

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาเรื่อง แบบจำลองการไหลของของไหลที่ขึ้นอยู่กับเวลาแบบมีความหนืดไม่อัดตัว ใน 2 มิติ เวลาที่ใช้แสดง 3 ค่าคือที่ 0.05 0.50 และ 1.00 พร้อมทั้งกำหนดเลขเรย์โนลด์ที่แตกต่างกัน 2 ค่า คือ 10 และ 100 ภายใต้โดเมนที่ใช้ศึกษา 14 แบบ ใช้วิธีสมาริกรจำกัดด้วยโปรแกรม FlexPDE 5.1.0s Student Version แสดงผลการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผลการทดลองที่เลขเรย์โนลด์ 10

1.1 โดเมนแบบที่ 1

ตารางที่ 4.1 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อในโดเมนแบบที่ 1 ที่เวลา 0.05 และเรย์โนลด์ 10

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.05					
			u	v	p	φ		
1	0.0235	0.2750	0.4525	0.0269	9.6280	0.0238	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.2625	0.6422	0.0000	10.0000	0.0315	2	2, 4, 6
3	0.0470	0.2500	0.8047	0.1076	9.2761	0.0367	3	3, 5, 4
4	0.0235	0.2563	0.7265	0.0447	9.6274	0.0345	4	4, 5, 6
5	0.0352	0.2625	0.6410	0.0607	9.4482	0.0315	5	7, 11, 10
6	0.0117	0.2688	0.5506	0.0160	9.8113	0.0280	6	3, 9, 11
7	0.0350	0.3000	0.0000	0.0000	9.4574	0.0000	7	8, 10, 9
8	0.0585	0.2750	0.4512	0.0732	9.1065	0.0236	8	9, 10, 11
9	0.0527	0.2625	0.6404	0.0951	9.1897	0.0314	9	12, 17, 16
10	0.0467	0.2875	0.2379	0.0291	9.2795	0.0132	10	13, 15, 17
11	0.0410	0.2750	0.4518	0.0493	9.3627	0.0237	11	14, 16, 15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
785	0.3226	0.0631	0.0000	0.0000	6.4523	0.0000	1435	264, 266, 786
786	0.5522	0.1629	1.1330	0.4021	1.8683	-0.0143	1436	786, 266, 261

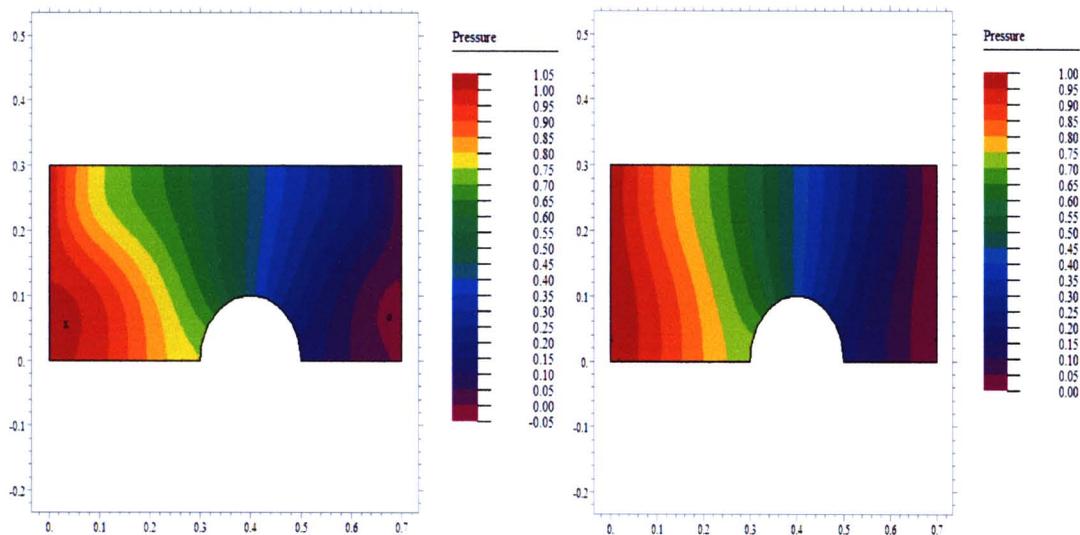


ตารางที่ 4.2 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 1 ที่เวลา 0.50 และเรย์โนลด์ 10

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.50					
	x	y	u	v	p	ϕ		
1	0.0235	0.2750	0.4314	0.0021	9.6917	0.0180	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.2625	0.6160	0.0000	10.0000	0.0233	2	2, 4, 6
3	0.0470	0.2500	0.7814	0.0088	9.3864	0.0263	3	3, 5, 4
4	0.0235	0.2563	0.7011	0.0036	9.6923	0.0250	4	4, 5, 6
5	0.0352	0.2625	0.6166	0.0049	9.5384	0.0233	5	7, 11, 10
6	0.0117	0.2688	0.5263	0.0013	9.8458	0.0209	6	3, 9, 11
7	0.0350	0.3000	0.0000	0.0000	9.5410	0.0000	7	8, 10, 9
8	0.0585	0.2750	0.4321	0.0059	9.2337	0.0180	8	9, 10, 11
9	0.0527	0.2625	0.6171	0.0077	9.3099	0.0233	9	12, 17, 16
10	0.0467	0.2875	0.2262	0.0023	9.3870	0.0103	10	13, 15, 17
11	0.0410	0.2750	0.4317	0.0039	9.4626	0.0180	11	14, 16, 15
12	0.0256	0.0252	0.4076	0.0026	9.7093	-0.0167	12	15, 16, 17
13	0.0375	0.0000	0.0000	0.0000	9.5744	0.0000	13	18, 22, 21
14	0.0512	0.0503	0.7428	0.0109	9.4146	-0.0242	14	14, 20, 22
15	0.0444	0.0252	0.4072	0.0049	9.4959	-0.0167	15	19, 21, 20
16	0.0384	0.0378	0.5843	0.0060	9.5627	-0.0215	16	20, 21, 22
17	0.0316	0.0126	0.2127	0.0017	9.6419	-0.0096	17	23, 28, 27
18	0.0000	0.0375	0.5814	0.0000	10.0000	-0.0214	18	24, 26, 28
19	0.0000	0.0750	1.0046	0.0000	10.0000	-0.0243	19	25, 27, 26
20	0.0256	0.0627	0.8828	0.0059	9.7067	-0.0250	20	26, 27, 28
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
710	0.4994	0.0101	0.0000	0.0000	1.7023	0.0000	1298	253,712, 256
711	0.3226	0.0631	0.0000	0.0000	6.4389	0.0000	1299	259,261,712
712	0.5522	0.1629	1.0932	-0.1190	1.8640	-0.0023	1300	712,261,256

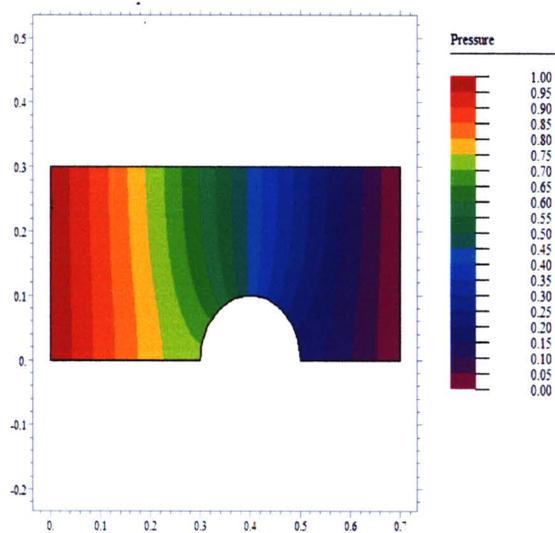
ตารางที่ 4.3 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 1 ที่เวลา 1.00 และเรย์โนลด์ 10

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=1.00					
	x	y	u	v	p	φ		
1	0.0235	0.2750	0.4315	0.0021	9.6916	0.0180	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.2625	0.6162	0.0000	10.0000	0.0233	2	2, 4, 6
3	0.0470	0.2500	0.7816	0.0088	9.3863	0.0263	3	3, 5, 4
4	0.0235	0.2563	0.7013	0.0036	9.6922	0.0251	4	4, 5, 6
5	0.0352	0.2625	0.6167	0.0049	9.5384	0.0233	5	7, 11, 10
6	0.0117	0.2688	0.5265	0.0013	9.8457	0.0210	6	3, 9, 11
7	0.0350	0.3000	0.0000	0.0000	9.5409	0.0000	7	8, 10, 9
8	0.0585	0.2750	0.4323	0.0059	9.2336	0.0181	8	9, 10, 11
9	0.0527	0.2625	0.6173	0.0077	9.3098	0.0233	9	12, 17, 16
10	0.0467	0.2875	0.2263	0.0023	9.3869	0.0103	10	13, 15, 17
11	0.0410	0.2750	0.4318	0.0039	9.4625	0.0181	11	14, 16, 15
12	0.0256	0.0252	0.4077	0.0026	9.7094	-0.0167	12	15, 16, 17
13	0.0375	0.0000	0.0000	0.0000	9.5744	0.0000	13	18, 22, 21
14	0.0512	0.0503	0.7429	0.0110	9.4147	-0.0242	14	14, 20, 22
15	0.0444	0.0252	0.4072	0.0049	9.4960	-0.0167	15	19, 21, 20
16	0.0384	0.0378	0.5844	0.0061	9.5628	-0.0215	16	20, 21, 22
17	0.0316	0.0126	0.2127	0.0017	9.6420	-0.0096	17	23, 28, 27
18	0.0000	0.0375	0.5814	0.0000	10.0000	-0.0214	18	24, 26, 28
19	0.0000	0.0750	1.0048	0.0000	10.0000	-0.0243	19	25, 27, 26
20	0.0256	0.0627	0.8830	0.0060	9.7067	-0.0250	20	26, 27, 28
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
710	0.3226	0.0631	0.0000	0.0000	6.4390	0.0000	1298	259, 261, 712
711	0.5522	0.1629	1.0933	-0.1187	1.8639	-0.0023	1299	712, 261, 256
712	0.3226	0.0631	0.0000	0.0000	6.4390	0.0000	1300	259, 261, 712



(1)

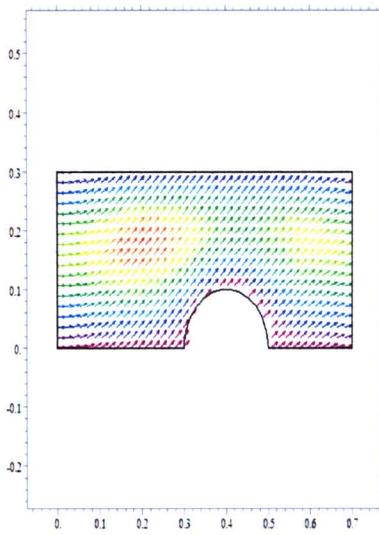
(2)



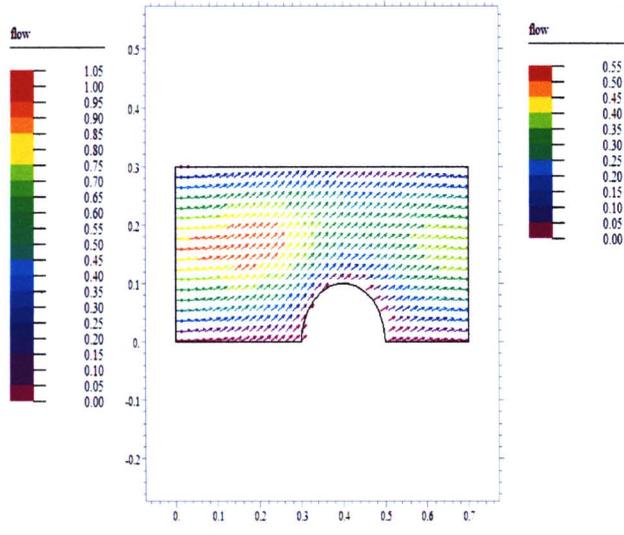
(3)

ภาพที่ 4.1 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 1

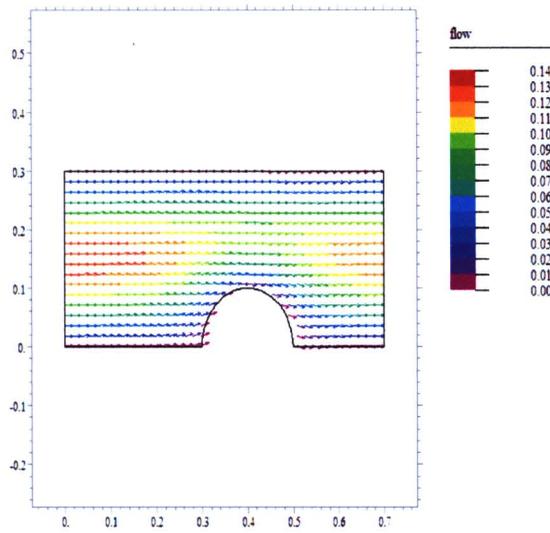
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



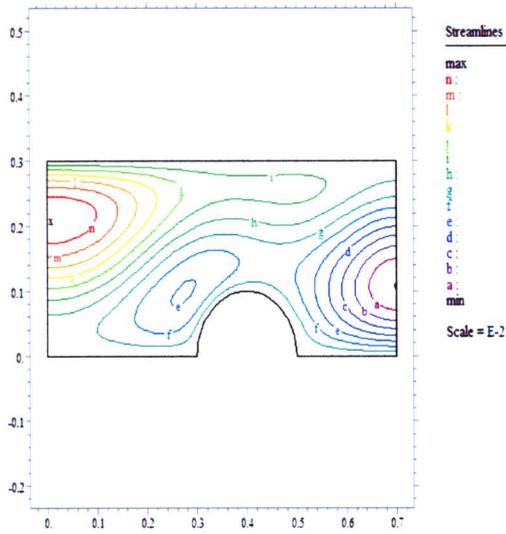
(6)

ภาพที่ 4.1 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 1 (ต่อ)

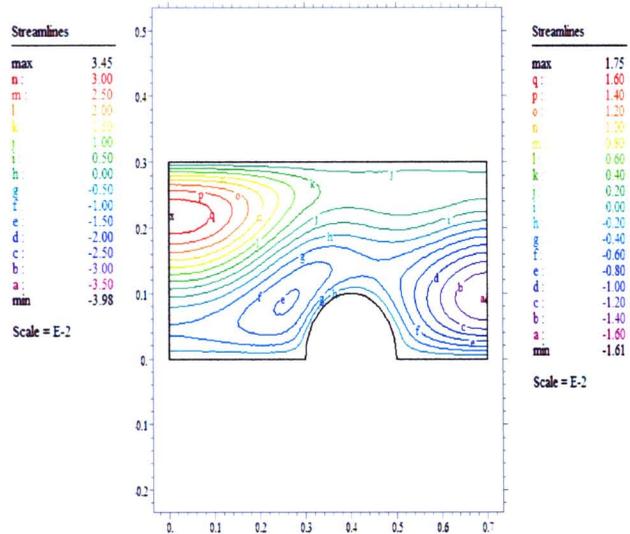
(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

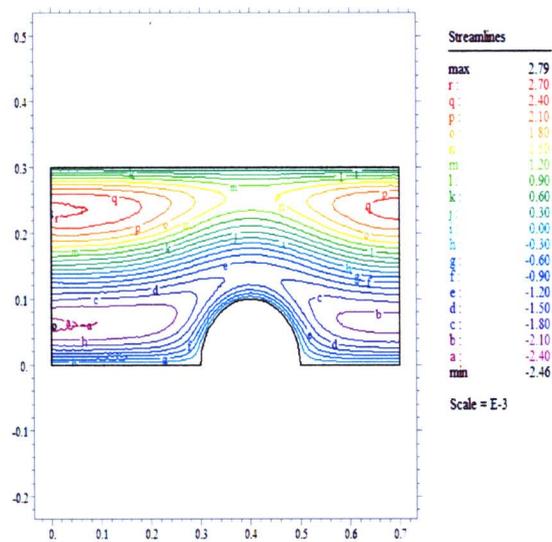
(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

ภาพที่ 4.1 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 1 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

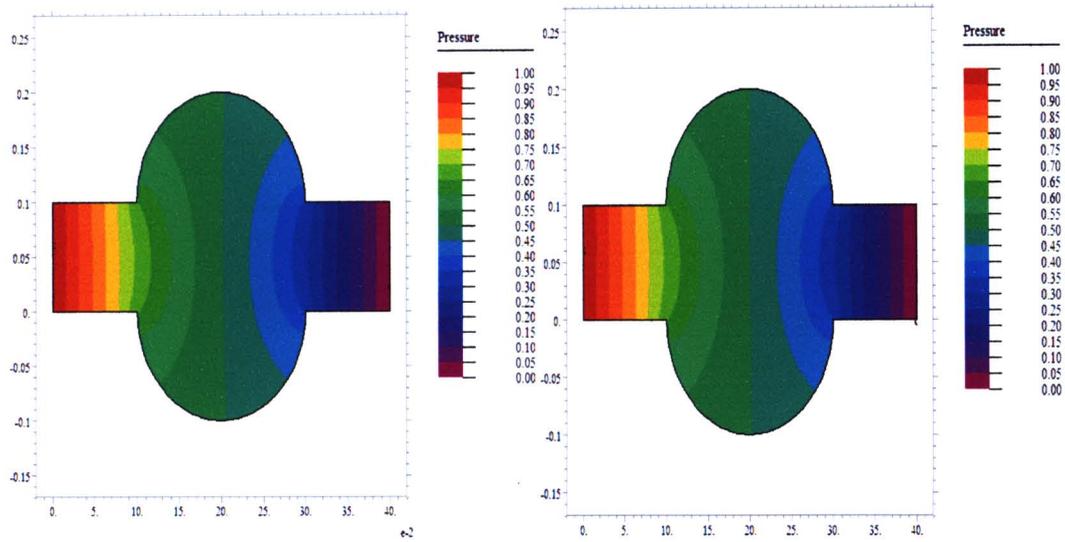
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

ตารางที่ 4.5 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 2 ที่เวลา 0.50 และเรย์โนลด์ 10

