

固定点载荷を受ける連続桁における局所的な降伏が荷重分配に与える影響

積水化学工業株式会社 正会員 〇西川 源太郎
立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義

1. はじめに

近年、鋼橋梁構造物に対しても性能照査型設計法への移行が検討されており、限界状態設計法もそのひとつとして挙げられる。その場合、終局限界として構造物の一部が降伏域に達している状態も考慮できることになり、今までの弾性解析だけでは構造物の挙動を正確に把握できない可能性もある。筆者らは単純桁についての検討を行ったが、連続桁での挙動はより複雑になると考えられ、さらに検討が必要であると考えた。本研究では、連続鋼 I 桁の非弾性解析を行い、桁の局所的な降伏が荷重分配に与える影響について検討する。

2. 解析プログラム概要

使用した解析プログラムは、鉛直方向変位、面内曲げ回転角、ねじれ回転角の 3 自由度を有する、3 次元はり要素を用いた有限要素解析である。本解析で用いた断面と鋼材の応力-ひずみ曲線から導きだした理論理想 $M^*-\Phi^*$ 曲線を図-1 に示す。本解析モデルは図-2 のように 7 つの断面変化(section1-7)からなる主桁と横桁(section8)で構成される。アスタリスク(*)は無次元化された値を示しており、 M_{e1} は section1 の弾性限界モーメント、 ϕ_y は各 section の弾性限界曲率を示す。解析では、各要素両端に働くモーメントの平均値を用いて要素が降伏したかを判定、 $M^*-\Phi^*$ 曲線と照合することにより、その時点における剛性を求めている。

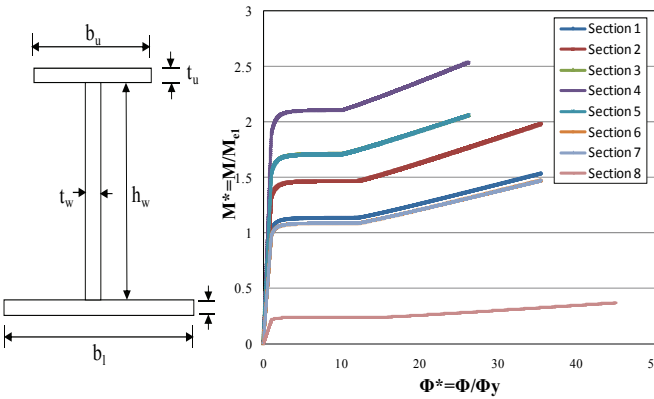


図-1 解析断面と $M^*-\Phi^*$ 曲線

3. 解析モデル

解析モデルは、3 径間連続鋼 I 桁である。主桁数を 2,3,4 と変化させることで 3 つのモデルを作成した。例として、図-2 に断面区分(section)を色分けした 3 主桁の解析モデルを示す。2,4 主桁でも同様の断面区分を行い、各断面に図-1 の $M^*-\Phi^*$ 曲線を適用した。

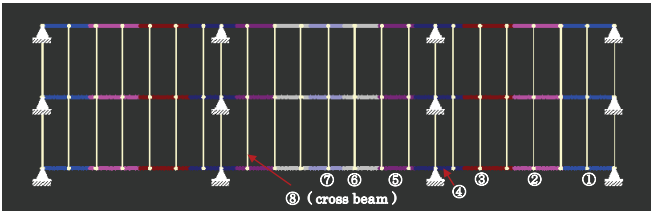


図-2 断面区分した解析モデル(ex.3 主桁)

4. 解析手法

解析手法は、単純载荷解析を行った。载荷位置は、図-3 (b)に示すように、第一支間中央に载荷するなら L を、第 2 支間中央に载荷するなら C を、第 3 支間中央に载荷した場合を R とした。载荷長は 10m とした。表-1 に、全载荷ケースを示す。例として、2 主桁_case2 の载荷位置を、図-3(a)に示す。case2 では、Girder1-C の位置に载荷が行われている。その状態を表-1 で網掛けした位置に記す。全 20 ケースを対象として、桁の一部が塑性域に達するまで荷重を増加させることで生じる荷重分配の変化に着目した。

