

I - B167

プッシュオーバーアナリシスによる斜材付き π 型ラーメン橋の残留変位

第一復建株式会社 正 員 ○李 重桓*

第一復建株式会社 正 員 千々岩 浩巳

第一復建株式会社 田中 俊昌

1. はじめに

平成8年12月の道路橋示方書では、部材強度とじん性のバランスがとれた耐震性能を有する構造物の設計が要求されている。なかでも、重要度が高い構造物に対しては、これまで行われてきた耐力照査に加えて、残留変位の照査が求められているが、本ラーメン橋のように終局時の挙動が明確でない構造物を対象とした残留変位の具体的な照査方法は、未だ確立されていない。また、残留変位に影響を及ぼす境界条件の設定法も明らかにされていない部分が多く、その1つの要素として地盤モデルが挙げられる。設計上の簡便性から、基礎形式が直接基礎の場合、地盤の境界条件を固定や剛域とする場合や、地盤変形や地下逸散による減衰効果を考慮するためにバネを用いるなど、地盤モデルが残留変位に与える影響の割合を考慮せずに、設計技術者が橋梁規模や解析の精度によって判断して使用されている場合が多い。

本論文では、直接基礎を有する斜材付き π 型ラーメン橋を対象として、プッシュオーバーアナリシス（以下、「静的解析」と略称する。）を用いて地盤モデルを変化させた解析を行い、静的解析による橋梁全体の残留変位の算出方法について検討するとともに、その結果からその違いによる残留変位の変化について比較検討を行う。

2. 解析条件

解析に用いた対象橋梁の概略側面図と全体モデルを図-1に示す。地盤モデルによる橋軸方向の残留変位の変化、とくに地盤の境界条件の影響を検討するために、表-1に示す4つの地盤条件に対して静的解析を行う。解析に用いた部材の非線形モデルについて説明する。まず、上部工には、上下非対称のPC中空床版形式であることを考慮して正負非対称型バイリニアモデルを、下部工には、ひび割れ時を無視した弾性の限界点を降伏時までとする完全弾塑性型のバイリニアモデル（軸力変動考慮）を用いた。塑性ヒンジが発生すると予想される箇所（斜材の上下部および橋脚基部）には塑性回転バネを、上部工と斜材・垂直材との結合部付近およびフーチング部には剛域を設けた。

なお、数値解析には、(株)大成建設および(株)アーク情報システムが共同開発した汎用プログラム“TDAP III Ver.2.00”を使用した。

表-1 各ケースの地盤モデル(両橋脚同様)

地盤バネ定数 解析ケース	水平バネ (tf/m)	回転バネ (tf・m)
Case 1(すべて固定)	1.0E+99	1.0E+99
Case 2(水平のみバネ)	2.1E+05	1.0E+99
Case 3(回転のみバネ)	1.0E+99	3.5E+05
Case 4(すべてバネ)	2.1E+05	3.5E+05

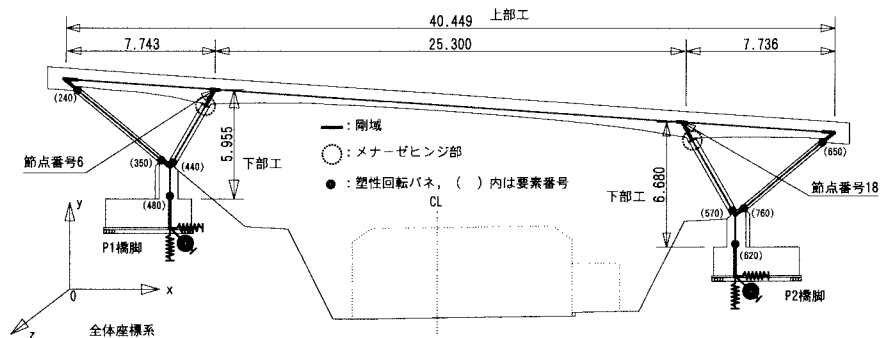


図-1 橋梁側面図と全体モデル概念図

キーワード: プッシュオーバーアナリシス, 斜材付き π 型ラーメン橋, 残留変位, 地盤モデル

連絡先 *: 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南3丁目 5-28 Tel:092-431-9181 Fax:092-431-0726

3. 解析結果と考察

(1)残留変位の算出 残留変位は、道路橋示方書で規定している残留変位応答スペクトル曲線に基づいた式(1)を用いて算出した。この曲線は、バイリニアの復元力特性を用いた1自由度系を対象として算定されたものであるが、橋梁全体の残留変位 δ_R の算出にも応用できると思われるので、この式を用いて算定する。剛性比 r および残留変位補正係数 c_R は、完全弾塑性型のバイリニアモデルを用いているので、それぞれ0と0.6を採用した。また、最大応答塑性率 μ_R および降伏変位 δ_Y は、橋梁全体の水平震度と水平変位との関係から求めた。なお、変位の着目位置(図-1参照)は、上部工と鉛直材の結合部(節点6と18)であり、その平均値を橋梁全体の変位として代表させた。

