

1. はじめに

道路橋の設計において、下部構造断面は、ほとんど、地震時の条件により決定される。従って地震の影響を低減する方法を採用することにより、構造物の耐震性が高まるとともに、より合理的な構造とすることが可能である。現在、地震の影響を低減する方法として、伝達される力を分散させる多点固定方式、および、特殊な装置を利用して制御する制震設計、又装置本体で吸収する免震設計等が考えられているが、中でも免震設計は、外国の事例等から、信頼性が増し、設計理論も確立されて来ている。本橋は、我国での免震設計の実用化に向けた第一歩として、エネルギー吸収型の免震装置を支承部に有する橋として設計したものであり、動的（実際の）解析により、地震時の挙動に対する安全性を照査した。本報告は、その検討結果の概要について述べるものである。

2. 長木橋の概要

長木川橋は、一般国道7号大館西道路（自動車専用道路）の一部として一級河川長木川に架設されるものであり、橋長98.0mの3径間連続鈹桁橋である。地盤は、砂礫層を主体とした堅固な地盤であり、下部工基礎は、これを支持地盤とする直接基礎とした。

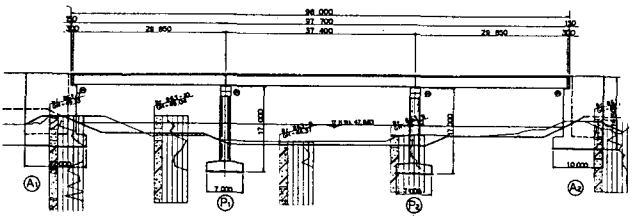


図-1 橋梁側面図

3. 免震機能

橋梁に伝達される地震の影響を低減することは、具体的には、上部工に生じる地震時慣性力を低減することである。免震設計は、慣性力低減方法として、「振動の長周期化」と「エネルギー吸収（減衰）」の2原理を組み合わせるものであり、前者は、地盤から伝達される地震動に対し、上部工振動周期を長くすることにより、地震の加速度を小さく出来る。又、後者は、上部工に伝達される地震動を特殊な機能で、伝達途中で、低減する方法である。この機能を有するものとして、当橋梁では、鉛プラグ入りゴム支承を採用することとした。

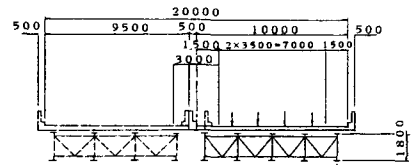


図-2 橋梁断面図

作動原理としては、

- 1) 積層ゴムの柔らかいせん断剛性で振動周期を長周期化し地震の加速度応答を低減する。
- 2) 鉛の弾塑性変形を重ね合わせた性質を活用して、地震エネルギーを吸収し、加速度応答を低減するとともに、ゴムの変位を抑制する。
- 3) 風荷重や車の制動荷重等通常の水平力に対しては、鉛の弾性領域内で抵抗する。

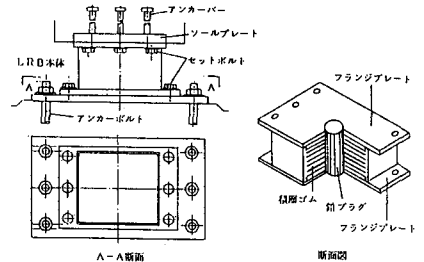


図-3 鉛入りゴム支承装置図

4. 免震設計

1) 設計の基本的条件

- ① 免震機能による減衰効果は、設計上（震度法レベル…震度5程度）考慮せず、一般橋と同等の耐震性をもたせる。
- ② 大規模地震（震度7程度）の場合でも落橋をさける。

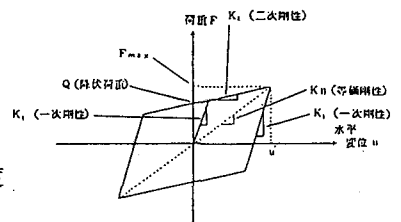


図-4 免震装置の荷重と水平変位の関係

③ 大規模地震（地震時保有水平耐力法）の場合の安全性照査のための、動的解析にあたっては、減衰効果を考慮する。これは、長周期化の場合には、顕著に、免震効果が表れることから加味した。