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.50					
	x	y	u	v	p	φ		
1	0.0154	0.0851	0.2043	0.0002	9.5123	0.0024	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.0750	0.3021	0.0000	10.0000	0.0025	2	2, 4, 6
3	0.0308	0.0703	0.3400	0.0008	9.0257	0.0024	3	3, 5, 4
4	0.0154	0.0726	0.3211	0.0003	9.5127	0.0025	4	4, 5, 6
5	0.0231	0.0777	0.2806	0.0005	9.2688	0.0027	5	7, 11, 10
6	0.0077	0.0801	0.2572	0.0001	9.7562	0.0026	6	3, 9, 11
7	0.0250	0.1000	0.0000	0.0000	9.2067	0.0000	7	8, 10, 9
8	0.0404	0.0851	0.2074	0.0011	8.7187	0.0025	8	9, 10, 11
9	0.0356	0.0777	0.2829	0.0010	8.8725	0.0027	9	12, 17, 16
10	0.0327	0.0926	0.1119	0.0004	8.9625	0.0016	10	13, 15, 17
11	0.0279	0.0851	0.2054	0.0005	9.1158	0.0024	11	14, 16, 15
12	0.0177	0.0171	0.2295	-0.0003	9.4377	-0.0025	12	15, 16, 17
13	0.0250	0.0000	0.0000	0.0000	9.2067	0.0000	13	18, 23, 22
14	0.0355	0.0343	0.3680	-0.0009	8.8775	-0.0020	14	19, 21, 23
15	0.0302	0.0171	0.2309	-0.0007	9.0413	-0.0026	15	20, 22, 21
16	0.0266	0.0257	0.3100	-0.0006	9.1572	-0.0026	16	21, 22, 23
17	0.0214	0.0086	0.1267	-0.0002	9.3222	-0.0017	17	20, 21, 25
18	0.0000	0.0250	0.3021	0.0000	10.0000	-0.0025	18	19, 24, 21
19	0.0177	0.0421	0.3943	-0.0002	9.4387	-0.0010	19	3, 25, 24
20	0.0000	0.0500	0.4030	0.0000	10.0000	0.0000	20	24, 25, 21
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
798	0.0902	0.0034	0.0692	-0.0050	7.0635	-0.0011	1474	511, 799, 800
799	0.0965	0.0034	0.0824	-0.0087	6.8056	-0.0014	1475	708, 798, 799
800	0.0938	0.0000	0.0000	0.0000	6.9153	0.0000	1476	799, 798, 800

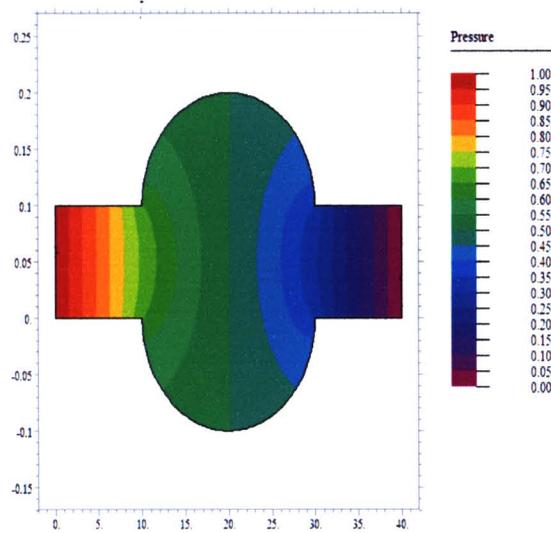
ตารางที่ 4.6 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 2 ที่เวลา 1.00 และเรย์โนลด์ 10

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=1.00					
	x	y	u	v	p	ϕ		
1	0.0154	0.0851	0.2043	0.0002	9.5123	0.0024	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.0750	0.3021	0.0000	10.0000	0.0025	2	2, 4, 6
3	0.0308	0.0703	0.3400	0.0008	9.0257	0.0024	3	3, 5, 4
4	0.0154	0.0726	0.3211	0.0003	9.5127	0.0025	4	4, 5, 6
5	0.0231	0.0777	0.2806	0.0005	9.2688	0.0027	5	7, 11, 10
6	0.0077	0.0801	0.2572	0.0001	9.7562	0.0026	6	3, 9, 11
7	0.0250	0.1000	0.0000	0.0000	9.2067	0.0000	7	8, 10, 9
8	0.0404	0.0851	0.2074	0.0011	8.7187	0.0025	8	9, 10, 11
9	0.0356	0.0777	0.2829	0.0010	8.8725	0.0027	9	12, 17, 16
10	0.0327	0.0926	0.1119	0.0004	8.9625	0.0016	10	13, 15, 17
11	0.0279	0.0851	0.2054	0.0005	9.1158	0.0024	11	14, 16, 15
12	0.0177	0.0171	0.2295	-0.0003	9.4377	-0.0025	12	15, 16, 17
13	0.0250	0.0000	0.0000	0.0000	9.2067	0.0000	13	18, 23, 22
14	0.0355	0.0343	0.3680	-0.0009	8.8775	-0.0020	14	19, 21, 23
15	0.0302	0.0171	0.2309	-0.0007	9.0413	-0.0026	15	20, 22, 21
16	0.0266	0.0257	0.3100	-0.0006	9.1572	-0.0026	16	21, 22, 23
17	0.0214	0.0086	0.1267	-0.0002	9.3222	-0.0017	17	20, 21, 25
18	0.0000	0.0250	0.3021	0.0000	10.0000	-0.0025	18	19, 24, 21
19	0.0177	0.0421	0.3943	-0.0002	9.4387	-0.0010	19	3, 25, 24
20	0.0000	0.0500	0.4030	0.0000	10.0000	0.0000	20	24, 25, 21
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
798	0.0902	0.0034	0.0692	-0.0050	7.0635	-0.0011	1474	511,799, 800
799	0.0965	0.0034	0.0824	-0.0087	6.8056	-0.0014	1475	708,798, 799
800	0.0938	0.0000	0.0000	0.0000	6.9153	0.0000	1476	799, 798,800



(1)

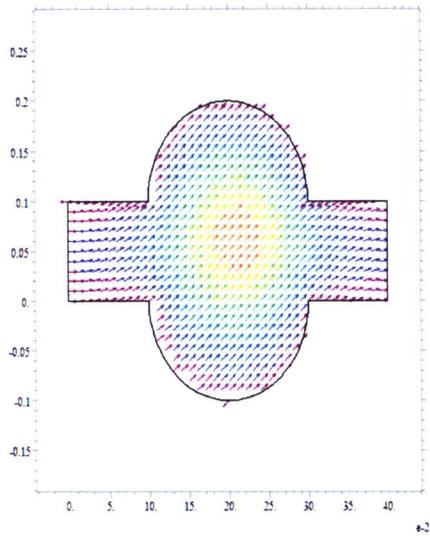
(2)



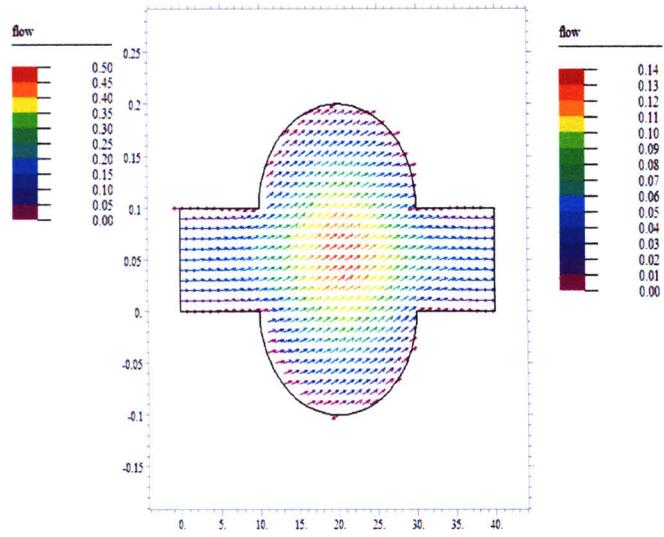
(3)

ภาพที่ 4.2 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 2

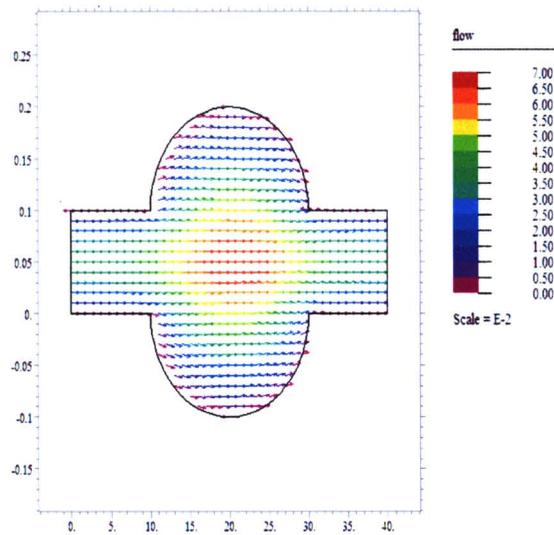
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



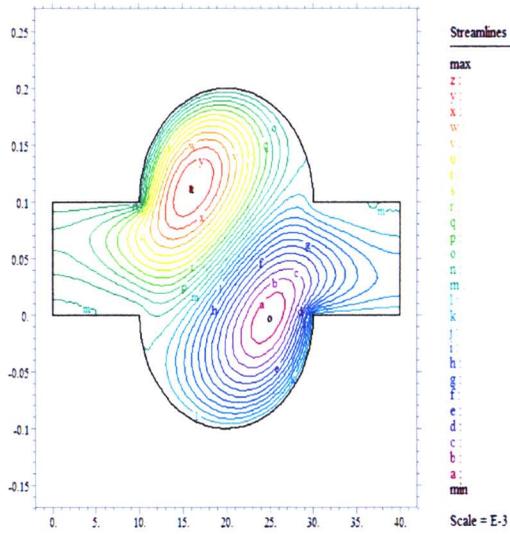
(6)

ภาพที่ 4.2 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 2 (ต่อ)

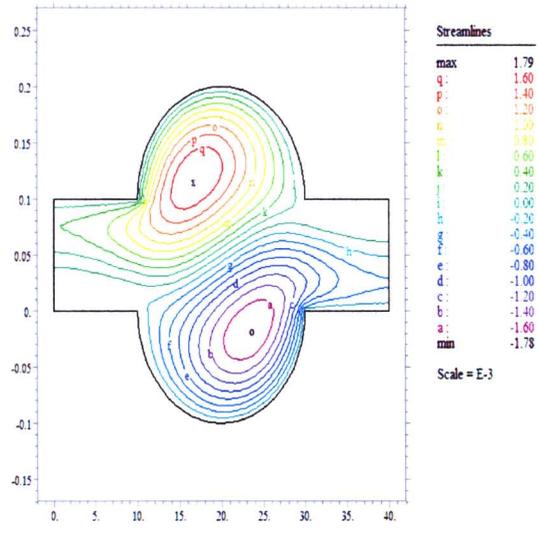
(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

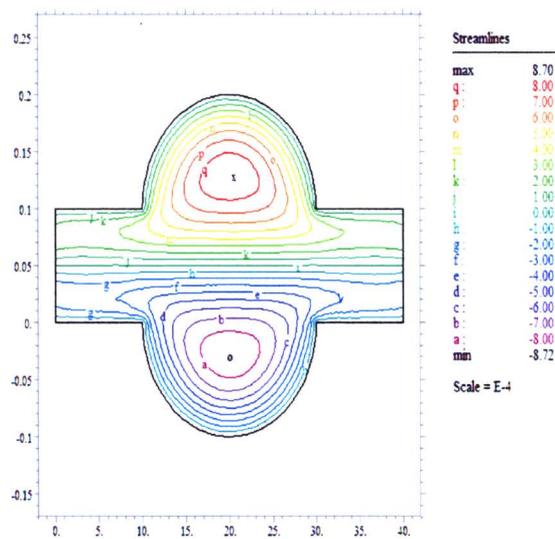
(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

ภาพที่ 4.2 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 2 (ต่อ)

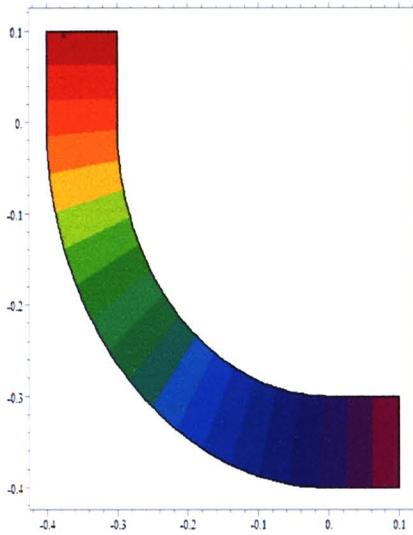
(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

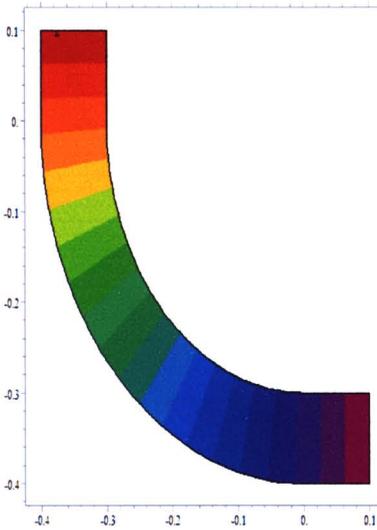
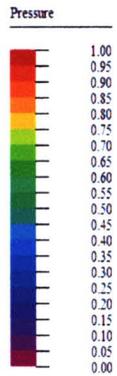
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00



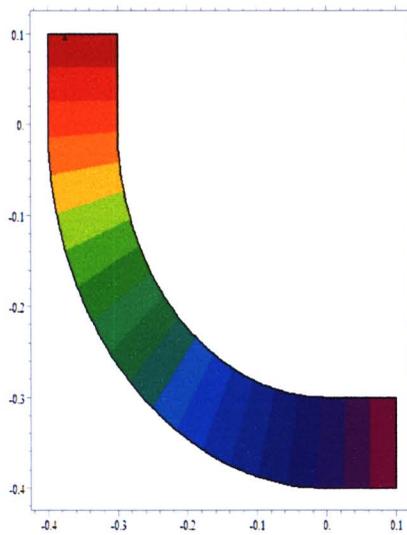
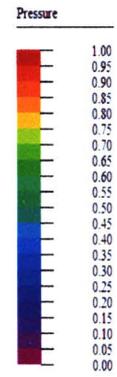
1.3 โดเมนแบบที่ 3



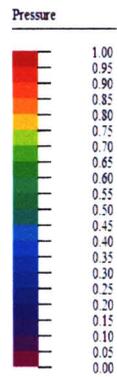
(1)



(2)

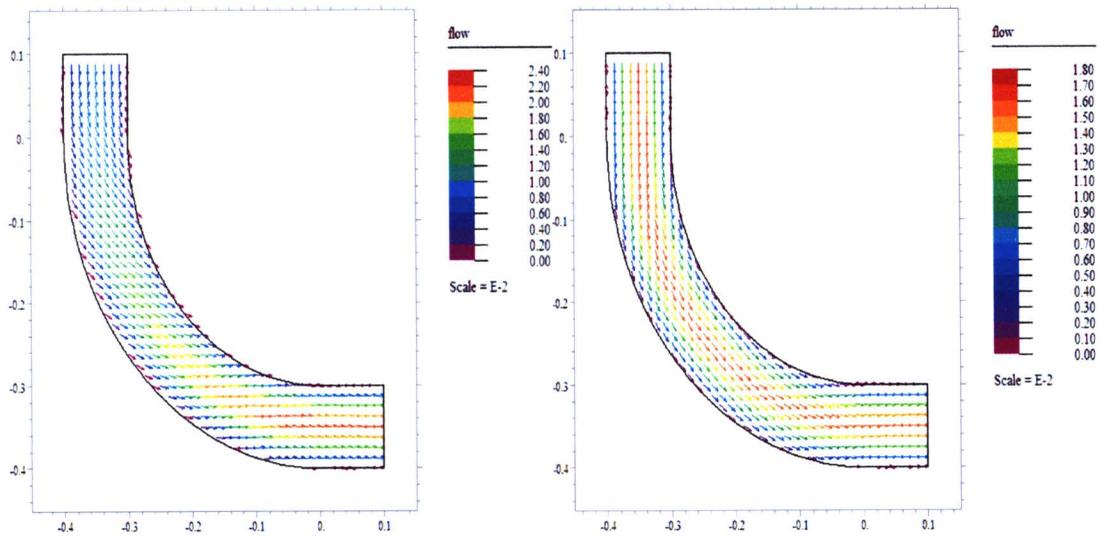


(3)



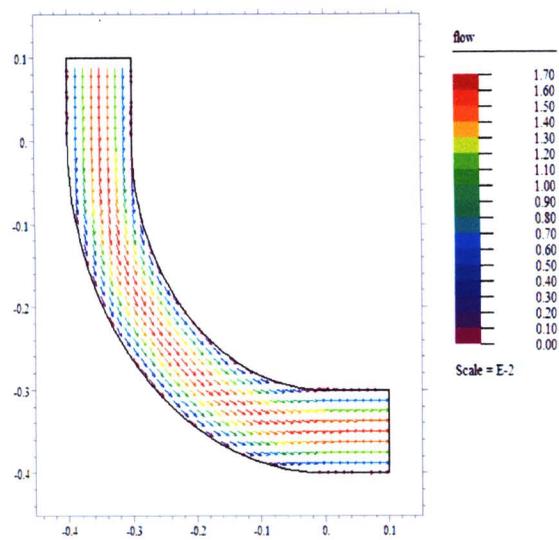
ภาพที่ 4.3 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 3

