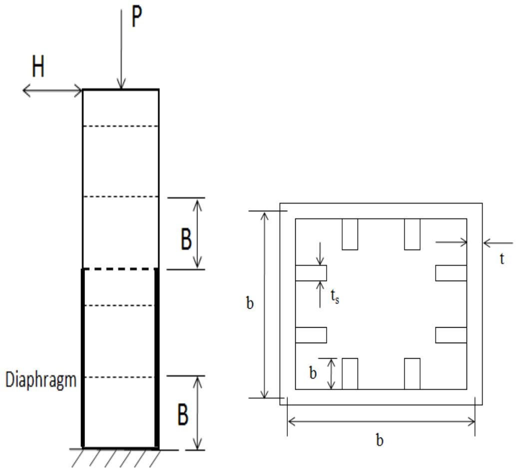
補剛箱形変断面鋼製橋脚の強度と変形能に関する解析的研究

名城大学　学生会員　中村佳昭
名城大学　正会員　葛　漢彬

1. まえがき

兵庫県南部地震以前の鋼製橋脚は、経済的な面あるいは軽量化のために断面寸法や材料強度を部材軸方向に変化させた変断面鋼製橋脚が使用されていた。ところが、兵庫県南部地震時における鋼製橋脚の被害のうち、変断面構造であることに起因して生じた被害がいくつか見られた為、兵庫県南部地震以降は断面寸法が部材軸方向に一様な等断面橋脚が主に使用されるようになった。しかし、設計条件によっては変断面を用いても等断面と同等な耐震性能を有することが確保できると考えられるため、本研究では、フランジ幅厚比、柱の細長比の異なる等断面橋脚および変断面橋脚を解析し、幅厚比パラメータ、細長比パラメータおよび等断面橋脚と変断面橋脚の比較を行い、それらが強度と変形能に及ぼす影響について検討する。



(a)2 段階変断面橋脚　　(b)断面図

図－1　解析モデル概略図

2. 解析概要

2.1　解析モデル

解析モデルの概略図、解析モデルの諸元および材料定数を図－1、表－1 および表－2 にそれぞれ示す。等断面モデルは板厚 20mm、2 段階変断面モデルは高さ *h*/2 ごとに、板厚が高さ方向に 20mm、13.33mm と変化し、3 段階変断面モデルは高さ *h*/3 ごとに、板厚が高さ方向に 20mm、13.33mm、10mm と変化するモデルである。補剛材は基部断面に用いた補剛材の幅を高さ方向に一様にして作成した。