(2)橋梁全体の降伏時および終局時 本ラーメン橋の降伏時および終局時の判定条件は、塑性ヒンジが初めて生じたときを初降伏時として、また、図-2に示す橋梁全体の水平震度と水平変位との関係から、水平震度の増加に比べて水平変位の増加が著しくなるとき、すなわち斜材下端部の非線形要素の変形が急激に増大したときを橋梁全体の終局時とした。

(3)地盤モデルの変化による残留変位の検討 表-2に、地盤モデルを変化させた各ケースごとの残留変位と、降伏時および終局時の変位を示す。表中の $\delta_{Y基}$ と $\delta_{u基}$ は、Case2では水平バネによる初降伏時および終局時の変位を、Case3では回転バネによる初降伏時および終局時の変位を、Case4ではCase2とCase3の合計を示す。表から、橋梁全体の初降伏時の変位 δ_{Y0} は、地盤モデルをすべて固定としたCase1で最小、水平・回転バネを考慮したCase4で最大となるが、終局時の変位 δ_u は、Case2、Case3に比べてCase1が大きくなる。Case2とCase3を比較すると、初降伏変位ではCase3が、終局変位ではCase2が大きくなっている。このように、地盤バネを考慮すると初降伏時の変位は大きくなるが、終局時の変位は相対的に小さくなる傾向がみられる。すなわち、設計水平震度 k_{hc} と終局水平震度 k_{hu} で算出される応答塑性率 μ_R は、Case2およびCase3で終局水平震度がCase1に比べて小さいので、その分大きくなる。

つぎに $\delta_{Y基}$ に着目すると、Case2とCase3の δ_{Y0} は、Case1の δ_{Y0} にCase2とCase3の $\delta_{Y基}$ を加えた値に類似しており、初降伏までは、地盤バネの変位が単純に加算された結果となっていることがわかる。それに対して δ_u は、Case1に比べてCase2とCase3が小さくなっていることから、地盤の境界条件にバネを設けることによって、橋梁全体系としてのじん性は低下することが予想できる。

時刻歴応答による非線形動的解析による計算結果¹⁾の平均値と比較すると、静的解析の初降伏時の変位とほぼ等程度、残留変位では3.3倍程度、静的解析の方が大きくなる結果となった。

参考文献:1)李, 千々岩, 田中:地盤バネの有無による斜材付きπ型ラーメン橋の残留変位の影響, 平成10年度西部支部研究発表会講演論文, pp.62-63. 1999.3.

$$\delta_R = c_R(\mu_R - 1)(1 - r)\delta_Y \quad \text{式(1)}$$

$$\mu_R = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{k_{hc}}{k_{hu}} \right)^2 + 1 \right\} \quad \text{式(2)}$$

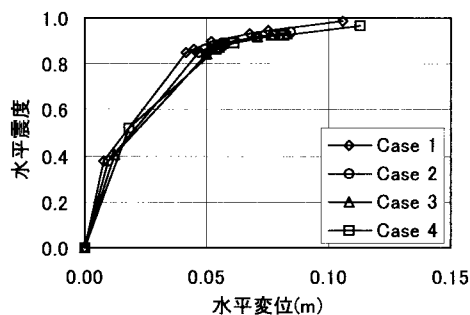


図-2 震度と変位との関係(プラス方向)

表-2 各ケースの残留変位の結果

単位: cm

		δ_{Y0}	δ_u	δ_Y	$\delta_{Y基}$	$\delta_{u基}$	μ_R	δ_R
解析方向(+)	Case 1	0.79	10.58	2.07	—	—	2.56	1.94
	Case 2	1.00	8.44	2.48	0.20	0.50	2.78	2.65
	Case 3	1.21	8.32	2.80	0.70	1.52	2.79	3.01
	Case 4	1.85	11.29	3.44	0.90	2.02	2.63	3.37
解析方向(-)	Case 1	0.68	10.78	1.91	—	—	2.91	2.20
	Case 2	0.86	9.26	2.32	0.17	0.47	3.12	2.95
	Case 3	1.06	7.13	2.52	0.62	1.45	3.35	3.54
	Case 4	1.67	11.57	3.19	0.79	1.92	2.98	3.79
時刻歴応答による非線形動的解析の結果(平均値)								0.88