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

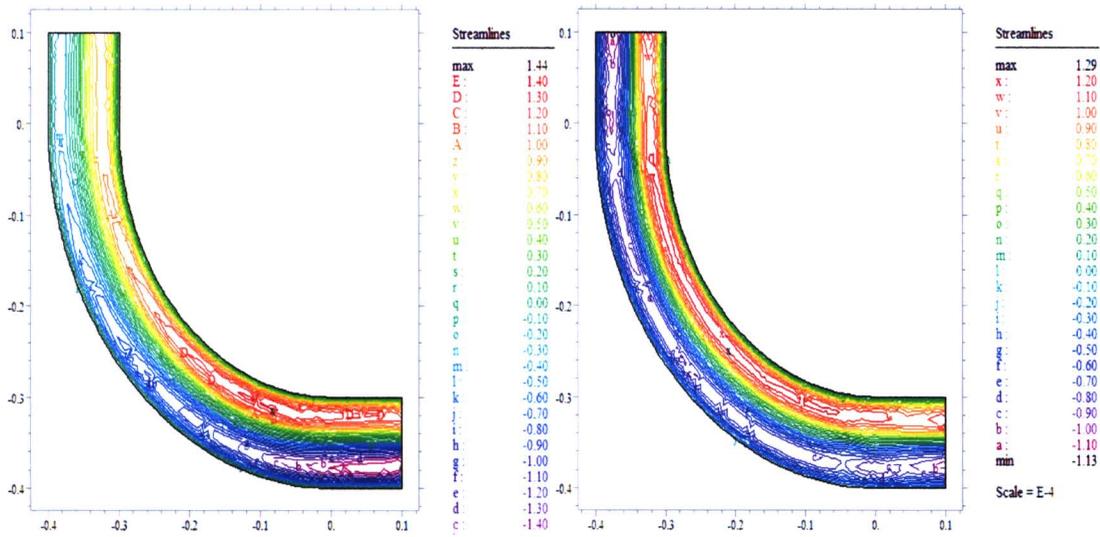
(5)



(6)

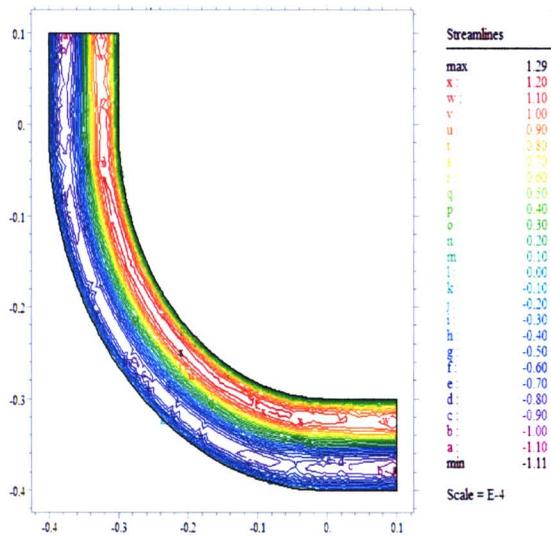
ภาพที่ 4.3 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 3 (ต่อ)

- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

ภาพที่ 4.3 แบบจำลองการไหลของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 3 (ต่อ)

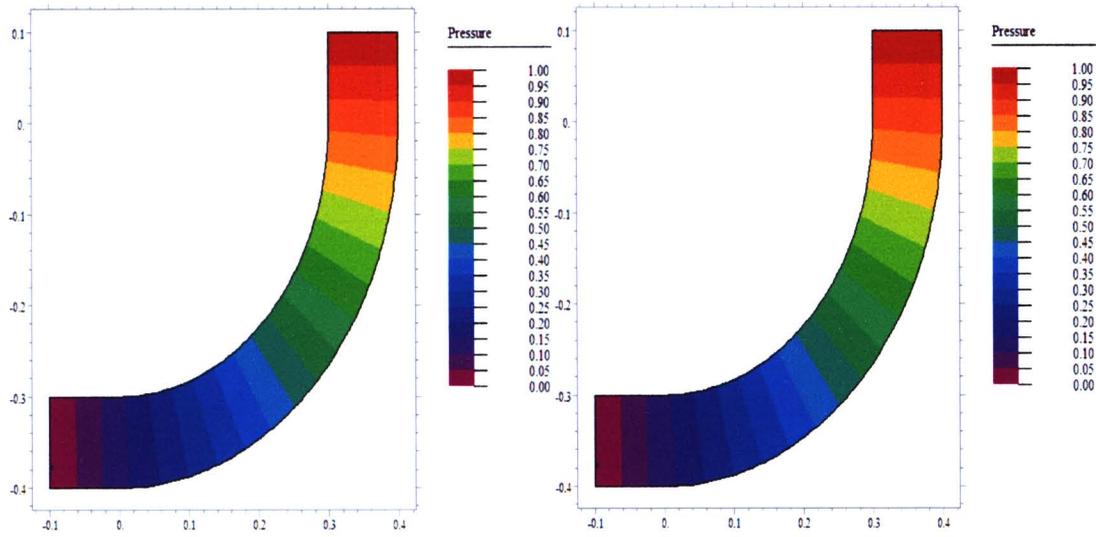
(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

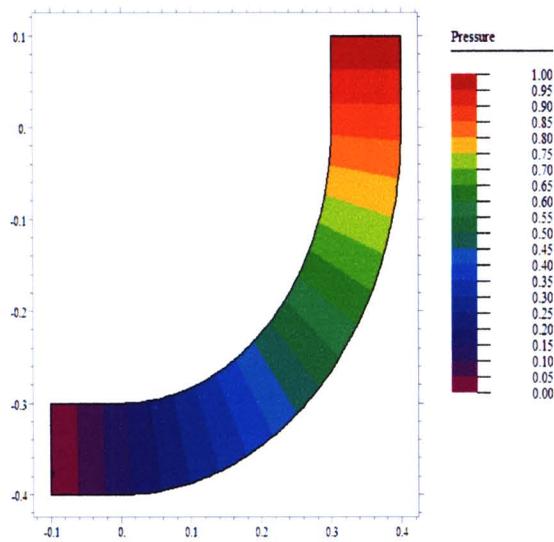


1.4 โดเมนแบบที่ 4



(1)

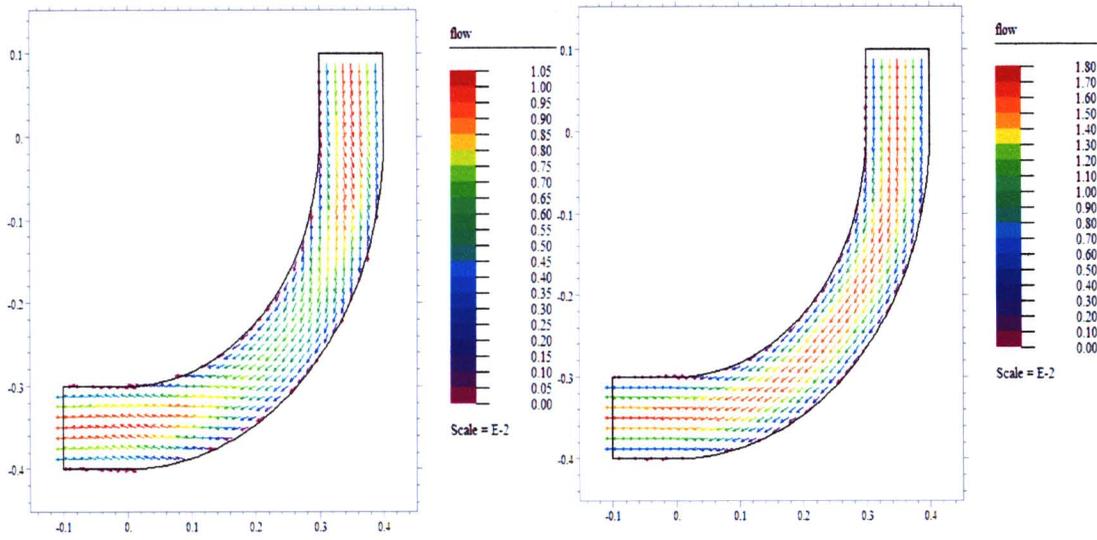
(2)



(3)

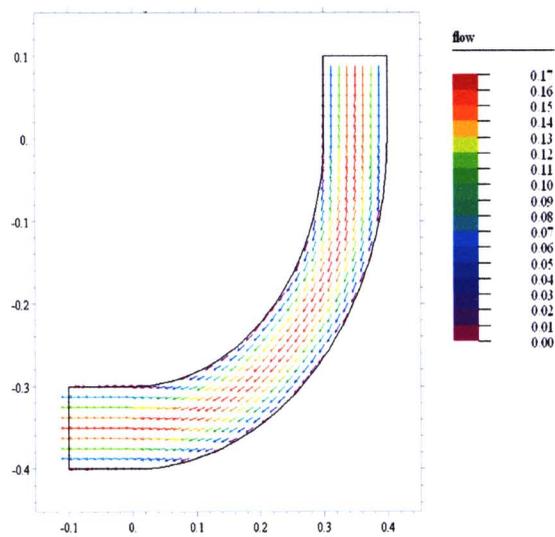
ภาพที่ 4.4 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 4

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



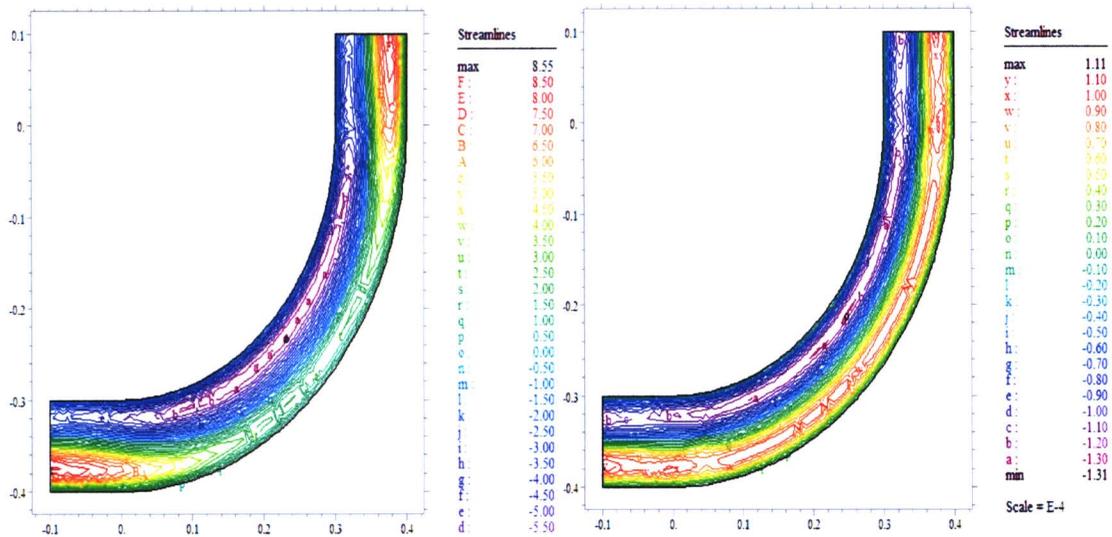
(6)

ภาพที่ 4.4 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 4 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

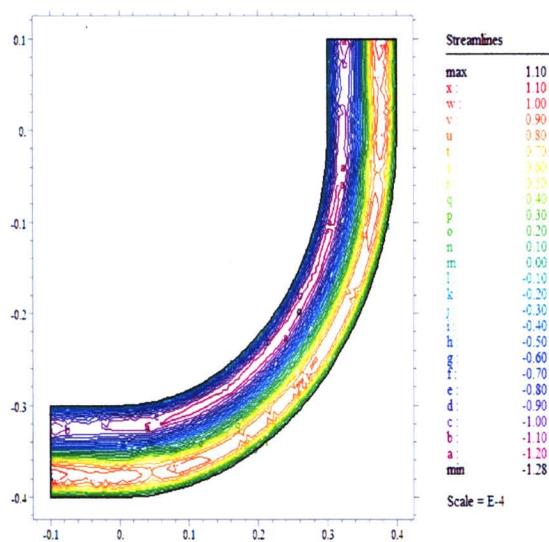
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

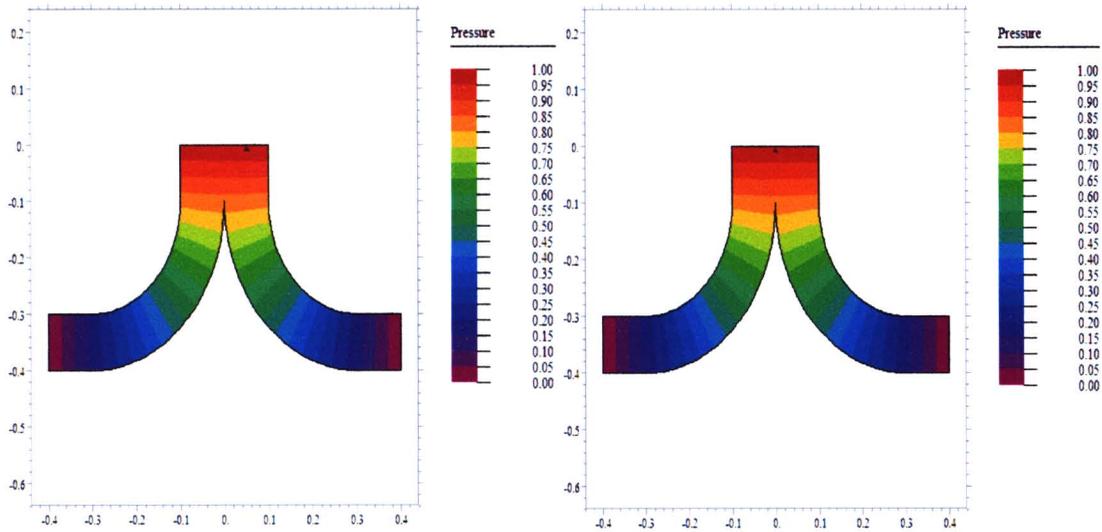
ภาพที่ 4.4 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 4 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

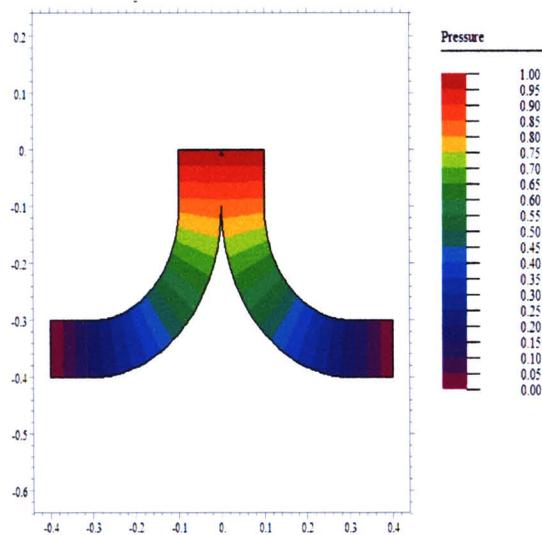
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.5 โดเมนแบบที่ 5



(1)

(2)



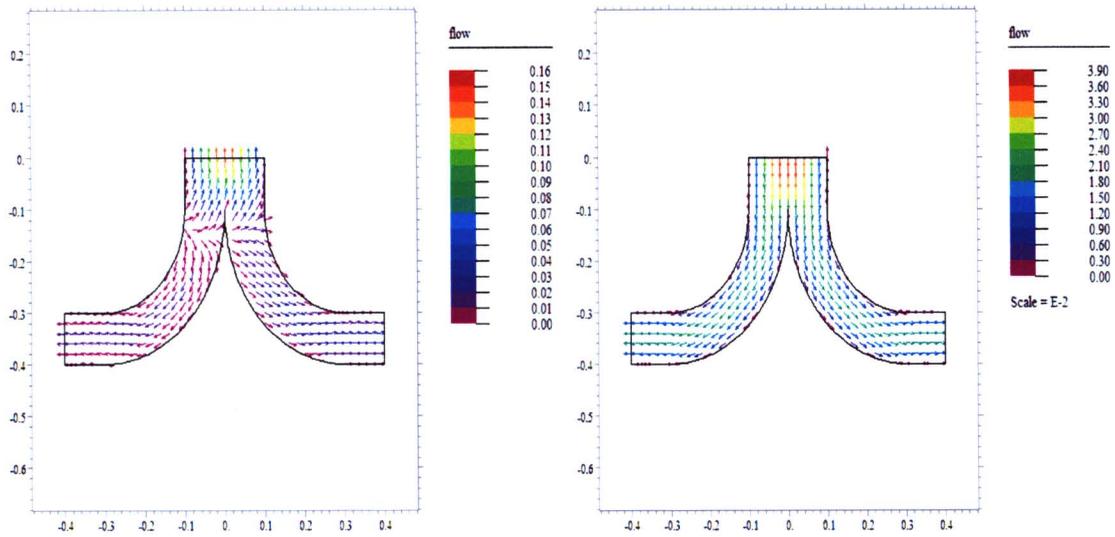
(3)

ภาพที่ 4.5 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 5

(1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05

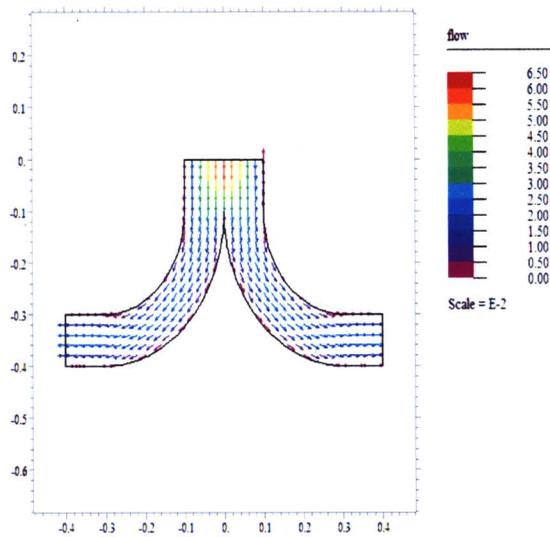
(2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50

(3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



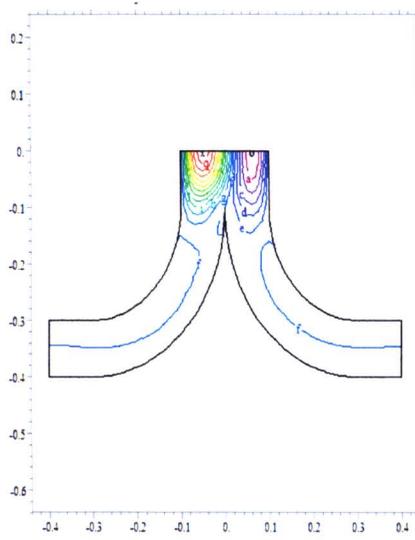
(6)

ภาพที่ 4.5 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 5 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00