表－1　解析モデルの諸元

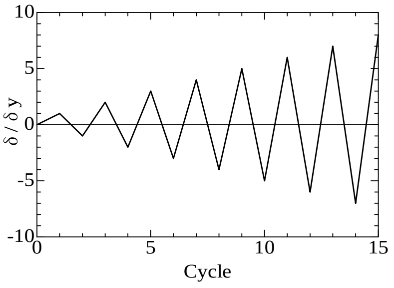
No.	R_f	$\bar{\lambda}$	γ/γ^*	α	h (mm)	b (mm)	b_s (mm)	t=t_s (mm)	t_f (mm)	t_w (mm)	P/P_y
S-07-03-1	0.7	0.3	3.0	1.0	9756	2042	216.33	20	21.98	26.59	0.156
S-06-03-1	0.6	0.3	3.0	1.0	8322	1750	207.53	20	22.11	27.5	0.165
S-05-03-1	0.5	0.3	3.0	1.0	6889	1459	197.82	20	22.24	28.79	0.174
S-04-03-1	0.4	0.3	3.0	1.0	5454	1167	186.92	20	22.35	30.73	0.177
S-07-03-2	0.7, 1.05	0.3	3.0	1.0	9756	2042	216.33	20, 13.33	14.64	17.71	0.156
S-06-03-2	0.6, 0.9	0.3	3.0	1.0	8322	1750	207.53	20, 13.33	14.72	18.32	0.165
S-05-03-2	0.5, 0.75	0.3	3.0	1.0	6889	1459	197.82	20, 13.33	14.8	19.17	0.174
S-04-03-2	0.4, 0.6	0.3	3.0	1.0	5454	1167	186.92	20, 13.33	14.87	20.45	0.177
S-07-03-3	0.7, 1.05, 1.4	0.3	3.0	1.0	9756	2042	216.33	20, 13.33, 10	10.98	13.28	0.156
S-06-03-3	0.6, 0.9, 1.2	0.3	3.0	1.0	8322	1750	207.53	20, 13.33, 10	11.04	13.74	0.165
S-05-03-3	0.5, 0.75, 1.0	0.3	3.0	1.0	6889	1459	197.82	20, 13.33, 10	11.10	14.37	0.174
S-04-03-3	0.4, 0.6, 0.8	0.3	3.0	1.0	5454	1167	186.92	20, 13.33, 10	11.14	15.33	0.177
S-07-05-1	0.7	0.5	3.0	1.0	16260	2042	216.33	20	21.98	26.59	0.102
S-06-05-1	0.6	0.5	3.0	1.0	13871	1750	207.53	20	22.11	27.5	0.108
S-05-05-1	0.5	0.5	3.0	1.0	11481	1459	197.82	20	22.24	28.79	0.114
S-04-05-1	0.4	0.5	3.0	1.0	9091	1167	186.92	20	22.35	30.73	0.116
S-07-05-2	0.7, 1.05	0.5	3.0	1.0	16260	2042	216.33	20, 13.33	14.64	17.71	0.102
S-06-05-2	0.6, 0.9	0.5	3.0	1.0	13871	1750	207.53	20, 13.33	14.72	18.32	0.108
S-05-05-2	0.5, 0.75	0.5	3.0	1.0	11481	1459	197.82	20, 13.33	14.8	19.17	0.114
S-04-05-2	0.4, 0.6	0.5	3.0	1.0	9091	1167	186.92	20, 13.33	14.87	20.45	0.116
S-07-05-3	0.7, 1.05, 1.4	0.5	3.0	1.0	16260	2042	216.33	20, 13.33, 10	10.98	13.28	0.102
S-06-05-3	0.6, 0.9, 1.2	0.5	3.0	1.0	13871	1750	207.53	20, 13.33, 10	11.04	13.74	0.108
S-05-05-3	0.5, 0.75, 1.0	0.5	3.0	1.0	11481	1459	197.82	20, 13.33, 10	11.10	14.37	0.114
S-04-05-3	0.4, 0.6, 0.8	0.5	3.0	1.0	9091	1167	186.92	20, 13.33, 10	11.14	15.33	0.116

2.2　載荷方法および構成則

モデル頂部に一定の鉛直荷重、および水平方向には図－2 で表される変位を与えた。構成則はバイリニア型応力－ひずみ関係に、移動硬化則を適用したものとした。

表－2　材料定数

鋼種	σ_y (MPa)	E (GPa)	ν
SM490	315	206	0.3



図－2　載荷パターン

3. 解析結果および考察

3.1　幅厚比パラメータの影響

幅厚比が小さくなるにつれて最大荷重に対応する変位が大きくなり、最大荷重後の強度劣化が緩やかであること

はどのモデルにも共通であった。一方で、3 段階変断面モデルは幅厚比が小さくなるにつれて最大荷重が若干大きくなるが、等断面モデルおよび 2 段階変断面モデルは最大荷重が若干小さくなるという結果が得られた。

