

構造系間の地震時応答性状に関する定量的検討

(株)建設技術研究所 正会員 武野 志之歩
立命館大学理工学部 正会員 伊津野 和行

1.はじめに

近年、桁間衝突を考慮した橋梁の地震時応答性状に関する研究が盛んである。しかし、桁間における衝突が構造系に与える衝突効果について、定量的な検討例はあまりなされていない。橋脚基部モーメントに着目すると、連結部の衝突速度とモーメントの増加比にある程度の相関性がみられる¹⁾。したがって、衝突現象を速度レベルで定量的に評価できれば、衝突による構造系への影響を把握することも可能になる。構造系に与える桁間衝突効果を定量的に把握できる評価指標の作成を目的とし、その準備段階として、構造系間の相対速度に着目した連結部地震時挙動特性について検討を行う。

2.数値シミュレーション解析の方法

解析には図-1 に示すモデルを適用した。各々の構造系は、上部構造重量と橋脚剛性を考慮した1自由度系モデルとしてモデル化し、*model-1*、*model-2* と表記する。表-1 に解析モデルの構造諸元を示す。*model-1* は長大橋、*model-2* は隣接中小橋と考え、各モデルの質量及び橋脚剛性を試設計により算定した。また、*model-1*、*model-2* の減衰定数 h をそれぞれ 0.02, 0.05 と設定した。

model-1 として G1～G4、*model-2* として B1～B3 のケースを設定し、各々の組合せにより 12 通りの解析モデルを作成した。構造系間の特性値として固有周期差比を用いる。本研究における固有周期差比 $\Delta T/T$ は以下の式により求めた。ただし、 $T_1 \cdot T_2$ は *model-1*・*model-2* の固有周期である。

$$\Delta T/T = (T_1 - T_2)/T_1 \quad \dots(1)$$

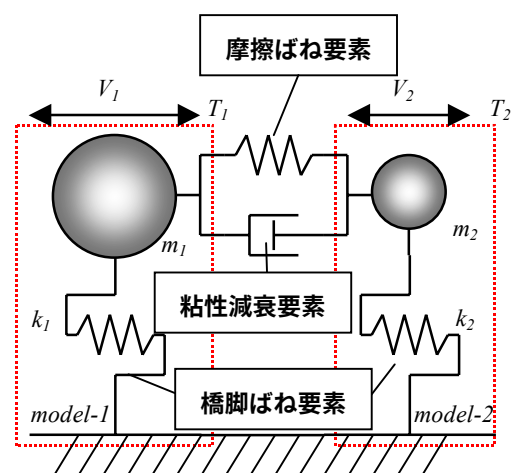


図-1 解析モデル

表-1 解析モデル構造諸元

		質 量	橋脚ばね 剛 性	固有周期
		M(t)	K(MN/m)	T(sec)
<i>model-1</i>	G1	2,100	813	1.0
	G2	4,800	826	1.5
	G3	8,600	833	2.0
	G4	13,600	842	2.5
<i>model-2</i>	B1	500	775	0.5
	B2	1,000	790	0.7
	B3	1,700	813	0.9

3.構造系間相対速度応答スペクトル

ここでは、独立して存在する 2 つの構造系間の最大相対速度に着目し検討する。結果を応答スペクトルの形で表現することにより、隣接する構造系の固有周期から構造物間の最大応答速度が得られる。図-2 は本研究で作成した構造系間相対速度応答スペクトルである。実線がタイプ I、破線がタイプ II の応答を示す。

model-1 に G1 を設定したモデルを G1-series とし、それぞれのシリーズごとに線で結んだ。G1-series のスペクトルは他のスペクトルと大きく異なり、*model-2* の設定により 100～200kine の変化を示す。しかし、G2 から G4-series ではほとんど変化がない。すなわち、固有周期差比が大きい範囲では、2 つの独立した構造系間に生じる相対速度は、構造系の固有周期差比の影響よりも長周期構造系の影響が支配的であることが伺える。これは、図-3 に示す振動モードの有効質量比による影響が考えられる。固有周期差比が大きくなるほど 1 次振動モードの有効質量比が 2 次振動モードと比較して卓越している。そのため、固有周期差比が大きくなるほど *model-2* の影響は小さくなる。

地震波のタイプによる影響は、タイプ I よりもタイプ II の応答が大きい。また、地盤種別では、I 種<II 種<III 種の順で大きくなる。これらは、入力地震波の速度応答スペクトルの影響が大きい。

キーワード：相対速度・構造系間相対速度応答スペクトル・摩擦・粘性減衰・速度低減率

連 絡 先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL：077-561-2728 FAX：077-561-2728