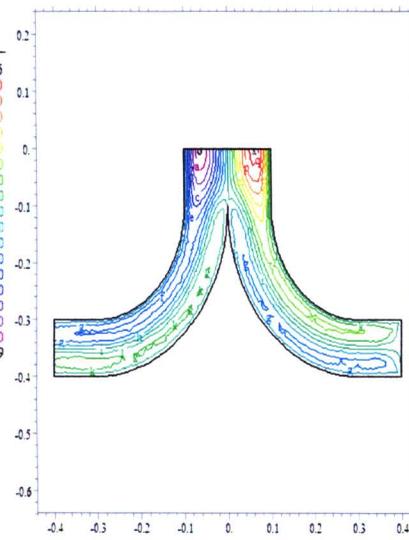


Streamlines

max	2.36
q:	2.20
p:	2.00
o:	1.80
n:	1.50
m:	1.20
l:	1.00
k:	0.80
j:	0.60
i:	0.40
h:	0.20
g:	0.00
f:	-0.20
e:	-0.40
d:	-0.60
c:	-0.80
b:	-1.00
a:	-1.19
min	-1.19

Scale = E-3

(7)

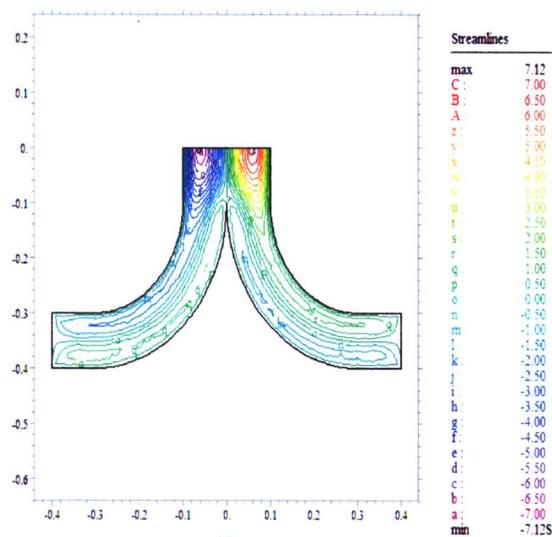


Streamlines

max	4.34
q:	4.00
p:	3.50
o:	3.00
n:	2.50
m:	2.00
l:	1.50
k:	1.00
j:	0.50
i:	0.00
h:	-0.50
g:	-1.00
f:	-1.50
e:	-2.00
d:	-2.50
c:	-3.00
b:	-3.50
a:	-4.00
min	-4.45

Scale = E-4

(8)



Streamlines

max	7.12
C:	7.00
B:	6.50
A:	6.00
z:	5.50
y:	5.00
x:	4.50
w:	4.00
v:	3.50
u:	3.00
s:	2.50
r:	2.00
q:	1.50
p:	1.00
o:	0.50
n:	0.00
m:	-0.50
l:	-1.00
k:	-1.50
j:	-2.00
i:	-2.50
h:	-3.00
g:	-3.50
f:	-4.00
e:	-4.50
d:	-5.00
c:	-5.50
b:	-6.00
a:	-6.50
min	-7.125

(9)

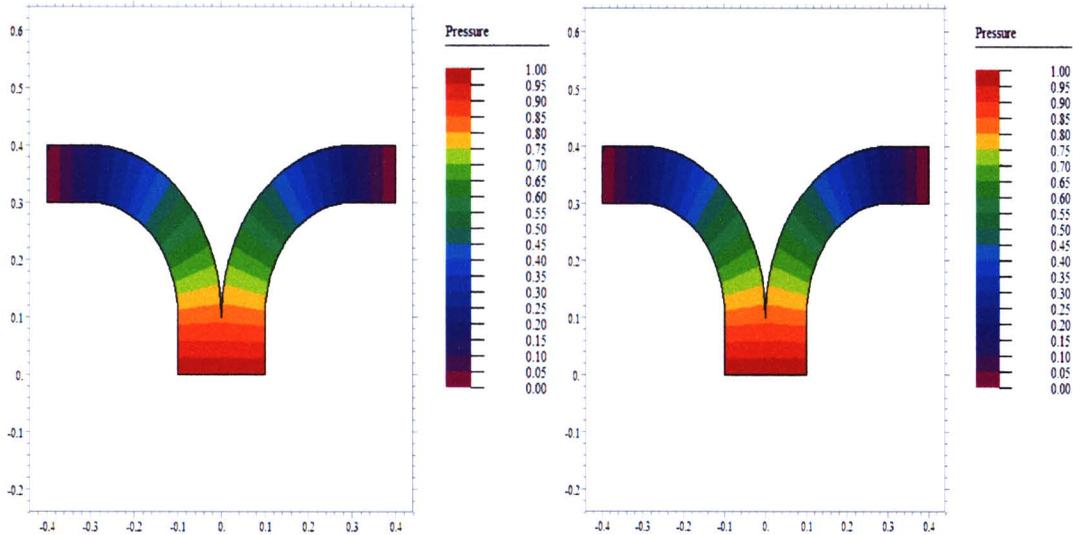
ภาพที่ 4.5 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 5 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

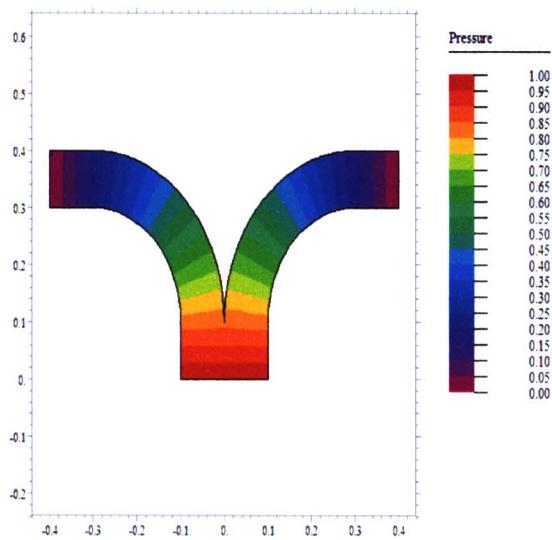
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.6 โดเมนแบบที่ 6



(1)

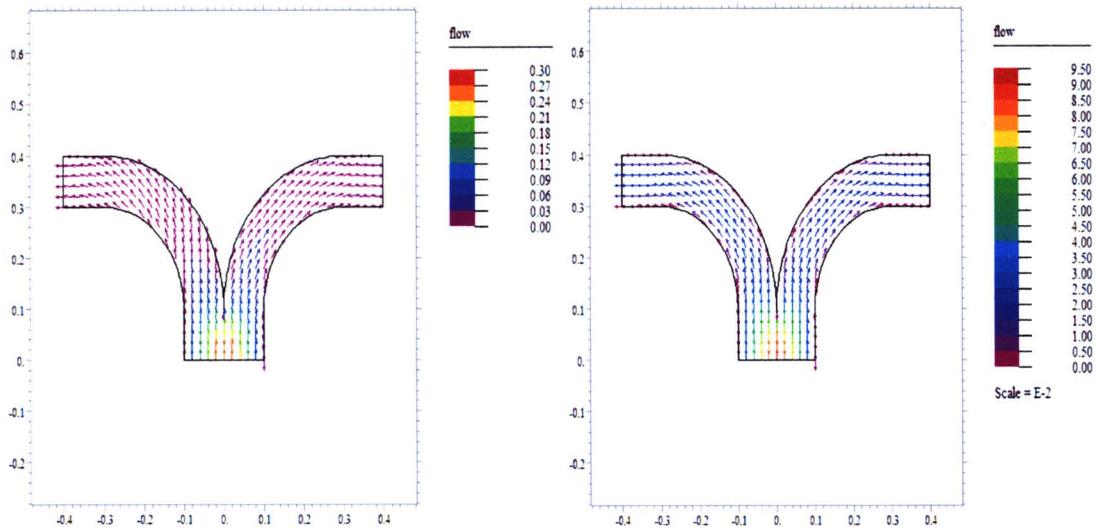
(2)



(3)

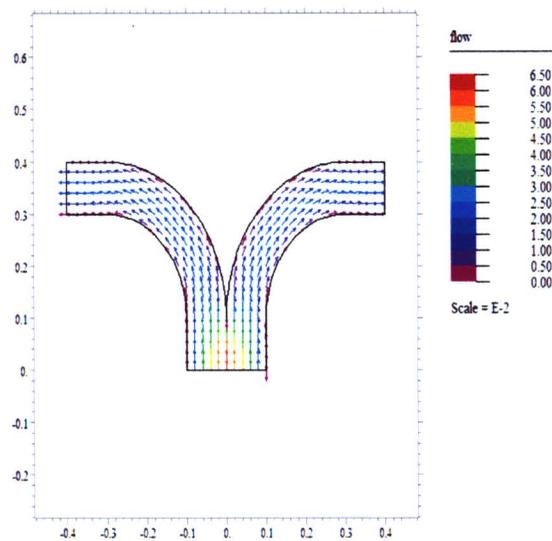
ภาพที่ 4.6 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 6

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

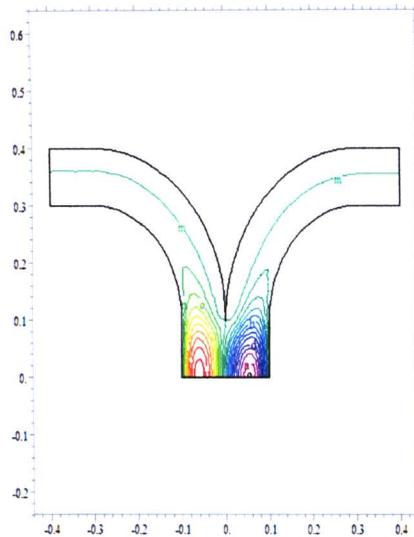
(5)



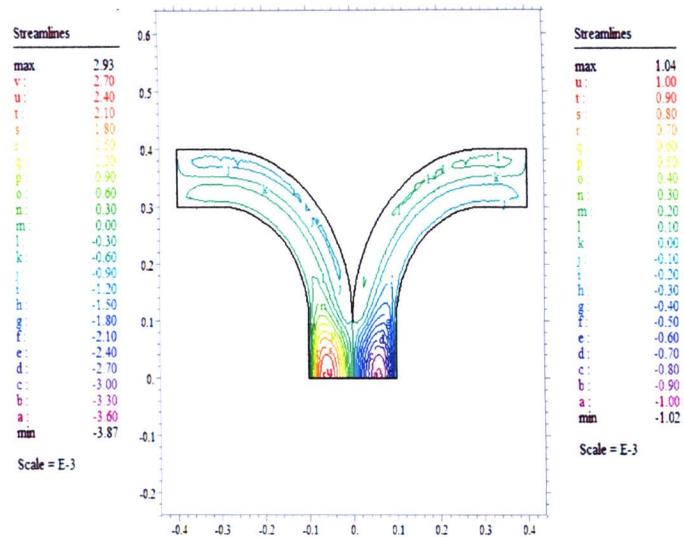
(6)

ภาพที่ 4.6 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 6 (ต่อ)

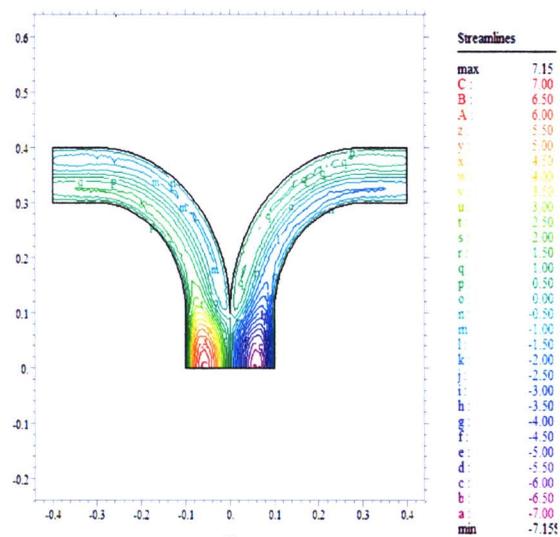
- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

ภาพที่ 4.6 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 6 (ต่อ)

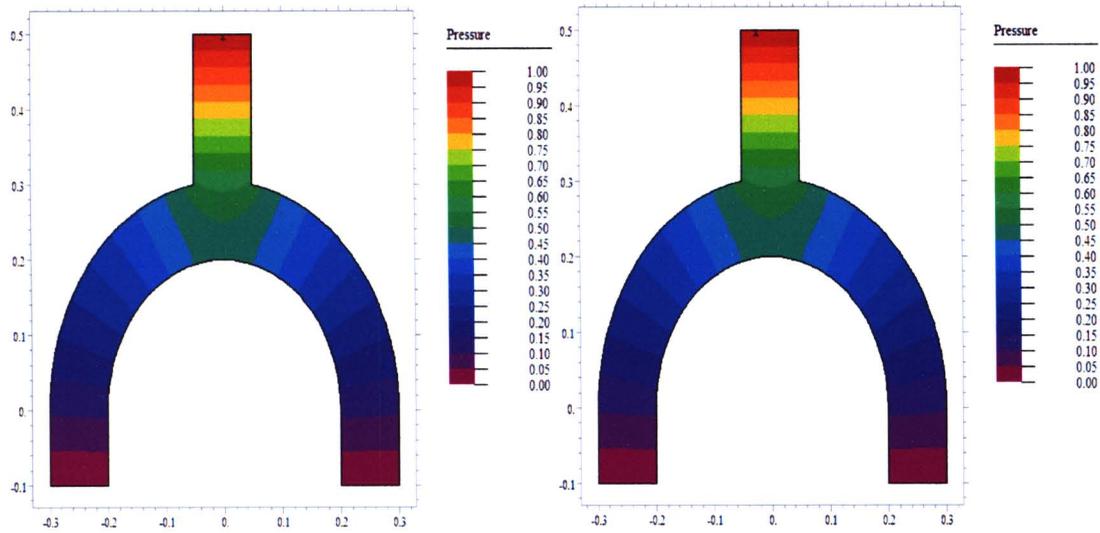
(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

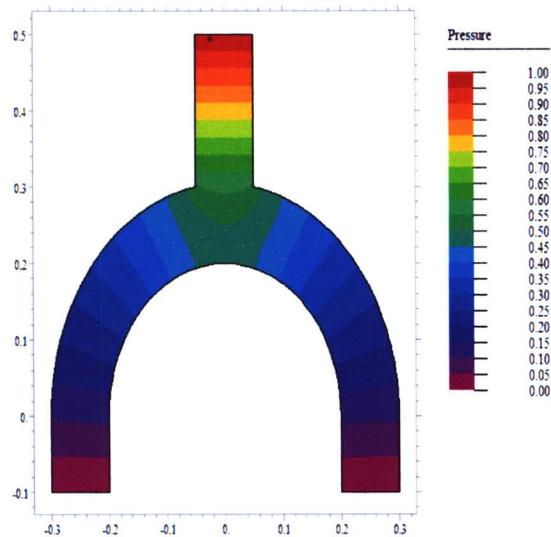


1.7 โดเมนแบบที่ 7



(1)

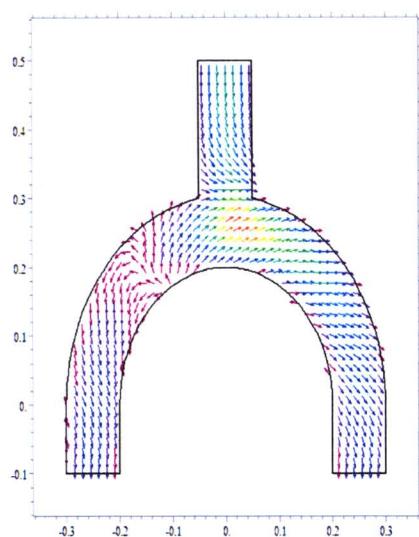
(2)



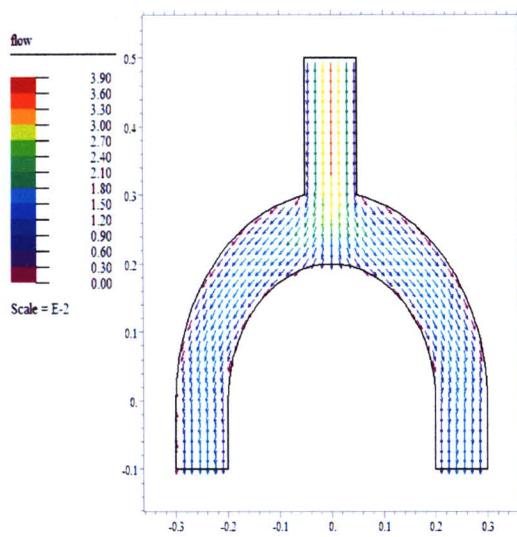
(3)

ภาพที่ 4.7 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 7

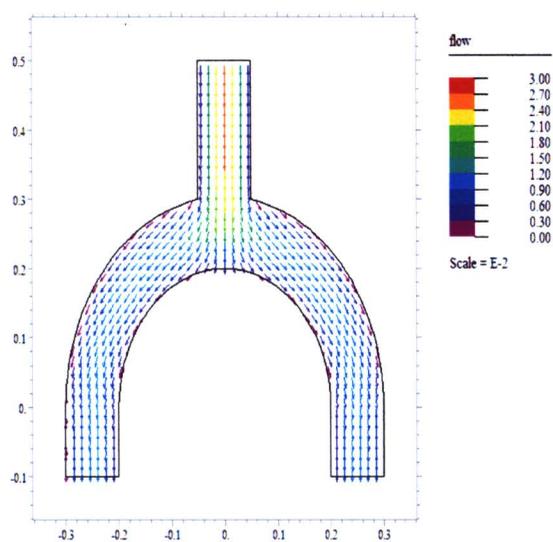
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



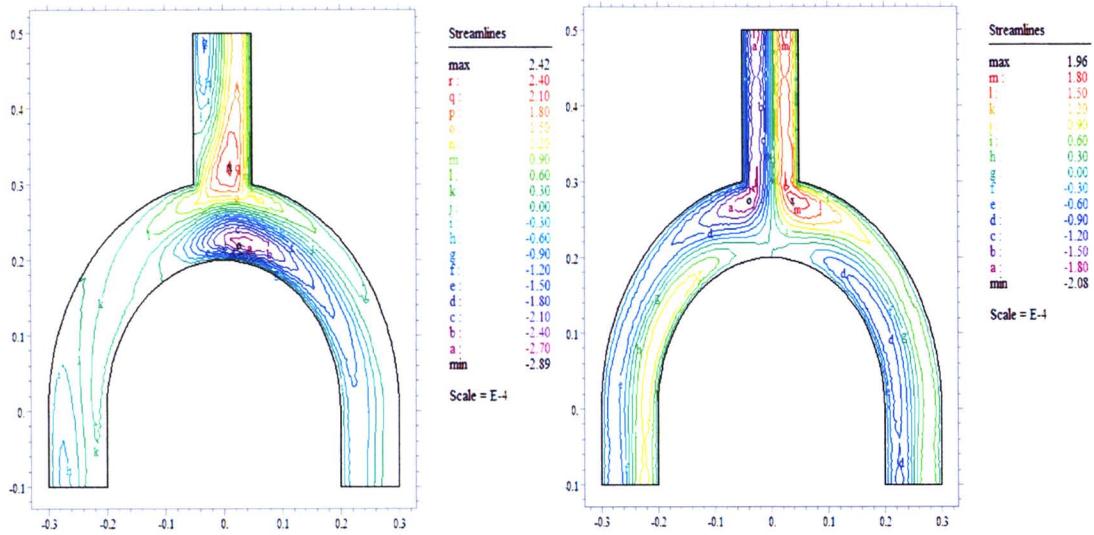
(5)



