉛直反力にほぼ比例させ、かつ上下部構造相対変位量制限を目指したもの

## 耐震設計

るのではないだろうか。

同様のことは、同じ趣旨で「ゴム支承」の採用についてもいえる。

### 4.2 上部構造橋軸直角方向の補強

動的解析結果についての評価の問題は別にしても、上部構造橋軸直角方向の地震時応答値がしばしば予期しない数値を示すことはよく経験するところである。しかし、動的解析に待つまでもなく、上部構造橋軸直角方向に対する耐震上の配慮は決して軽視できない問題である。上下部構造接点部（支承部）の被害に付随する形での上部構造桁端部の損傷というものにも、観点をかえればこの問題に包含されるものがあるのではないだろうか。

死活荷重比の大きい PC 連続桁、連続ラーメン橋の中間支点部などでは、主桁上縁（上床版部）の死荷重作用時圧縮応力度は比較的小さいので、橋軸直角方向地震力を受けた場合、動的解析結果か静的解析結果かは問わぬとして、橋軸直角方向曲げモーメントによって、上床版部に相当量の引張応力度が生ずることがある。これに対しては、通常、上床版片持部先端近傍に補強鉄筋を配置して全引張力をとらせるとか、主方向 PC 鋼材の一部を意識的に上床版片持部に配置してひびわれ抵抗を増加させるなどの処置をしており、さらに、橋軸直角方向引張域が箱形断面腹部に及ばないように、断面形状寸法の面から橋軸直角方向の剛性を確保することなどが配慮されている。

これは最も簡単な例であるが、この問題もつきつめて考えると相当広範な深刻な問題となり、具体的な配慮について例示することは困難になるが、少なくとも「指針」などのなかで何らかの注意喚起がなされていてもいいのではないかという気はする。

### 4.3 下部構造などへのプレストレスの応用

従来特殊な場合を除いて、橋脚・橋台躯体へのプレストレスの応用は試みられていない。この問題は、橋脚・橋台躯体断面に作用する地震時曲げモーメントに対し軸力を増加することが断面の破壊耐力増加に有効である場合の中心軸方向力としてのプレストレス力の利用と、支間の長大化による反力増加に伴って断面寸法、鉄筋量などの過大化不均衡化を招来している橋脚・橋台躯体などのせん断抵抗を高めるとともにそのじん性改善にも役立つフープ方向プレストレス力の利用という二つの側面をもっている。

前者の例として図-5 に橋脚におけるプレストレス力導入による破壊耐力増加についての試算例を示す。

橋、特にコンクリート系の橋のように自重の大きい構造物では下部構造へのプレストレスの応用の余地は少な

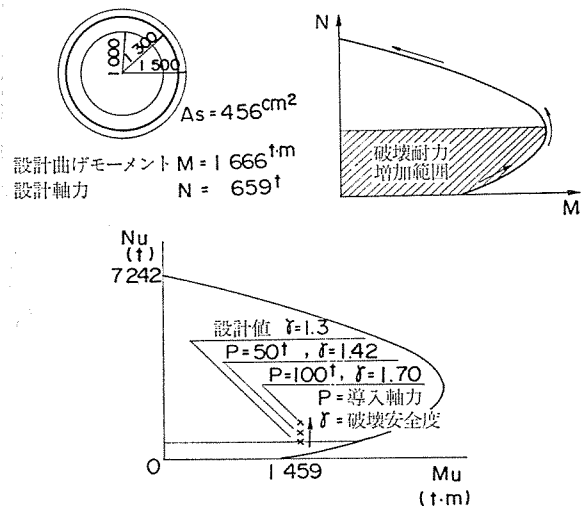


図-5 プレストレス力導入による橋脚躯体破壊耐力増加試算例

いという議論も成り立つが、たとえ僅少ではあってもプレストレスまたはプレストレス力の利用による断面算定上の余裕が、ひいては下部構造全体としてのじん性増加という望ましい結果につながる場合もあり得るのではないだろうか。

また原因は別として、桁端部の損傷は、この部分が PC 鋼材の定着、横桁取付けその他のための補強鉄筋などが過密になってコンクリート施工が難しいことから生ずる何らかの欠陥がその誘因となっている面もあるものと思われる。多少施工上の手間は増えるであろうが、これらの部分の局部的補強の意味でのごく少量のプレストレス、特に鉛直方向プレストレスの利といったことは考慮の対象にならないだろうか。

### 4.4 施工時地震の震度

すべて構造物は、施工中、完成後の構造系とは異なる構造系となっており、特に PC 長大橋のように片持架設工法などで施工する場合、施工中の構造系は完成後の構造系に比して著しく不利なものとなっているにもかかわらず、従来、施工時の地震による被害の例はほとんどきかれない。しかしこのことがこれまでの施工時地震に対する耐震的配慮が適切であったことの証左にはならない。これまで震害を免れてきたのは多分に幸運に恵まれたからでもあろうが、同時に、施工時の構造系に対してやや安全すぎる設計となっていたことも十分考えられるからである。

