

橋脚の耐震設計の合理化に関する一考察

セントラルコンサルト 正会員 片山英一郎 山口大学 正会員 麻生稔彦 九州大学 正会員 松田泰治
建設技術研究所 非会員 スマア アン ティアズ 中央コンサルツ 正会員 山口正剛

1. はじめに

一般的な橋梁の耐震設計にあたっては、まず、震度法により躯体や基礎などを含めた橋梁全体系の初期形状を決定する。その後、この初期形状に対して地震時保有水平耐力法および動的解析を適用する。これらにより、橋脚断面および支承などが、要求値を満足しない場合には、再度、震度法に戻り、設計を繰り返すこととなる。このような検討ではあらかじめ震度法で仮定される断面が、地震時保有水平耐力法および動的解析を満足する事は少なく、特に橋脚断面の決定には何度かの繰り返し計算が必要となる。そのため、あらかじめ何らかの方法で最終的な断面形状が推定できれば耐震設計の合理化に寄与できるものと考えられる。

そこで、本検討は橋脚を対象に震度法で決定された断面を基に、地震時保有水平耐力法および動的解析を満足する断面を推定する手法を示すことにより、橋脚の耐震設計の合理化を目指すものである。

2. 対象橋梁および解析条件

本検討では、日本道路協会による「道路橋の耐震設計に関する資料」²⁾（以下、資料と呼ぶ）に示されている橋長200mの5径間連続橋Iげた橋を対象とする。（Fig. 1）

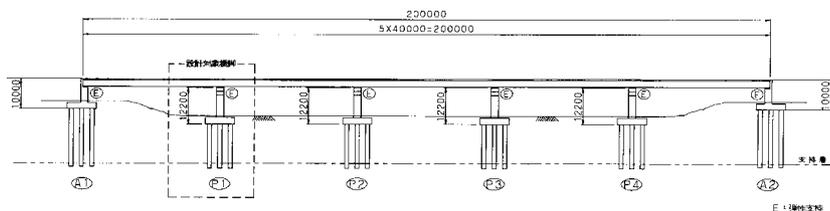


Fig. 1 対象橋梁側面図

2.1 上部構造

上部工形式は資料の通りの鋼桁形式としたもの（ケース1）および別の構造形式にも対応できるように資料の1.5倍としたもの（ケース2）の2ケースについて検討する。Table 1 に上部工重量を示す。

Table 1 上部工重量

	全体重量(tf)	単位長さ重量(tf/m)
ケース1	3140	15.7
ケース2	4170	23.55

2.2 下部構造

橋脚は全てRC張出式橋脚であり、配筋量による違いを考慮するために、主鉄筋をD32-1段としたMinモデルとD51-2段としたMaxモデルを設定する。さらに、ケース1については本橋梁程度の橋梁に通常用いられるようなD35-2段としたMeanモデルを併せて検討する。Table 2 に各モデルの断面条件をまとめて示す。これらの鉄筋を用いて、橋脚高さHを10,15,20,25,30mの5通りに変化させ、それぞれの場合の橋脚断面幅B（橋軸直角方向の幅は5.0mに固定）を求める。ただし、フーチングおよび基礎は上部工重量、橋脚高さによらず一定とした。

Table 2 断面条件

	軸方向鉄筋	かぶり	帯鉄筋
MAXモデル	D51-2段 ctc150	160mm	D29ctc150
Meanモデル	D35-2段 ctc125	150mm	D22ctc150
Minモデル	D32-1段 ctc125	150mm	D22ctc150

3. 解析結果

検討の結果を元に、橋脚の形状を決定するパラメーターとして橋脚の等価剛性、固有周期および支持する上部工重量に着目し、データの整理を行った。まず、地震時保有水平耐力法および動的解析により決定された断面の等価剛性、固有周期、上部工重量を、対応する橋脚高さにおける震度法による断面から得られる値で除し、等価剛性比、固有周期比および上部工重量比を求めた。次に、橋脚の曲げ剛性の特性を考慮するために横軸に震度法

キーワード：橋脚、耐震設計、合理化

連絡先：〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3-11-28 Tel.092-432-5385 Fax.092-432-5386

で仮定された断面の主鉄筋比をとり、Fig. 2 及び Fig. 3 に示すように、結果をプロットした。これらの図より、動的解析による等価剛性比はばらつきが大きいものの、等価剛性比、固有周期比および上部工重量比は主鉄筋比と相関があることが見て取れる。そこで、これらを2次式で近似し断面推定に用いることとする。