(6)

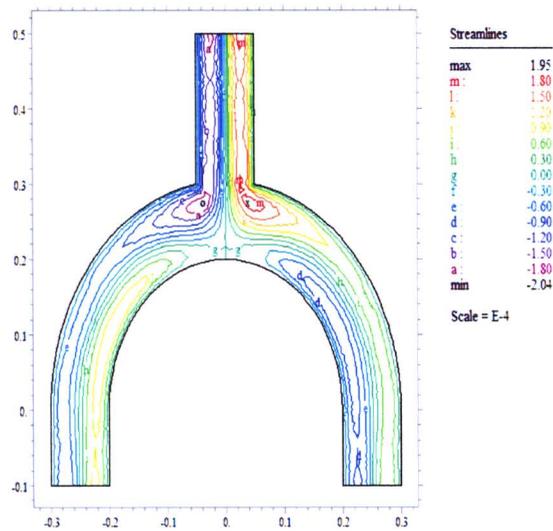
ภาพที่ 4.7 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 7 (ต่อ)

- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

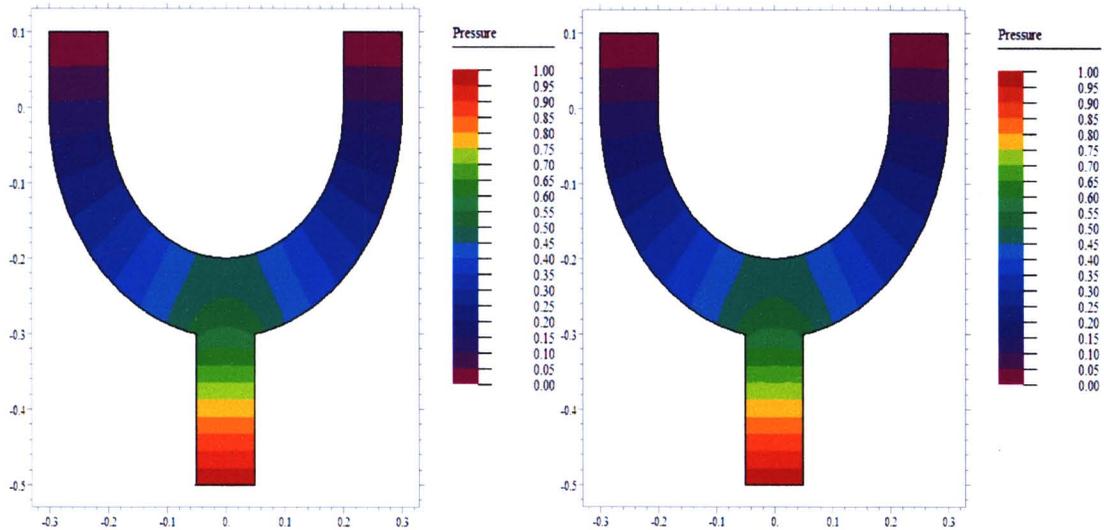
ภาพที่ 4.7 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 7 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

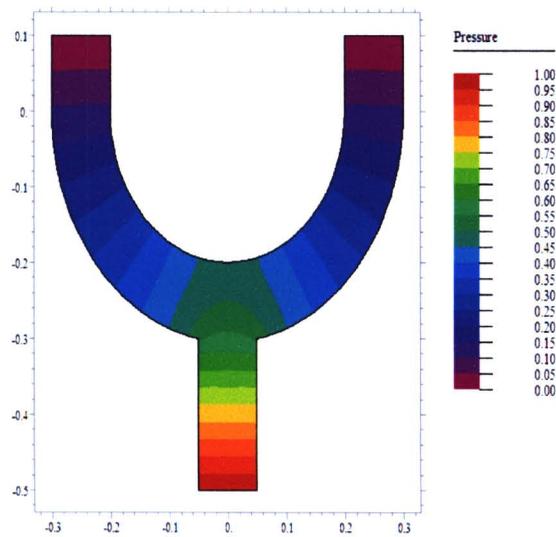
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.8 โดเมนแบบที่ 8



(1)

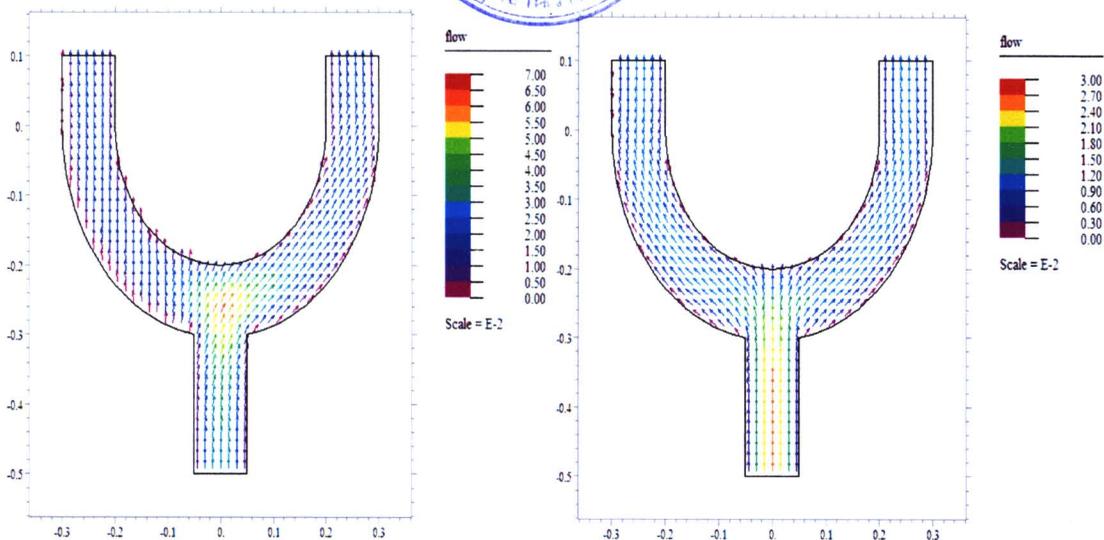
(2)



(3)

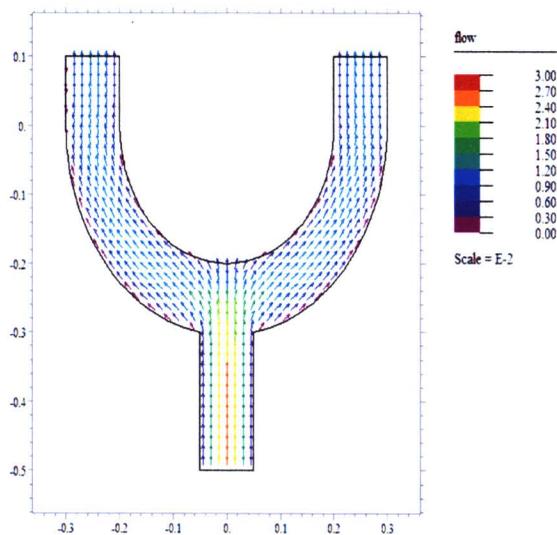
ภาพที่ 4.8 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 8

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



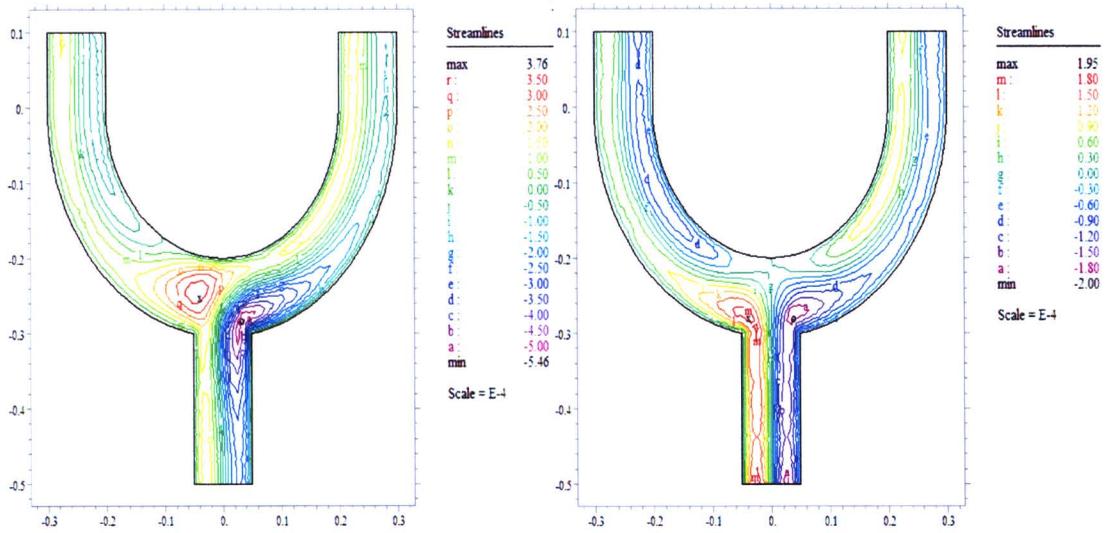
(6)

ภาพที่ 4.8 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 8 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

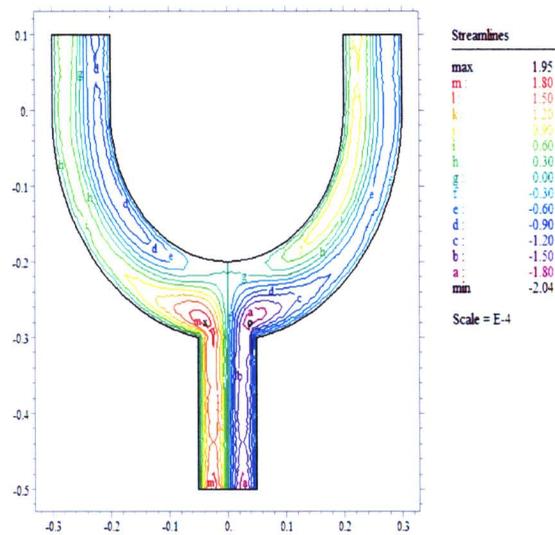
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

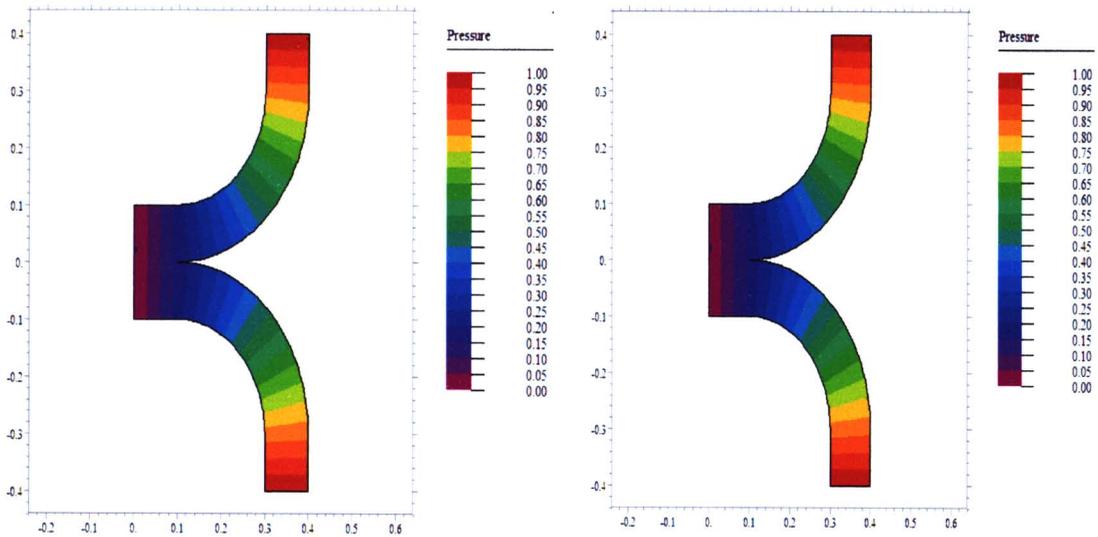
ภาพที่ 4.8 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 8 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

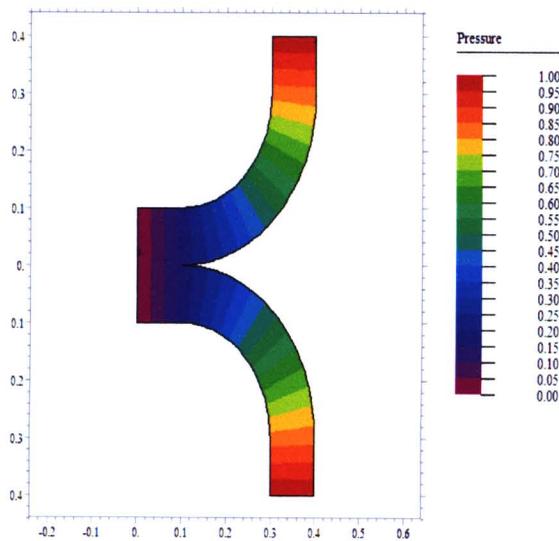
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.9 โดเมนแบบที่ 9



(1)

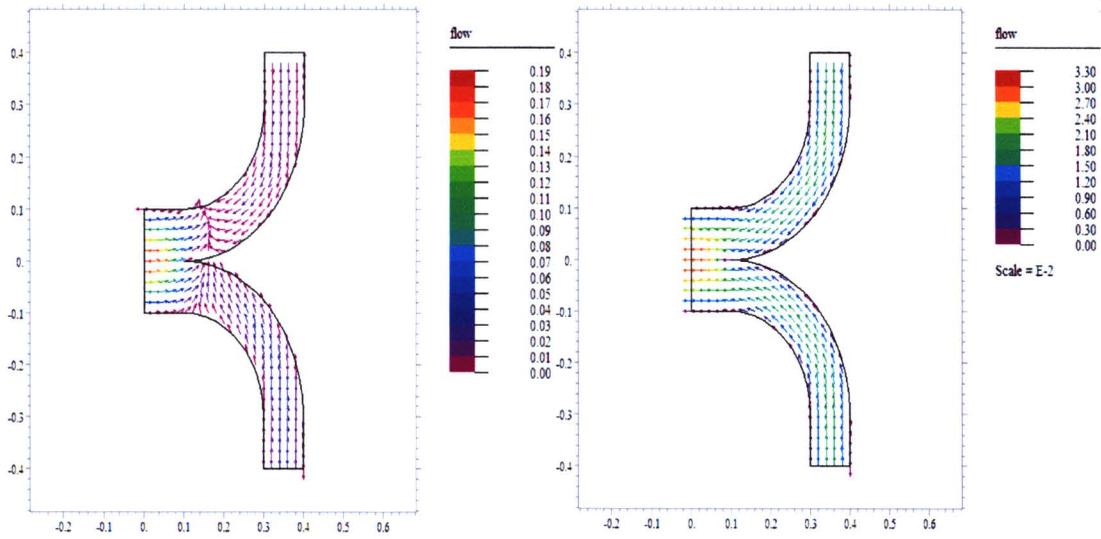
(2)



(3)

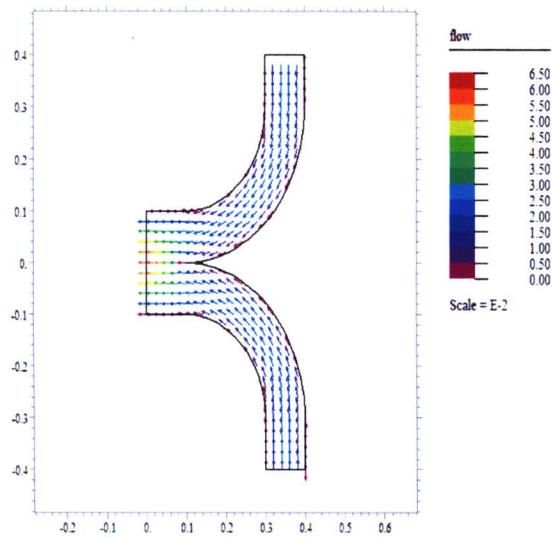
ภาพที่ 4.9 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 9

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



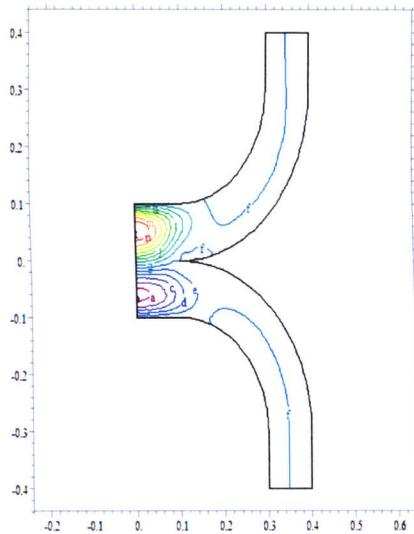
(6)

ภาพที่ 4.9 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 9 (ต่อ)

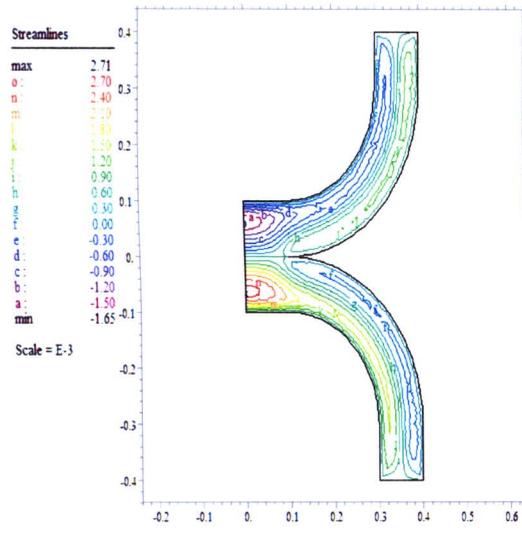
(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