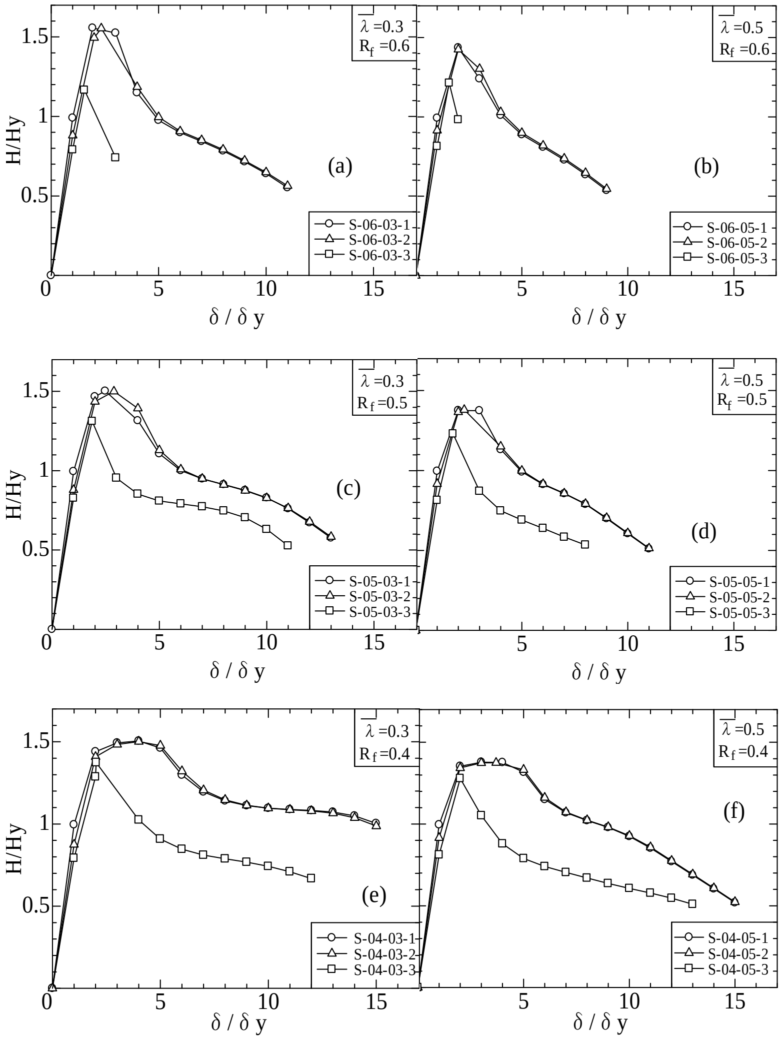
3.2　細長比パラメータの影響

細長比の大きいモデルの方が最大荷重が小さくなり、最大荷重後の強度劣化が比較的急になるという結果が得られた。これは、細長比が大きくなることによって橋脚の高さが増すことによる $P-\Delta$ 効果が原因と考えられる。

3.3　等断面モデルと変断面モデルの比較

等断面モデルと変断面モデルの比較を図－3 に示す。図を見ると、等断面モデルと 2 段階変断面モデルは同じような挙動を示していることが分かる。一方、3 段階変断面モデルは等断面モデルと 2 段階変断面モデルに比べて最大荷重が低く、最大荷重後の強度劣化も比較的急である。

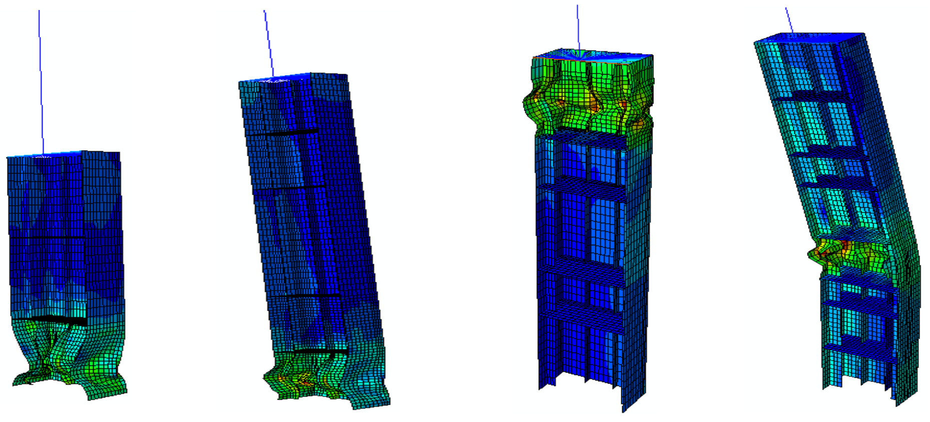
次に、図－4 に等断面モデルと変断面モデルの主な座屈モードを示す。等断面モデルと 2 段階変断面モデルは図－4(a)、(b)に示すように全てモデル基部（板厚 20mm）で座屈が生じている一方で、3 段階変断面モデルに関しては、幅厚比が比較的大きいモデルは図－4(c)に示すようにモデル上部（板厚 10mm）で座屈が生じ、幅厚比が比較的小さいモデルは図－4(d)に示すようにモデル中部（板厚 13.33mm）で座屈が生じており、等断面モデルおよび 2 段階変断面モデルに比べて薄肉の箇所で座屈している。以上より、座屈箇所の違いが 3 段階変断面の強度および変形能を低下させる原因であると考えられる。



図－3　等断面モデルと変断面モデルの比較

4.　あとがき

本研究で検討した範囲内において、3 段階変断面橋脚では強度と変形能はやや低下するが、2 段階変断面橋脚は等断面橋脚と近い挙動を示している。コスト縮減などの面で有利な 2 段階変断面橋脚は等断面とほぼ同等な耐震性能を有することが確認できた。



(a)S-07-03-1　(b)S-07-05-2　(c)S-07-03-3　(d)S-04-05-3

図－4　座屈モード

参考文献 : 1) 葛ら : 鋼製補剛箱形断面橋脚の繰り返し弾塑性挙動に関する解析的研究，構造工学論文集，Vol.46A，pp.109‐118，2008.