

断層変位を受ける橋梁の落橋モードに関する数値実験

芝浦工業大学大学院 学 田辺 明義
 芝浦工業大学 正 紺野 克昭
 鉄道総合技術研究所 正 室野 剛隆
 鉄道総合技術研究所 正 弥勒 綾子

1. はじめに

1999年に発生したトルコ・コジャエリ地震、台湾集集地震は、断層の変位により断層上の橋梁に大きな被害を与えた。日本においても過去に、断層の変位が生じた地震は濃尾地震(1891年)など10例以上報告されている。近い将来我が国で、再びこのような地震による大災害を否定することはできない。対策として、活断層を避けて橋梁を建設することが第一に考えられるが、我が国ではほぼ不可能とされている。そこで橋梁と断層の交差角度に着目し、交差角度によって橋桁がどのように挙動するかということを模型実験により行われている¹⁾。

本研究では、模型実験の結果を踏まえ、機構解析ソフトウェアDADS²⁾を用い、コンピューターシミュレーションを行い、そのシミュレーションから得られる数値実験結果と模型実験結果の比較を行った。

2. 数値実験概要

2.1 DADSの概要

DADSは、剛体の挙動を解析できる機構解析ソフトで、複数の剛体の衝突や摩擦などを考慮した解析が可能である。モデルの作成をコンピュータ画面上で行い、解析結果をアニメーションで表現することができる。

2.2 DADSのモデル作成

モデル作成にあたり、桁・橋脚の寸法、交差角度、桁間の間隔(2mm)は全て模型実験に準拠した。断層上の桁(中央桁)は400mm,800mm,1200mmの3種類であり、中央桁長と他の桁長、スパン数の組み合わせを4つ定め、表-1の実験ケースとして定義した。

模型実験と異なる点は、桁と橋脚間の支承構造である。模型実験では桁と橋脚天端に穴をあけ、そこにゴム製のストッパーを差し込む構造としている。DADSでは摩擦すべり支承構造とし、桁と橋脚の間の摩擦係数を0.1から0.9の間を0.1刻みに設定して解析を行った。今回は、0.9の場合が、最も模型実験結果に近かったため、以下の結果は0.9の場合を示している。桁の名称は、図-1のように固定盤側からA桁、B桁、C桁...と付していき、交差角度は図-2のように定義する。

2.3 シミュレーションの方法

表-1に示す4ケースをそれぞれ交差角度30°・60°・90°・120°・150°の5パターン計20回のシミュレーションを行った。可動盤の

表-1 実験ケース

ケース名	橋脚形式		
	中央桁長*	他の桁長	スパン数
CASE-1	400mm	400mm	5スパン
CASE-2	1200mm	400mm	3スパン
CASE-3	800mm	800mm	3スパン
CASE-4	400mm	400mm	7スパン

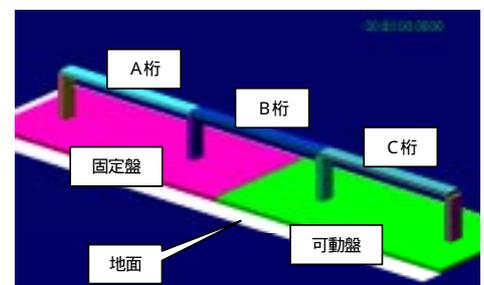


図-1 DADSのシミュレーションモデル(case3)

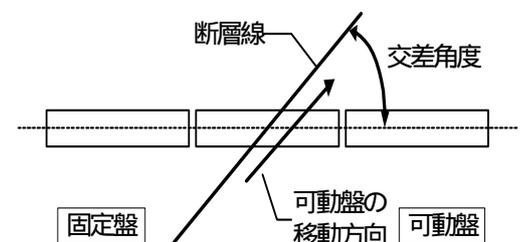


図-2 交差角度の定義

表-2 落橋した桁

	交差角度	30	60	90	120	150
		case1	数値 C	C	-	A
	模型	C	?	-	?	B
case2	数値	B	B	-	A	A
	模型	B	?	-	A	A
case3	数値	B	B	-	-	A
	模型	B	B	-	A	A
case4	数値	D	D	-	-	A,B
	模型	D	D	-	B,C	B,C

「？」はデータなし、「-」は落橋しないことを表す

キーワード 地震断層、落橋、数値シミュレーション

連絡先 〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 芝浦工業大学 TEL 03-5476-3046

移動速度は毎分 8mm で移動方向は図 - 2 の通りである．最大の変位量は 60mm とし，60mm に達する前にいずれかの桁が落橋した場合には，その時点でシミュレーションを停止させる．