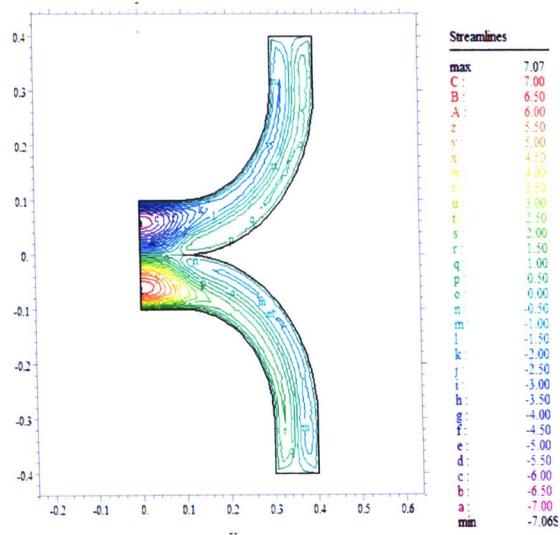
(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

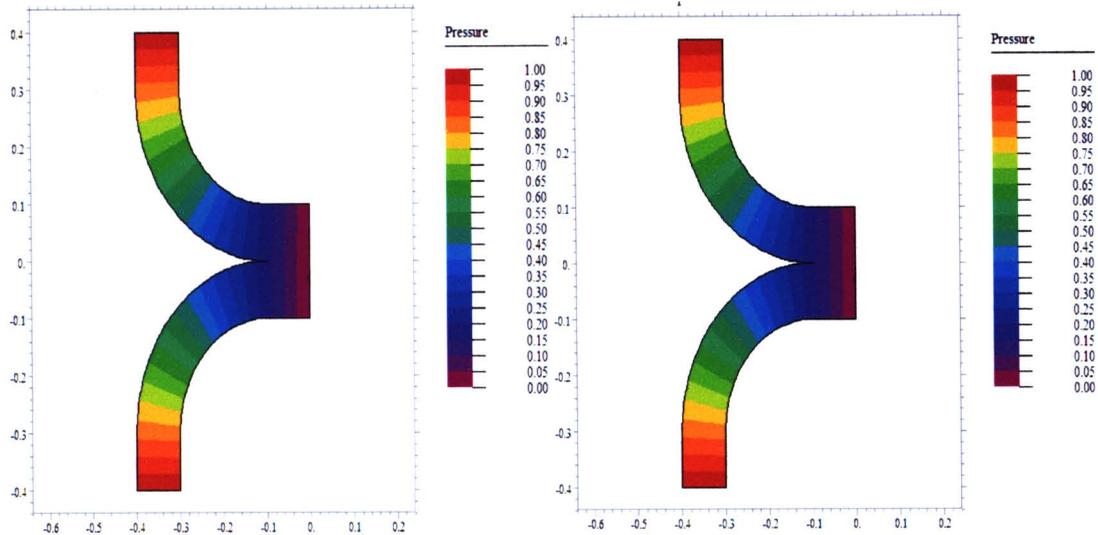
ภาพที่ 4.9 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 9 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

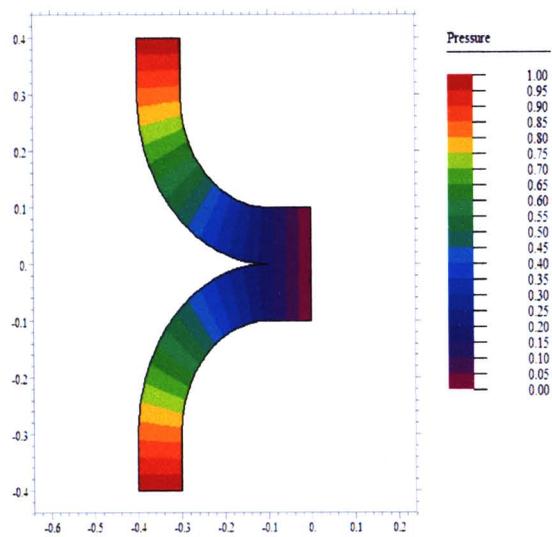
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.10 โดเมนแบบที่ 10



(1)

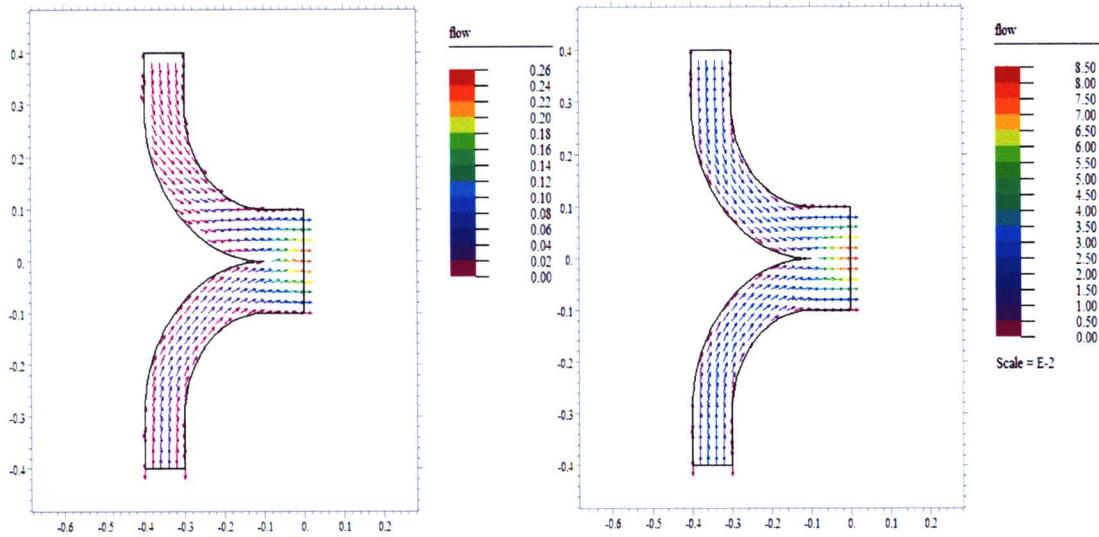
(2)



(3)

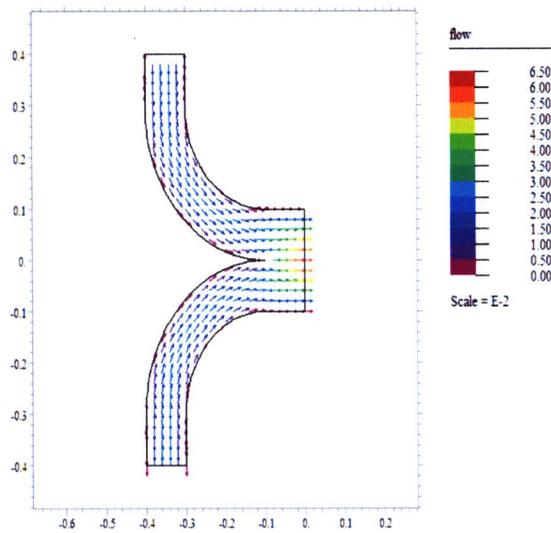
ภาพที่ 4.10 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 10

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

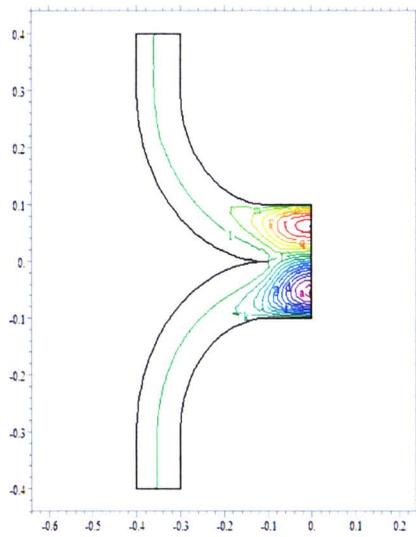
(5)



(6)

ภาพที่ 4.10 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 10 (ต่อ)

- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00

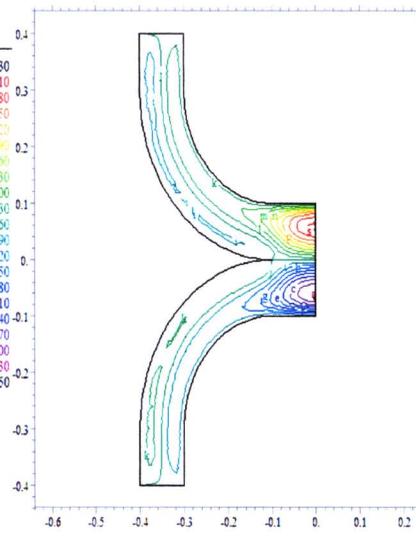


(7)

Streamlines

max	2.30
s:	2.10
r:	1.80
q:	1.50
p:	1.20
o:	0.90
n:	0.60
m:	0.30
l:	0.00
k:	-0.30
j:	-0.60
i:	-0.90
h:	-1.20
g:	-1.50
f:	-1.80
e:	-2.10
d:	-2.40
c:	-2.70
b:	-3.00
a:	-3.30
min	-3.50

Scale = E-3

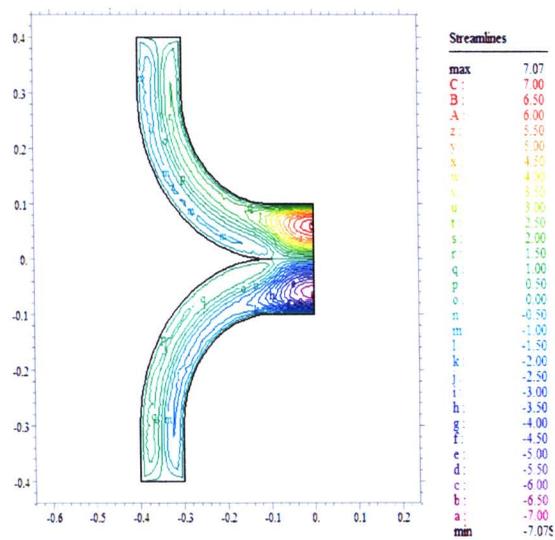


(8)

Streamlines

max	9.22
s:	9.00
r:	8.00
q:	7.00
p:	6.00
o:	5.00
n:	4.00
m:	3.00
l:	2.00
k:	1.00
j:	0.00
i:	-1.00
h:	-2.00
g:	-3.00
f:	-4.00
e:	-5.00
d:	-6.00
c:	-7.00
b:	-8.00
a:	-9.00
min	-9.05

Scale = E-4



(9)

Streamlines

max	7.07
C:	7.00
B:	6.50
A:	6.00
z:	5.50
y:	5.00
x:	4.50
w:	4.00
v:	3.50
u:	3.00
t:	2.50
s:	2.00
r:	1.50
q:	1.00
p:	0.50
o:	0.00
n:	-0.50
m:	-1.00
l:	-1.50
k:	-2.00
j:	-2.50
i:	-3.00
h:	-3.50
g:	-4.00
f:	-4.50
e:	-5.00
d:	-5.50
c:	-6.00
b:	-6.50
a:	-7.00
min	-7.075

ภาพที่ 4.10 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 10 (ต่อ)

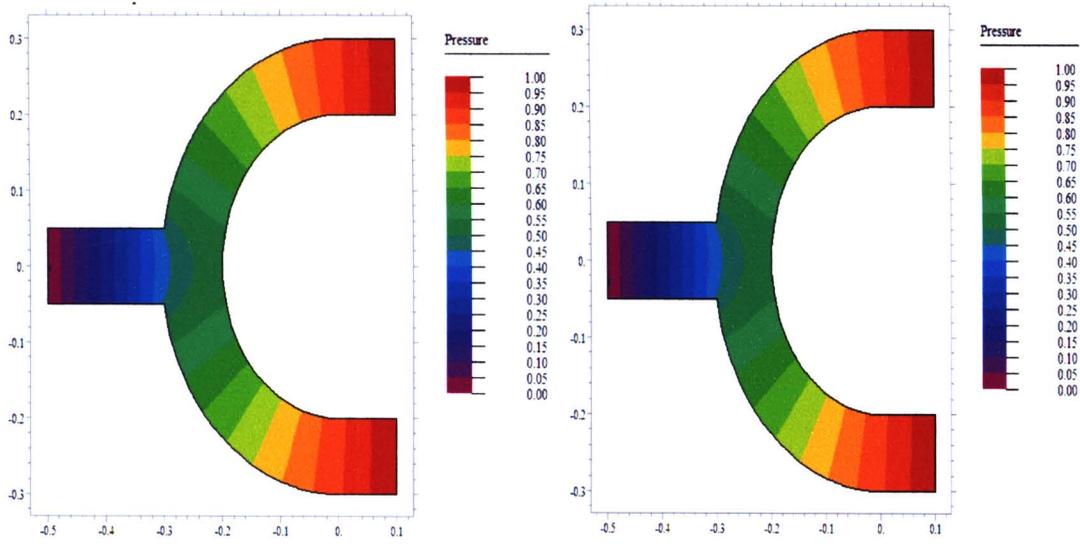
(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

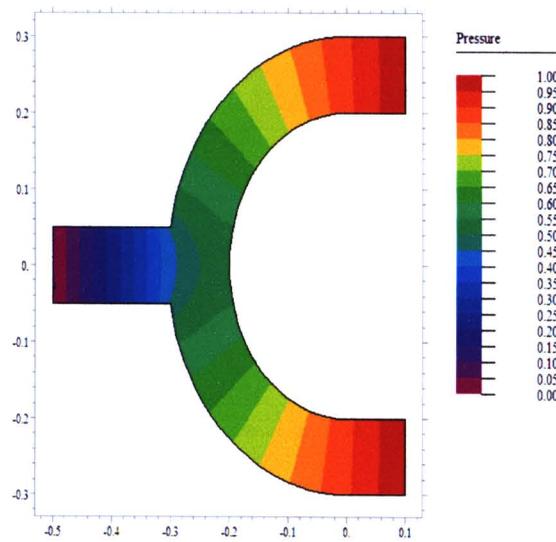


1.11 โดเมนแบบที่ 11



(1)

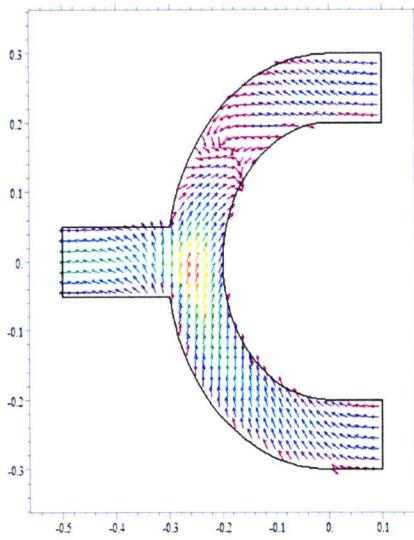
(2)



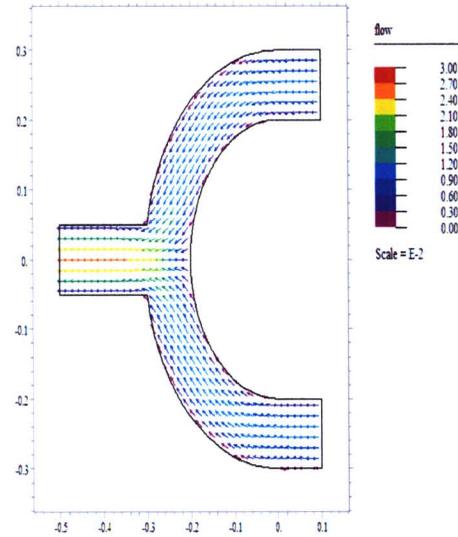
(3)

ภาพที่ 4.11 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 11

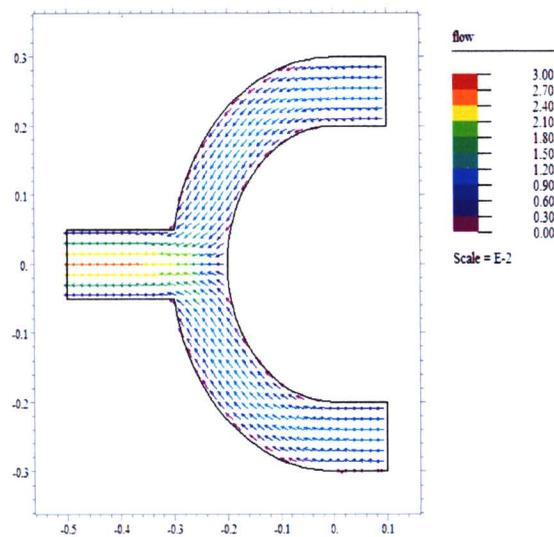
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



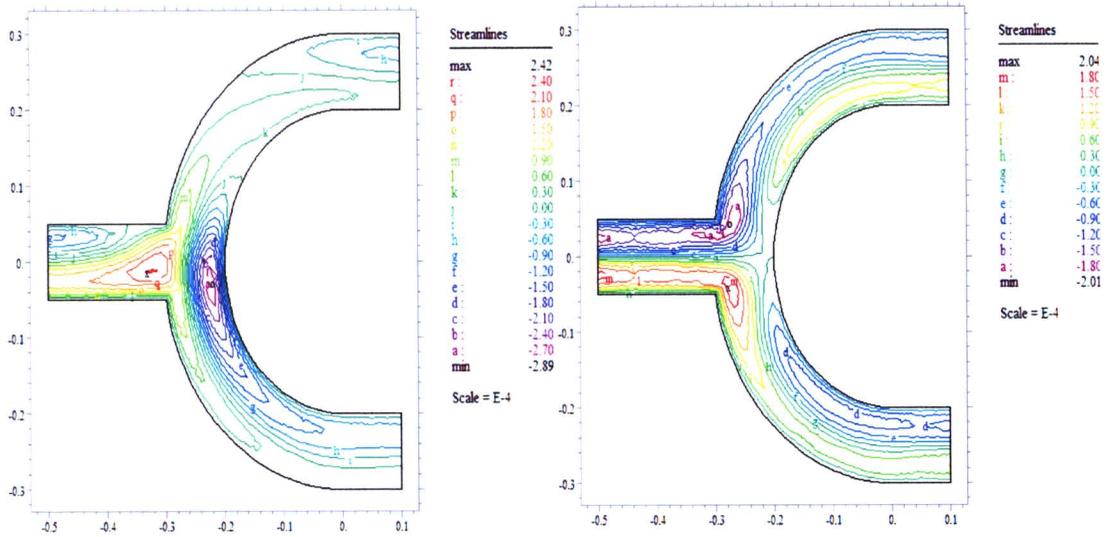
(6)