2) 設計検討内容

設計計算にあたっては、支承部に特殊な杓を有するので、橋全体を梁とバネに置換えた骨組構造で計算し、算出された諸数値によって免震装置、下部工等の設計を行った。
(震度法レベル)

又、上部工、免震装置、下部工の振動が連成した場合の照査として、過去の地震動の波形を加速度に置き換え、地震時応答を求めた。(動的解析…応答スペクトル)、又、免震装置の機能を更に詳細に入力(等価勾配から覆歴カーブとしてモデル化)し、各部材の地震時応答を求めた。

3) 検討結果

震度法レベルでの部材決定に対し、保有水平耐力法での動的解析(骨組構造)結果は、表-1の通りであり、免震装置の変位も、A、橋台で約20cmと大きいのが、許容変位量内となり、下部工各部材の設計照査結果からも震度法を上回る値は、生じなかった。

又、保有水平耐力法レベルでの20cmの変位予測が生じているが、当橋梁の対応としては、通常の走行性能を損なわない程度の伸縮継平の遊間量(震動法レベルの5cm)をとることとし、これを上回る大きな地震に対しては、落橋防止装置を設けることとした。

なお、桁とパラペットの遊間については、地震時保有水平耐力法レベルでの変位に対応する20cmを確保した。

5. 地震時観測計画

橋梁完成後においては、地盤、支承部、上部工の一部に、加速度計を設置し、免震作用の動態を探る予定である。なお、観測については、供用前、供用後、それぞれについて、観測する予定である。

6. おわりに

免震装置を有する橋梁は、構造が特殊であることから、設計にあたっては、「道路橋の免震設計法ガイドライン(案)」(国土開発技術研究センター)及び建設省土木研究所の指導を基に設計検討を行ったものである。今後は、地震時の観測データ等から、免震橋のメカニズムが更に解明され、今後の耐震工学の前進へとつながることを期待する。

設計フロー

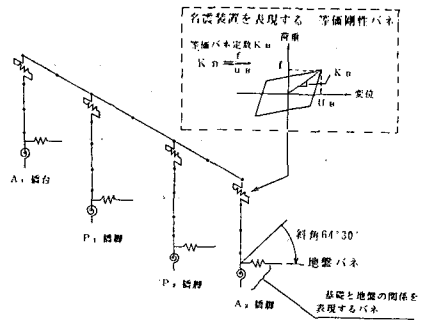
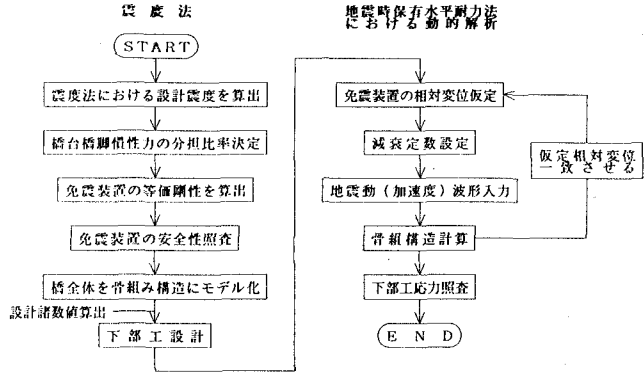


図-5 骨組モデル図

表-1 計算結果

箇所	A、橋台(Ⅱ種地盤)		橋脚(Ⅰ種地盤)		A、橋台(Ⅰ種地盤)	
	A	B	A	B	A	B
設計震度	0.21	0.57	0.17	0.45	0.17	0.45
上部工慣性力	47t	152t	74t	171t	36t	119t
ゴム断面	40cm×40cm		55cm×55cm		40cm×40cm	
ゴム総厚	12cm(12層)		15.6cm(12層)		12cm(12層)	
鉛プラグ直径	φ7.5cm		2本×φ10.0cm		φ7.5cm	
免震装置諸元	21.5cm		25.1cm		21.5cm	
一次剛性	4.520t/m		7.920t/m		4.520t/m	
二次剛性	6.95t/m		1.218t/m		6.95t/m	
降伏荷重	17t		61t		17t	
変位	4.3cm	19.5cm	1.0cm	9.0cm	2.7cm	15.0cm
橋全体固有周期	A					
	0.87s					
B						
1.15s						

A:震度法 B:地震時保有水平耐力法