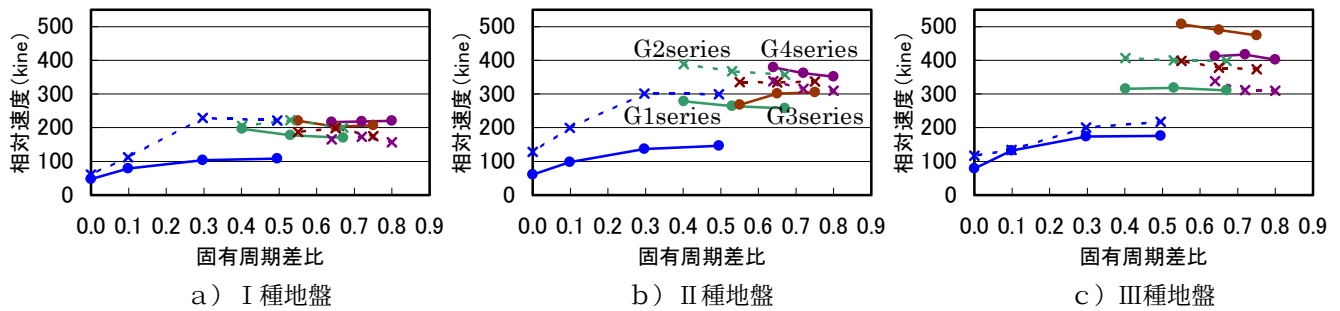


図-2 構造系間相対速度応答スペクトル

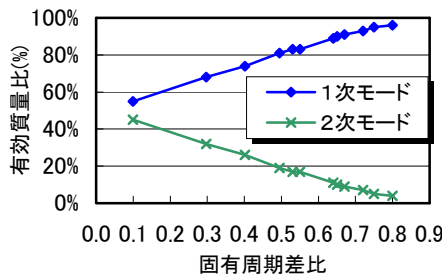


図-3 各振動モードの有効質量

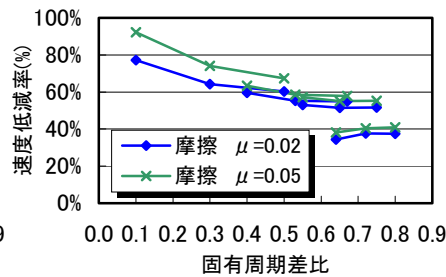


図-4 摩擦による速度低減率

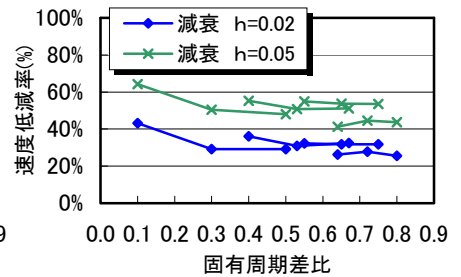


図-5 減衰による速度低減率

4. 摩擦・減衰による速度低減率

実際の連結部では、互いに対峙する構造系の影響を受ける。ここでは、構造系間に摩擦・減衰要素を想定し、それぞれが構造系間相対速度に及ぼす影響について検討した。図-4、図-5に連結部の摩擦・減衰による相対速度の低減率を示す。ともにタイプⅠ地震動の応答値である。

摩擦による速度低減率は、固有周期差比が小さいケースで大きく、0.1の時に80～90%を示す。固有周期差比が大きくなると減衰率は次第に小さくなり、0.8の時点で40%まで低下する傾向にある。すなわち、固有周期が近い構造系が隣接する際、相対速度の低減効果は大きい。また、考慮する摩擦係数の違いによる影響は小さいことが伺える。一方、粘性減衰による速度低減効果も、固有周期差比が小さいもののほど大きく、固有周期が大きくなると次第に減衰効果が低下する傾向にある。しかし、減衰効果の変動は摩擦によるものと比較して小さく、各ケースにおける速度低減率の違いは20%程度の差で収まっている。

以上から、固有周期差比が小さく構造系間相対速度が小さい範囲では摩擦・減衰ともに大幅な低減効果を期待することが可能である。しかし、構造系間相対速度が大きくなる固有周期差比が大きい範囲では、大幅な低減をおこなうことが困難であるといえる。また、粘性減衰による速度低減率は固有周期差比による変動幅が摩擦によるものと比較して小さいことから、同レベルの摩擦・減衰機構を使用する場合、固有周期差比が小さい範囲では摩擦機構の方が効果的であり、固有周期差比が大きい範囲では粘性減衰機構に期待することが効果的である。

5. まとめ

以上、連結部の相対速度により構造系間相対速度応答スペクトルを作成し、その特徴について検討した。また、構造系間の相対速度に及ぼす摩擦、減衰の影響についても併せて検討した。その結果、連結部の相対速度は長周期構造系の影響が卓越する傾向が明確である。一方、構造系間の相対速度は摩擦や減衰の影響を考慮することで低減できる可能性が示された。摩擦力や減衰力を期待できる連結装置を設けることで、連結部の速度応答を任意のレベルまで低減することができる。本研究で作成した構造系間相対速度応答スペクトルに対し、移動制限量を想定した衝突速度スペクトルを作成することで、連結部の衝突速度を把握することも可能となる。

参考文献 1) 武野志之歩, 伊津野和行: 長大橋と隣接中小橋の連結部における地震時の衝突が橋脚躯体に与える影響, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.46A, pp.929-938, 2000年3月。