ภาพที่ 4.11 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 11 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

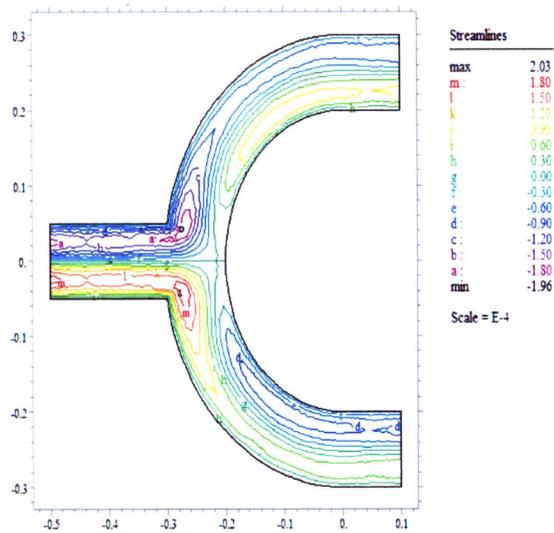
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

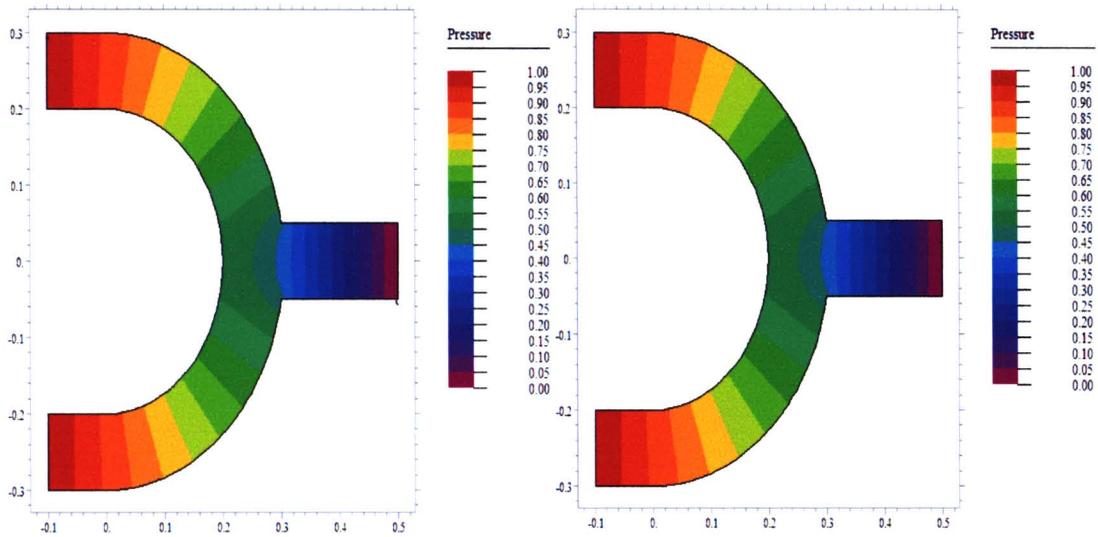
ภาพที่ 4.11 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 11 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

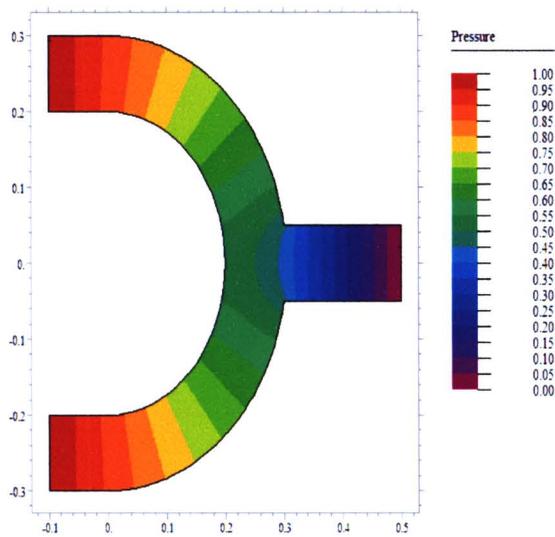
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.12 โดเมนแบบที่ 12



(1)

(2)



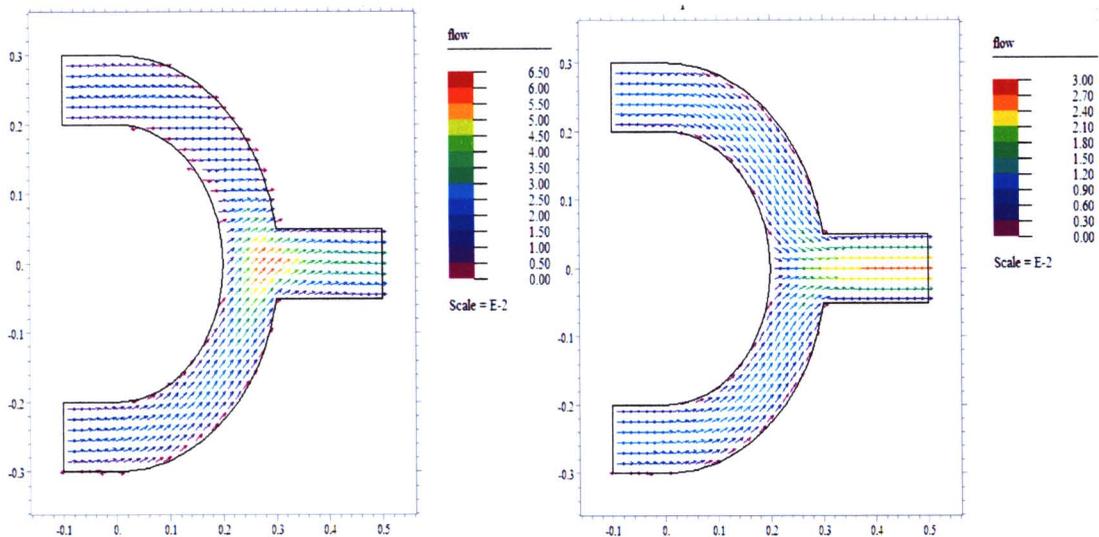
(3)

ภาพที่ 4.12 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 12

(1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05

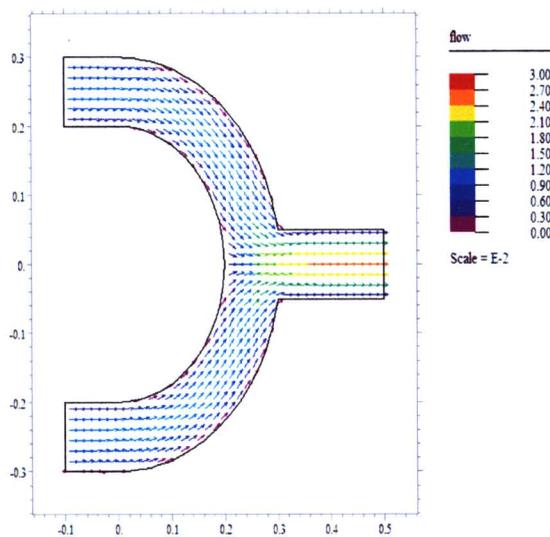
(2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50

(3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



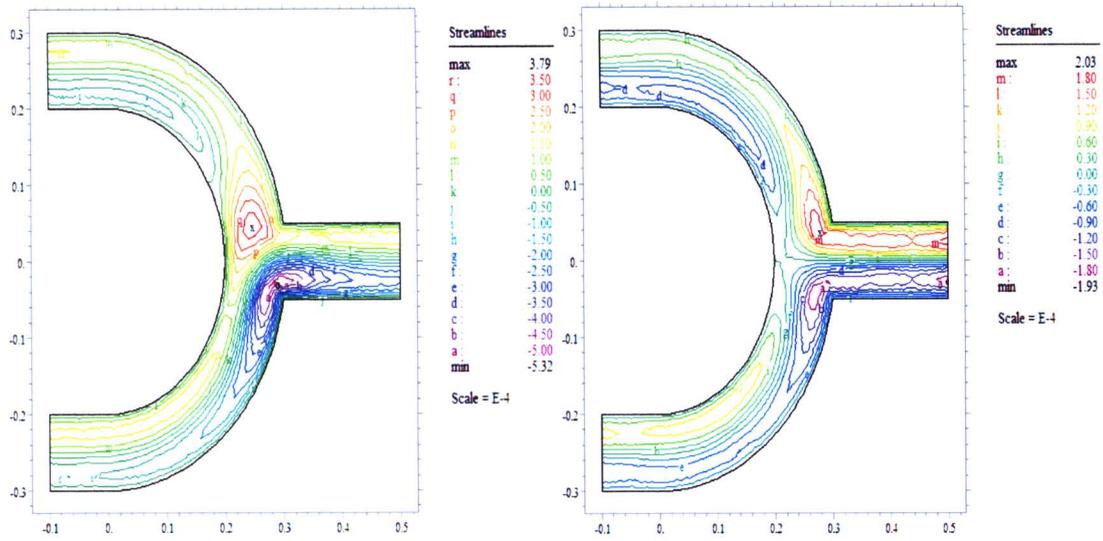
(6)

ภาพที่ 4.12 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 12 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

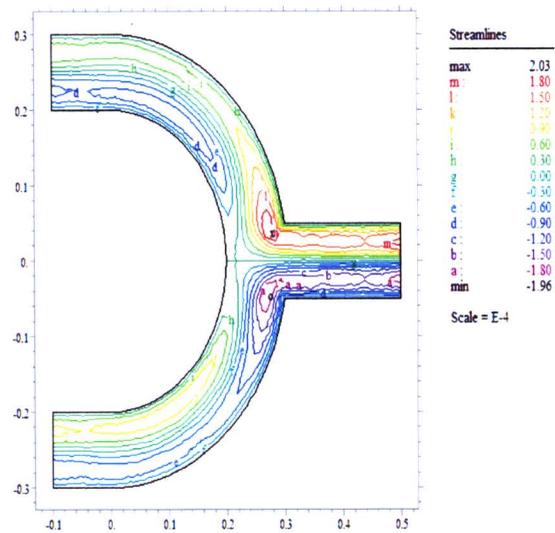
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)

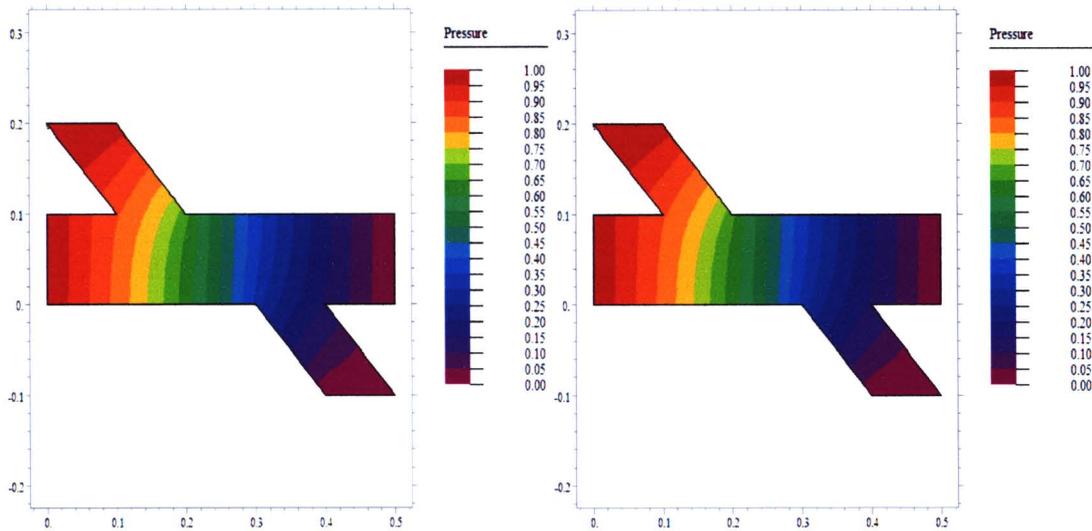


(9)

ภาพที่ 4.12 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 12 (ต่อ)

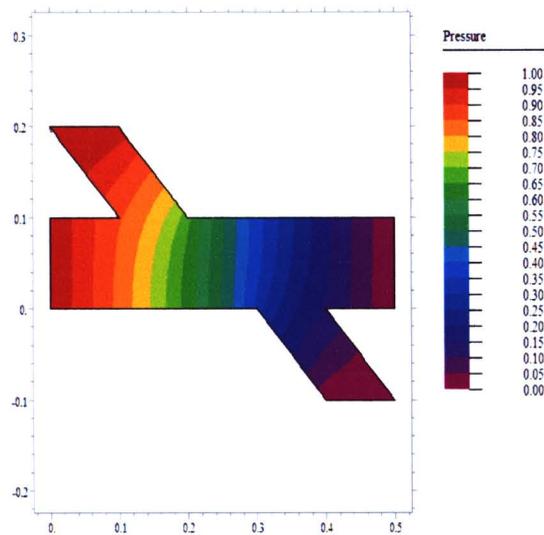
- (7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05
- (8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50
- (9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.13 โดเมนแบบที่ 13



(1)

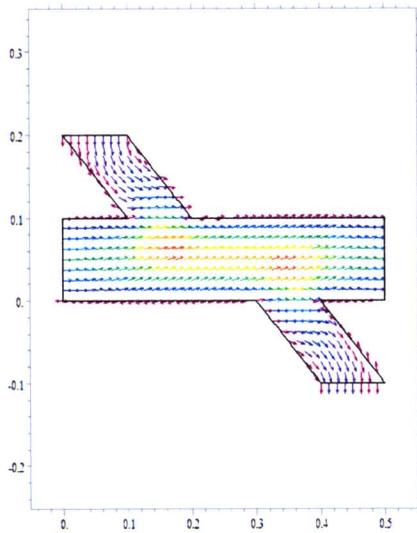
(2)



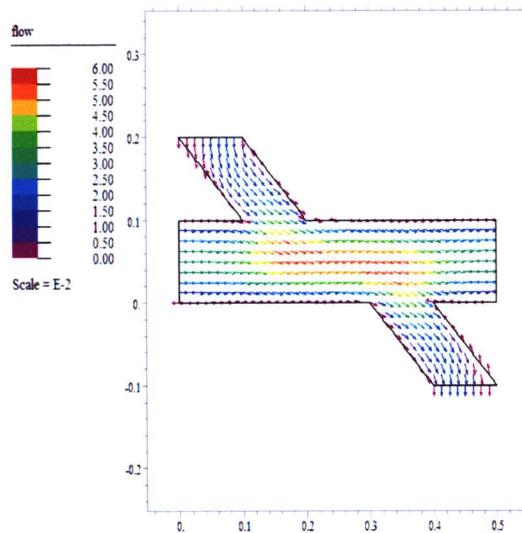
(3)

ภาพที่ 4.13 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 13

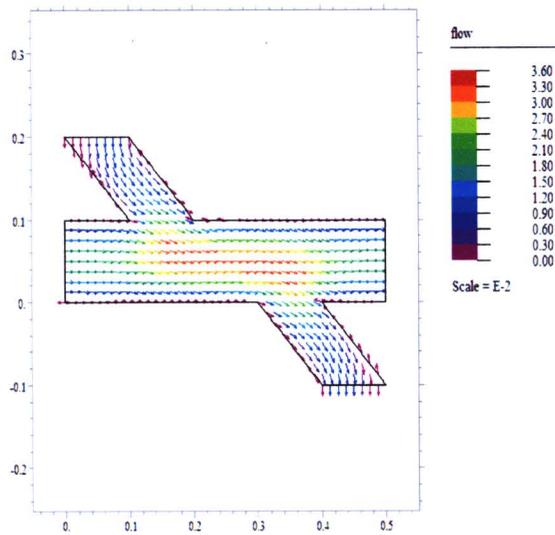
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



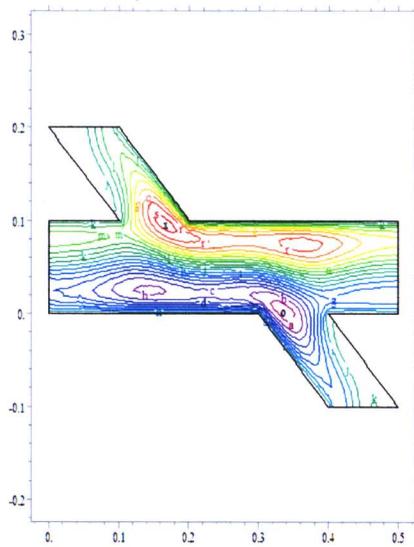
(5)



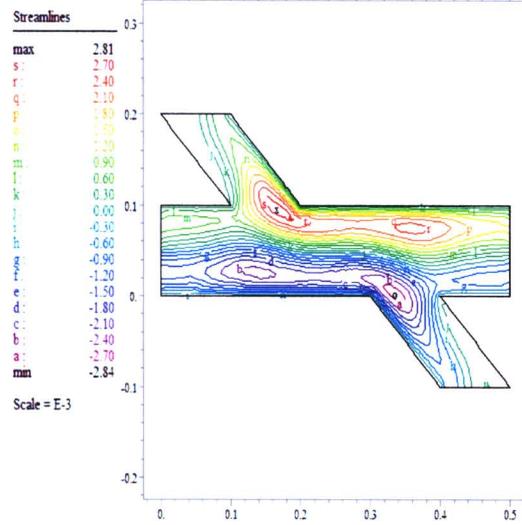
(6)

ภาพที่ 4.13 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 13 (ต่อ)