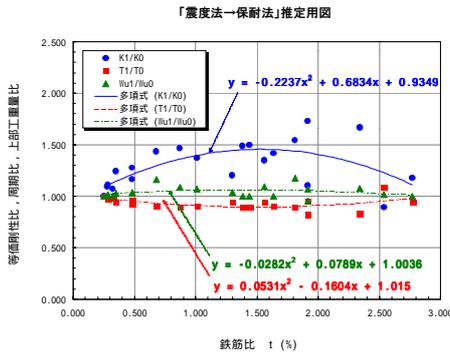


Fig. 2 「震度法 保耐法」推定用

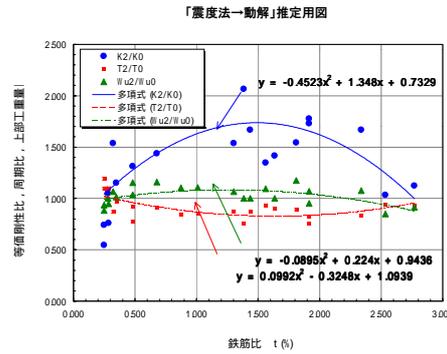


Fig. 3 「震度法 動的解析」推定用

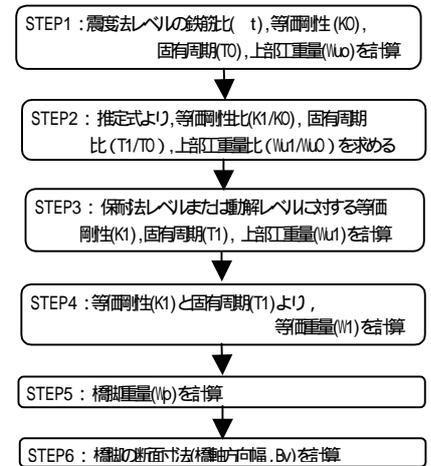


Fig.4 断面推定フロー

4. 橋脚断面の推定

4.1 橋脚断面推定フロー

橋脚断面を推定する推定フローを Fig. 4 に示す。

STEP1：震度法により、全体初期形状を決定し、鉄筋比、等価剛性、固有周期、上部工重量を計算する。

STEP2：近似曲線より、STEP1 で設定した断面の鉄筋比に対する等価剛性比、固有周期比および上部工重量比を求める。

STEP3：STEP2 で求めた値より、保耐法または動的解析に対する等価剛性、固有周期、上部工重量を計算する。

STEP4～STEP6：等価剛性と固有周期より、等価重量、橋脚重量、橋脚の断面寸法(橋軸方向幅)を計算する。

以上の推定フローのうち、STEP1 では通常の設計計算を行う必要があるが、STEP2～STEP6 はフローに従って、計算を行うことにより、最終断面を推定することができる。

4.2 推定フローの検証

ここでは推定フローの妥当性を検討する。上述の解析フローにより地震時保有水平耐力法および動的解析を満足する断面の推定を試みる。断面推定計算結果を Table 3 に示す通り、この計算により、地震時保有水平耐力法を満足する断面は 2.5m × 5.0m、動的解析を満足する断面は 2.8m × 5.0m と推定される。

この柱断面で、地震時保有水平耐力法及び動的解析を行い、照査した結果、Table 4 及び Table 5 に示す通りとなり、要求値を満足することが確認できた。

Table 4 保耐法の照査

	解析値
水平力	437.791
保有水平耐力	517.466
残留変位	0.153
許容残留変位	0.175
判定	OK

Table 5 動的解析の照査

応答値	タイプ	タイプ
最大回転角(rad)	0.003219871	0.01578161
安全率	2.33	1.66
最大曲率(1/m)	0.000842329	0.000897588
安全率	1.13	1.06
残留変位(m)	0.007333	0.012912
安全率	23.87	13.55
判定	OK	OK

Table 3 断面推定計算結果

	保耐法	動的解析
STEP1 震度法による断面設定		
橋脚高	17.500m	
断面寸法	1.800m × 5.000m	
主鉄筋	D38ctc125-2段	
帯鉄筋	D22ctc150 (有効長=1.000m)	
鉄筋比 t=	1.240	
等価剛性 K0=	1189.314	
固有周期 T0=	1.566	
上部工重量W0=	498.0	
STEP2 推定グラフによるK2/K0, T2/T0, W2/W0の計算		
K2/K0=	1.420	1.653
T2/T0=	0.903	0.858
W2/W0=	1.060	1.077
STEP3 等価剛性(K2), 固有周期(T2), 上部工重量(W2)の計算		
K2=	1688.845	1965.635
T2=	1.414	1.343
W2=	527.987	536.375
STEP4 等価重量(W2)の計算		
W2=	838.930	880.909
STEP5 橋脚重量(Wp)の計算		
Wp=	621.886	689.068
STEP6 橋脚の断面寸法(橋軸方向幅, Bv)の計算		
Bv=	2.50	2.80

5. まとめ

連続桁橋の鉄筋コンクリート橋脚について、繰り返し計算によらず橋脚断面を推定する方法について検討した。今回の検討で示した推定フローを検証した結果、震度法で決定された断面を用いることにより、地震時保有水平耐力法および動的解析で決定される断面を推定することが可能であることが示された。今後は本手法の適用性をさらに検討するとともに、パラメータを増やして検討を行い、本推定法の適用範囲の明確化および信頼性の向上を図ることが必要である。本検討は九州橋梁・構造工学研究会（KABSE）の「橋梁の耐震性を考慮した設計・施工の合理化に関する研究分科会」における活動の一環としてなされたものである。関係各位に感謝します。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書(1996)、2) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料(1997)