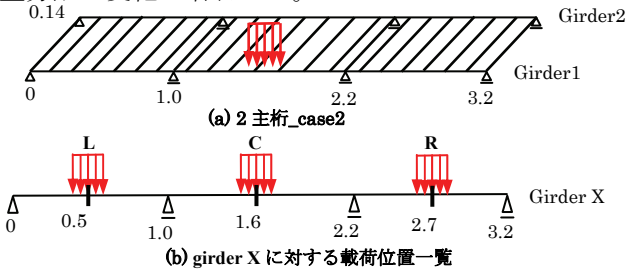


図-3 2 主桁_case2(a)と载荷位置(b)

表-1 载荷ケース一覧

		Load1		Load2		Load3	
		Girder	Position	Girder	Position	Girder	Position
2-girder bridge	case1	1	L				
	case2	1	C				
	case3	1	L	1	C		
	case4	1	L	1	C	1	R
		Load1		Load1		Load2	
		Girder	Position	Girder	Position	Girder	Position
3-girder bridge	case1	1	L	case5	1	1	C
4-girder bridge	case2	1	C	case6	2	2	C
	case3	2	L	case7	1	2	L
	case4	2	C	case8	1	2	C

キーワード 有限要素解析、荷重分配、格子計算

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部 Tel 077-561-3007

5. 解析結果

全解析結果の中から、各モデルの case1 に着目し検討する。case1 とは、Girder1 の L の位置に載荷した場合である。最初に 2 主桁での case1 の結果を図-4 に示す。

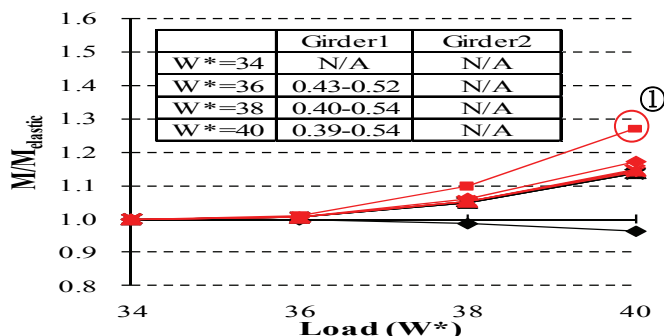


図-4 モーメント比(2 主桁 case1)

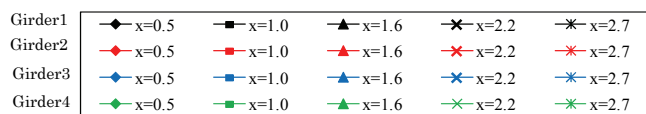


図-5 凡例

図は、横軸に無次元化荷重(W^*)、縦軸に弾性状態を仮定したモーメントに対する非弾性解析のモーメントの増減を示し、図中の表に塑性化した範囲を示す。図-5 に示す凡例のように、各桁の主要な 5 点についてプロットした。図-4 より、 $W^*=36$ から $x=0.43-0.52$ の載荷点直下で塑性化が進行し、 $x=0.5$ (Girder1)のモーメント比が減少する。それに伴い、①の位置でのモーメント比が最も増加している。これは、桁の局所的な降伏により荷重が $x=1.0$ (Girder2)の位置に最も分配されたことを表す。しかし、載荷していない桁に生じるモーメントが、隣り合う桁に生じるモーメントより極めて小さいことから、同じ桁に分配される荷重のみを設計時に考慮する必要がある。