3. 数値実験結果

数値実験結果を表 - 2 に落橋した桁，図 - 3 に交差角度と落橋時の可動盤変位量(以下，落橋時変位量)を示す．交差角度 30° と 60° のときは可動盤が固定盤から離れながら，つまり引張方向に移動するので，中央桁のみが落橋し，他の桁はそのままの状態である．また 30° のとき数値実験，模型実験ともに落橋時変位量が最小であることが分かる．このことから最も落橋しやすい条件といえる．交差角度 90° のとき，全ての桁は落橋しなかった．中央桁は引張方向にも圧縮方向にも影響されないため 2 橋脚の上で回転し 2 物体の接触する面積を有効に利用し，最も落橋しにくい状態となった．交差角度 120° と 150° のとき，A～B 桁が落橋する．これは可動盤を移動させたとき可動盤上の桁が，中央桁や固定盤上の桁を交差角度方向に押し出す．このとき，A 桁は桁座に対する余裕を最も早く失うため，最初に落橋に至る．また，圧縮方向に移動することから全ての桁が桁同士互いに接触しあうため，広範囲に及び桁がずれ合う．

以上の内容を，交差角度 で整理する．

- ・ $<90^\circ$ (引張方向)...中央桁のみ落橋
- ・ $=90^\circ$...全て落橋しない
- ・ $>90^\circ$ (圧縮方向)...固定盤上の桁が落橋し，全ての桁が移動

また 90° に近づくほど，落橋時変位量が大きくなる傾向があり，反対に 90° から離れるほど，落橋時変位量が小さくなるという相関があることも分かった．

4. 数値実験と模型実験との比較と考察

一般的に，数値実験の落橋時変位量は模型実験と比較し大きかった．これは，ゴム製ストッパーが破断する力よりも，数値シミュレーションにおける摩擦力のほうが大きかったことが考えられる．表 - 2 から落橋した桁についてもほぼ一致したが， 120° と 150° の場合で多少の違いが見られた．これも桁と橋脚間のモデル化の違いが原因であると思われる．

5. まとめ

機構解析ソフト DADS を用いて，断層変位を受ける橋脚の数値シミュレーションを行った．数値シミュレーションの結果は，模型実験の結果と調和的であり，強い非線形挙動と考えられる落橋過程を数値実験において評価可能であることが分かった．ただし，桁と橋脚間のモデル化は，摩擦力という単純なモデル化で行っており，この妥当性について，今後，詳細に検討する必要がある．

参考文献 1) 室野剛隆，弥勒綾子，紺野克昭：断層交差角度に着目した橋梁の挙動特性に関する基礎的研究，土木学会地震工学論文集，2003． 2) サイバネットシステム株式会社：DADS reference manual8.0，1997．

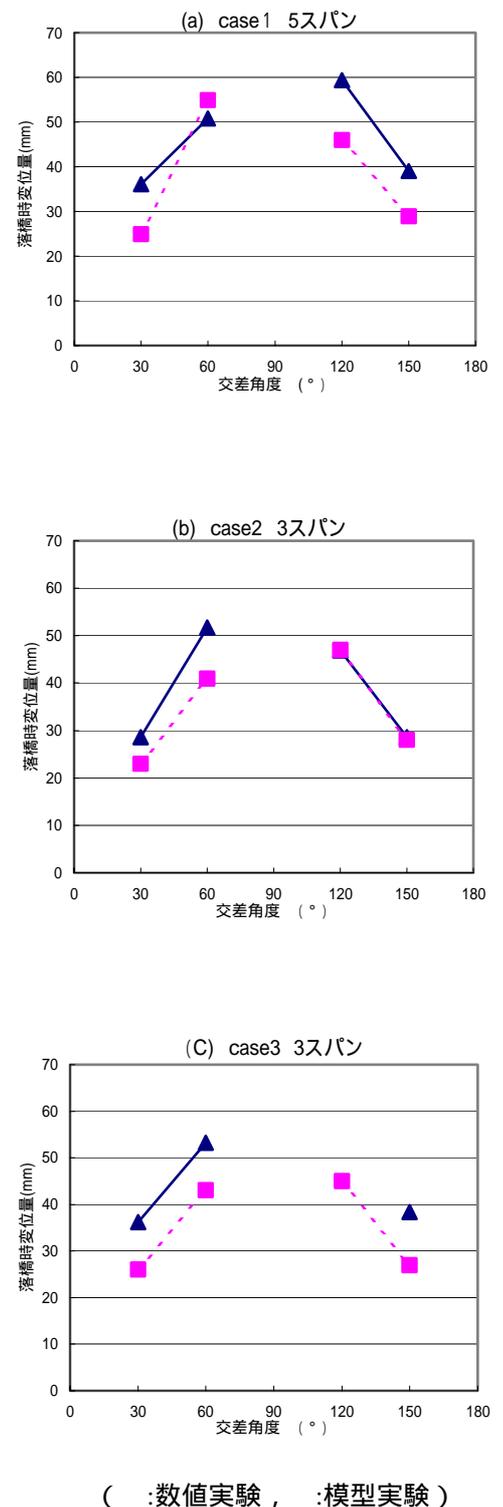


図 - 3 交差角度と落橋時の可動盤変位量