一般に構造物の安全性は経済性との関連においてとらえられるべきものであるが、「指針」などでも述べられているように、その均衡をどのような判断に基づいて妥当性あるものとするかはきわめて難しい。構造物の被害の経済的評価は単純な経済学の問題ではなく、社会心理

学的問題をも含んだ広範囲の検討を要するからである。この問題の解決の困難さから構造物の設計がやや安全側にかたよったものとなるのは止むを得ないことではある。

しかし問題を施工時地震に対する構造物の安全性に限定すると別の考慮も必要である。

たとえば施工時地震の震度の問題である。

施工工期は通常規模の橋でせいぜい 1~2 年程度である。しかも構造系が最も不利な状態になっているのはきわめて短期間である。このような構造系に 50~100 年周期の期待値である設計震度をそのまま適用するのはたとえ震害の深刻さを考えてもなお過大というべきであろう。もちろん設計震度に相当する影響をもった地震が明日にでもくる可能性も皆無ではない。しかし、本来、確率論的基盤のうえに成立し、周期との関連でとらえられるべき設計震度を、そのような安全側でさえあればよいという安易な割り切り方でとらえるのは基本的に誤りというべきであろう。

最近の実績では、片持架設工法による通常規模の PC 橋で上部構造架設工期が 1~2 年程度の場合、施工時地震震度は設計震度の 1/2、許容応力度は材料の降伏点応力度程度とすることが多いようで、この程度がほぼ妥当なところと判断されるが、現在でも往々過大と思われる設計例がないわけではない。

「指針」などでもこれについては全く触れられていないが、具体的数値は示し得ないにしても、何らかの指標なり注意喚起なりがなされることが望まれる。

たとえば栗林・岩崎<sup>9)</sup>によれば施工期間中に 1 回程度の発生頻度をもつ地震震度は

$$k_D' = DB_i A_i^{0.5} 10^{-\frac{1}{4\beta}(\log TR' + \alpha)}$$

ここに、

$k_D'$  : 施工時地震震度

$\alpha, \beta$  : 地域別定数

$TR'$  : 施工期間 (年)

で与えられ、東京地方における施工期間 2 年の工事にお

いては、施工時地震震度はせいぜい 0.065 程度をとればよいという結果が与えられている。もちろんこの地震震度は完成後の設計震度とは無関係に定まるので、両者の合理的関連性についての検討は必要であるという注意は付されているが、この問題を考えるときの一つの参考となるであろう。

## 5. おわりに

「指針」とその周辺に存在する問題はあまりにも多く、かつ困難で深刻なものばかりである。紙数の制約もあってとりあげ得た問題はごく僅かに限られ、しかも図式入りの具体的説明があまり加えられずきわめて表面的な議論に終始せざるを得なかったのは、問題の性質上当然のこととはいえなほ残念である。また、いく分実感的私見が強すぎたのではないかという反省もある。

いずれにしても、地震国日本の設計実務者の立場からは、これらの問題に関するより広範なより率直なより前向きな議論が推進され、総合的合理的かつ簡明な「規定」が一日もはやく具体的に提示されることを切実に期待したいのである。

## 参考文献

- 1) 道路橋耐震設計指針・同解説, 昭和 47 年 4 月, 日本道路協会
  - 2) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (案), 昭和 53 年 6 月, 日本道路協会
  - 3) 耐震設計に関する調査研究 (その 5), 昭和 49 年 2 月: 高速道路調査会
  - 4) 金井 清: 地震工学
  - 5), 7) 田治見宏: 建築振動学
  - 6) 梅村・青山・伊藤: 構造実験と構造設計
  - 8) 東北新幹線コンクリート桁支承部の設計, 構造物設計資料, No. 56, 1978 年 12 月
  - 9) 栗林・岩崎: 施工時の地震荷重の決め方についての一提案, 橋梁と基礎, Vol. 7, No. 4, 昭和 48 年 5 月
- その他
- ・橋梁と基礎, Vol. 5, No. 10 昭和 46 年 10 月「耐震設計」特集号
  - ・新耐震設計法 (案), 昭和 52 年 3 月, 建設省

## ◀刊行物案内▶

### プレストレスト コンクリート構造物の設計実技

体 裁 : A 4 判 113 頁

定 価 : 2 000 円 送 料 400 円

内 容 : (A) PC 緊張材定着部材端区間の設計 (B) 建築構造物における設計例 (C) 道路橋における設計例 (D) 鉄道橋の設計例 (E) PC パイルベント橋脚の設計例  
お申込みは代金を添えて, (社) プレストレストコンクリート技術協会へ