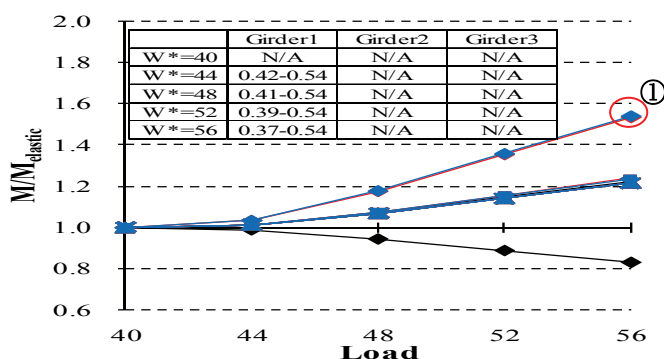


図-6 モーメント比(3 主桁 case1)

3 主桁 case1 の結果を図-6 に示す。図より、 $W^*=44$ から載荷点直下付近で塑性化が生じ、荷重分配の変化が確認できる。特にモーメント比が減少した点と同じ x 軸の位置($x=0.5$)で大きなモーメント比となっていることが①よりわかる。

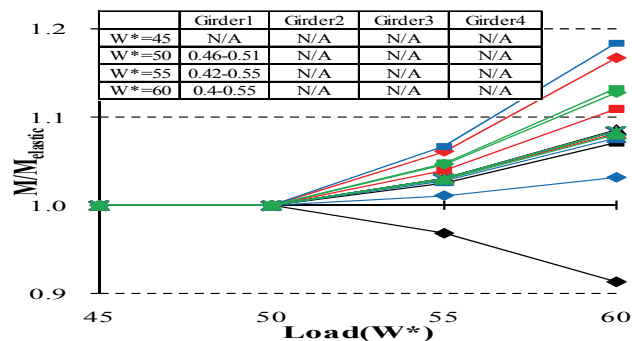


図-7 モーメント比(4 主桁 case1)

図-7 に、4 主桁 case1 に関して同様の図を示す。図より、荷重が大きく分配された位置は、塑性化した位置と隣接する $x=0.5$ 、 $x=1.0$ の隣り合う桁である。4 主桁 case1 の $W^*=60$ 載荷時、橋梁全体に生じたモーメントをその大きさに色分けしたものを図-8 に示す。上段の弾性解析の分布図より、下段の非弾性解析の方が①の位置でより大きなモーメントが生じている。このことより、3,4 主桁の設計では、塑性化した位置と同じ x 軸の位置により大きな荷重が分配されることを設計で考慮する必要がある。

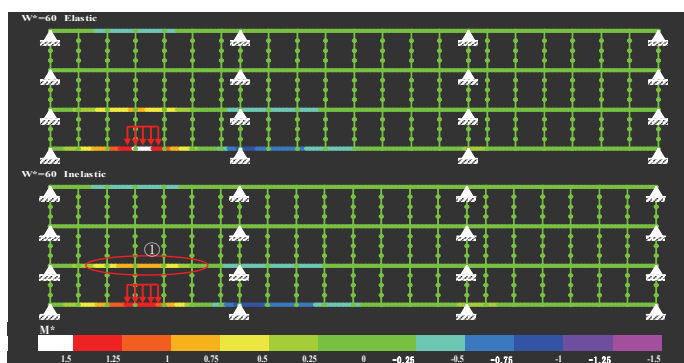


図-8 橋梁全体のモーメント分布(case1)

次に全解析ケースを比較するために、弾性限界荷重の 1.2 倍載荷時における最大モーメント比を表-2 に示す。桁数が増えるのに従い最大モーメント比は大きくなっている。4 主桁では最大 1.38 倍のモーメントが弾性状態を仮定した場合よりも大きく生じる。これらの結果と実際のモーメントの大きさを検討して設計を行う必要がある。

表-2 最大モーメント比

	最大モーメント比	ケース	位置
2主桁	1.14	case1	$x=1.0$ (Girder1)
3主桁	1.17	case1	$x=0.5$ (Girder2,3)
4主桁	1.38	case2	$x=1.6$ (Girder2)

6. 結論

2 主桁では載荷していない桁に生じるモーメントは極めて小さいため、載荷している桁への荷重分配のみを検討すればよい。3,4 主桁では、塑性化した位置と同じ x 軸をもつ隣り合う桁に最も荷重が分配される。