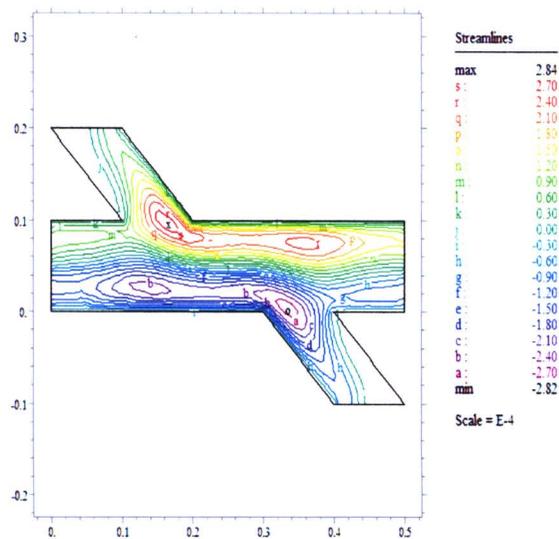
- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)

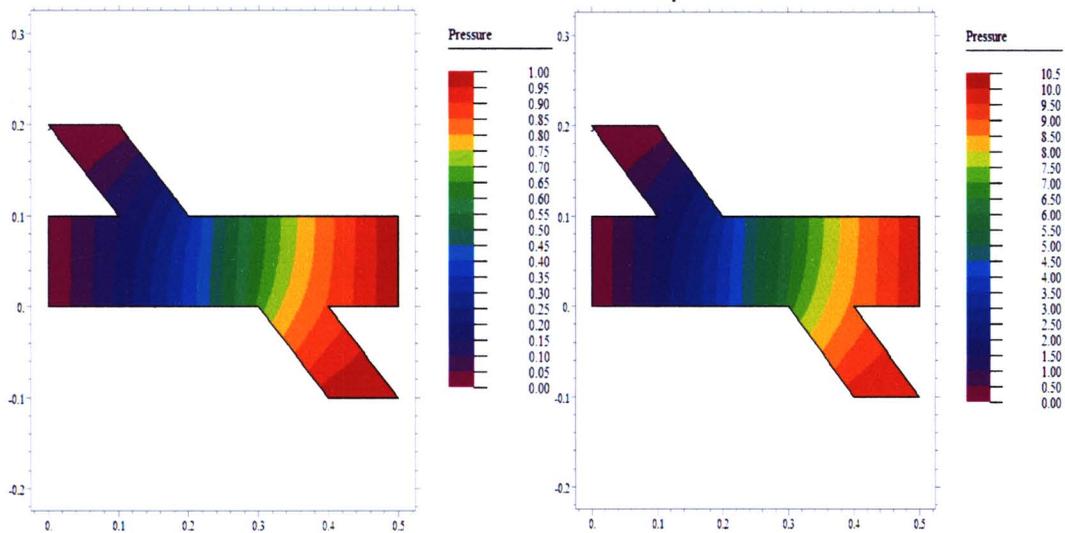


(9)

ภาพที่ 4.13 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 13 (ต่อ)

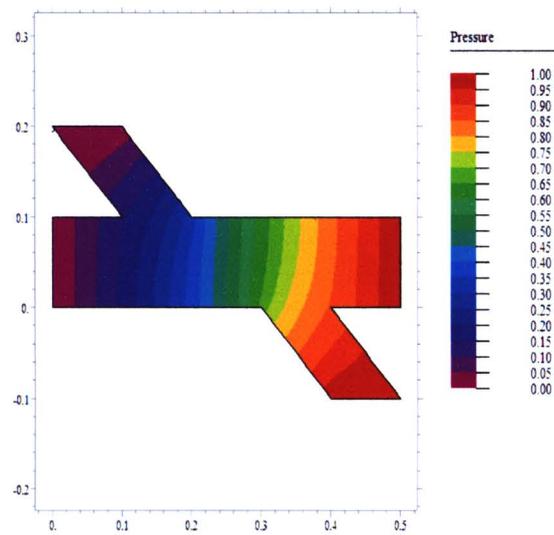
- (7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05
- (8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50
- (9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

1.14 โดเมนแบบที่ 14



(1)

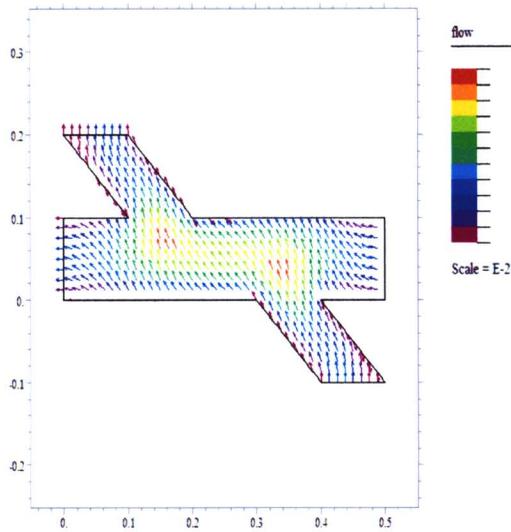
(2)



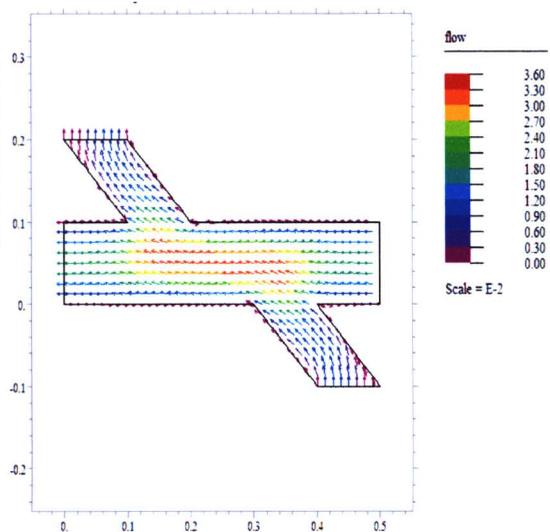
(3)

ภาพที่ 4.14 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 14

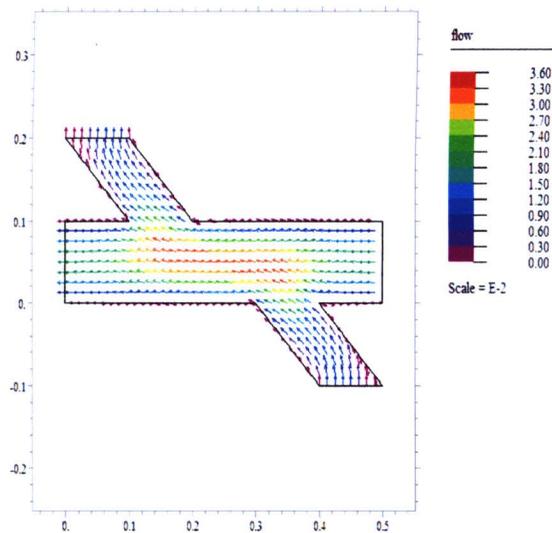
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



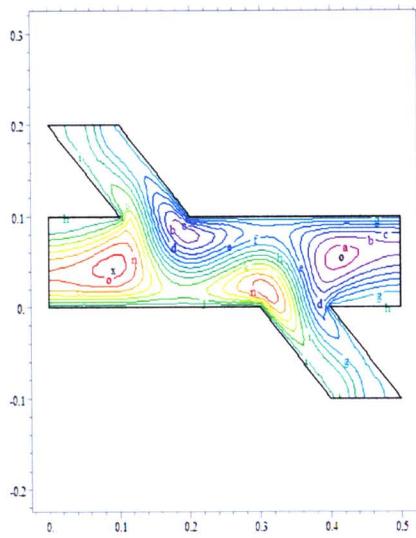
(5)



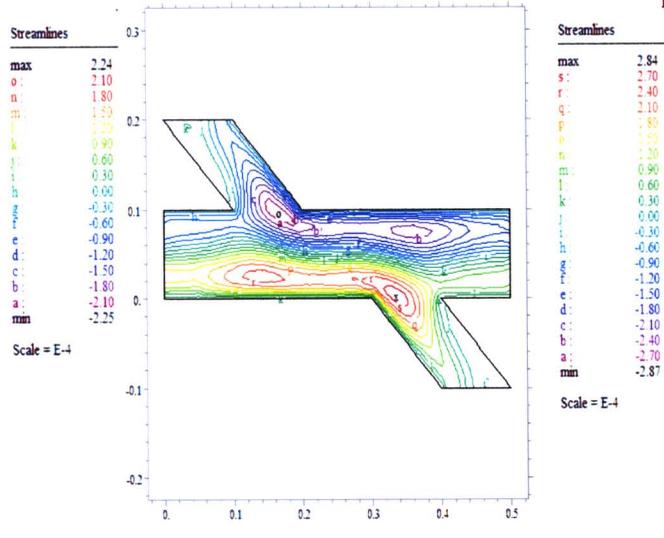
(6)

ภาพที่ 4.14 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 14 (ต่อ)

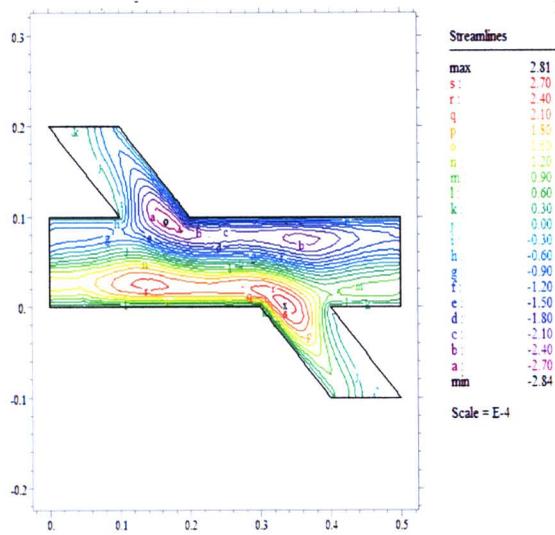
- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

ภาพที่ 4.14 แบบจำลองการไหลของไหลที่ $Re=10$ ในโดเมนแบบที่ 14 (ต่อ)

- (7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05
- (8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50
- (9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2. ผลการทดลองที่เลขเรย์โนลด์ 100

2.1 โดเมนแบบที่ 1

ตารางที่ 4.7 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 1 ที่เวลา 0.05 และเรย์โนลด์ 100

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.05					
	x	y	u	V	p	φ		
1	0.0235	0.2750	1.5277	0.0834	9.3332	0.0329	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.2625	1.7544	0.0000	10.0000	0.0375	2	2, 4, 6
3	0.0470	0.2500	1.7990	0.2827	9.0304	0.0432	3	3, 5, 4
4	0.0235	0.2563	1.8155	0.0818	9.4491	0.0402	4	4, 5, 6
5	0.0352	0.2625	1.7629	0.1784	9.1385	0.0395	5	7, 11, 10
6	0.0117	0.2688	1.6720	0.0268	9.6776	0.0357	6	3, 9, 11
7	0.0410	0.2750	1.5182	0.2258	8.8972	0.0339	7	8, 10, 9
8	0.0585	0.2750	1.4750	0.4376	8.5398	0.0340	8	9, 10, 11
9	0.0527	0.2625	1.7231	0.3834	8.7854	0.0404	9	12, 17, 16
10	0.0497	0.2750	1.5019	0.3239	8.7064	0.0341	10	13, 15, 17
11	0.0440	0.2625	1.7509	0.2709	8.9519	0.0401	11	14, 16, 15
12	0.0256	0.0252	0.6744	0.0660	9.8949	-0.0068	12	15, 16, 17
13	0.0375	0.0000	0.0000	0.0000	9.8065	0.0000	13	18, 23, 22
14	0.0512	0.0503	1.1392	0.2794	9.7097	-0.0015	14	19, 21, 23
15	0.0444	0.0252	0.7035	0.1482	9.7721	-0.0070	15	20, 22, 21
16	0.0384	0.0378	0.9340	0.1559	9.8157	-0.0053	16	21, 22, 23
17	0.0316	0.0126	0.3776	0.0509	9.8545	-0.0053	17	24, 29, 28
18	0.0000	0.0563	1.1526	0.0000	10.0000	-0.0004	18	25, 27, 29
19	0.0256	0.0627	1.2321	0.0872	9.8695	0.0030	19	26, 28, 27
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
805	0.5167	0.0000	0.0000	0.0000	1.7533	0.0000	1467	786, 806, 802
806	0.4994	0.0101	0.0000	0.0000	1.7941	0.0000	1468	802, 806, 804

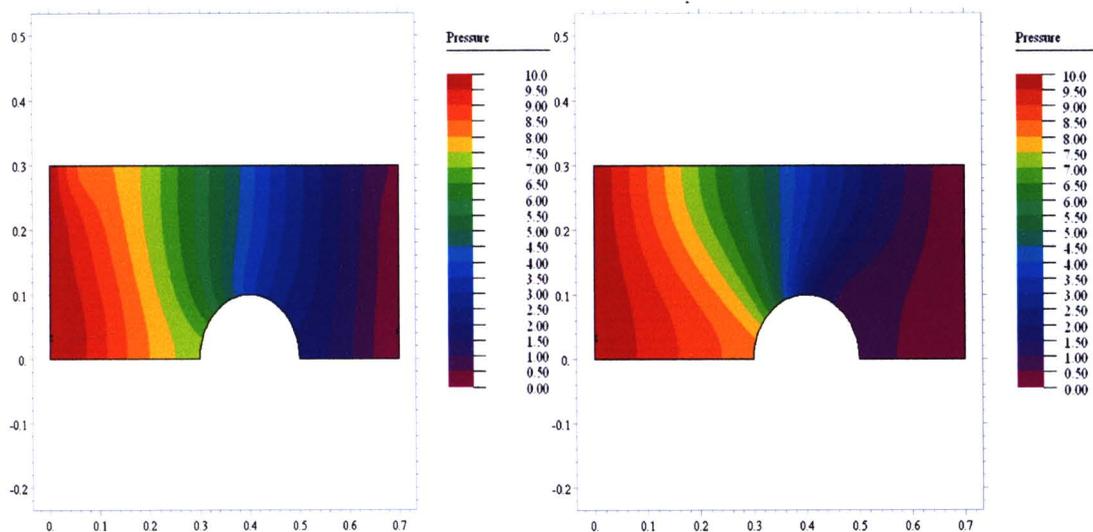
ตารางที่ 4.8 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 1 ที่เวลา 0.50 และเรย์โนลด์ 100

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.50					
	x	y	u	V	p	ϕ		
1	0.0235	0.2750	2.1072	0.0015	9.6497	0.0564	1	1, 6 5
2	0.0000	0.2625	2.8075	0.0000	10.0000	0.0672	2	2, 4 6
3	0.0470	0.2500	3.5026	0.0089	9.3197	0.0707	3	3, 5 4
4	0.0235	0.2563	3.1656	0.0024	9.6563	0.0695	4	4, 5 6
5	0.0352	0.2625	2.8786	0.0044	9.4805	0.0677	5	7, 11 10
6	0.0117	0.2688	2.4803	0.0006	9.8255	0.0629	6	3, 9 11
7	0.0410	0.2750	2.1329	0.0041	9.3893	0.0568	7	8, 10 9
8	0.0585	0.2750	2.1559	0.0080	9.1288	0.0572	8	9, 10 11
9	0.0527	0.2625	2.9139	0.0091	9.2230	0.0682	9	12, 17 16
10	0.0497	0.2750	2.1452	0.0059	9.2591	0.0570	10	13, 15 17
11	0.0440	0.2625	2.8968	0.0065	9.3518	0.0680	11	14, 16 15
12	0.0256	0.0252	1.3709	0.0016	9.8369	-0.0636	12	15, 16 17
13	0.0375	0.0000	0.0000	0.0000	9.7618	0.0000	13	18, 23 22
14	0.0512	0.0503	2.4429	0.0085	9.6606	-0.0968	14	19, 21 23
15	0.0444	0.0252	1.3779	0.0041	9.7167	-0.0636	15	20, 22 21
16	0.0384	0.0378	1.9411	0.0043	9.7513	-0.0837	16	21, 22 23
17	0.0316	0.0126	0.7304	0.0012	9.7999	-0.0359	17	24, 29 28
18	0.0000	0.0375	1.9029	0.0000	10.0000	-0.0832	18	25, 27 29
19	0.0256	0.0627	2.8606	0.0028	9.8256	-0.1043	19	26, 28 27
20	0.0000	0.0750	3.2222	0.0000	10.0000	-0.1069	20	27, 28 29
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
800	0.6935	0.1924	5.8110	0.1873	0.0337	-0.1198	1458	730, 787, 732
801	0.7000	0.1969	5.8615	0.0000	0.0000	-0.1099	1459	784, 802, 787
802	0.7000	0.2766	3.2189	0.0000	0.0000	0.0376	1460	787, 802, 732



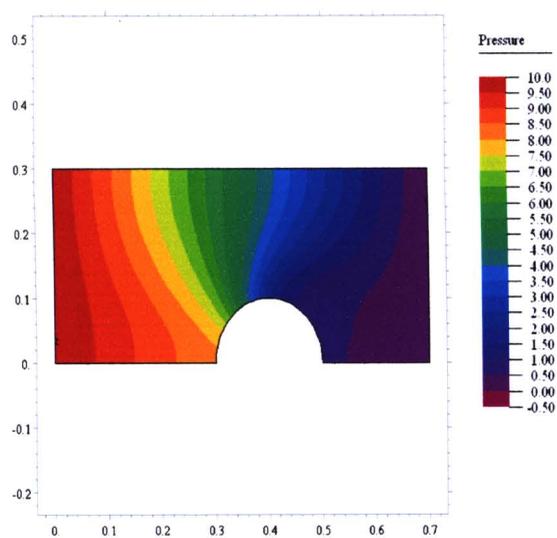
ตารางที่ 4.9 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 1 ที่เวลา 1.00 และเรย์โนลด์ 100

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=1.00					
	x	y	u	V	p	ϕ		
1	0.0235	0.2750	1.9974	0.0010	9.6817	0.0594	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.2625	2.6832	0.0000	10.0000	0.0725	2	2, 4, 6
3	0.0470	0.2500	3.3600	0.0062	9.3769	0.0784	3	3, 5, 4
4	0.0235	0.2563	3.0316	0.0017	9.6861	0.0761	4	4, 5, 6
5	0.0352	0.2625	2.7446	0.0030	9.5265	0.0730	5	7, 11, 10
6	0.0117	0.2688	2.3609	0.0004	9.8413	0.0671	6	3, 9, 11
7	0.0410	0.2750	2.0191	0.0028	9.4450	0.0598	7	8, 10, 9
8	0.0585	0.2750	2.0379	0.0054	9.2081	0.0602	8	9, 10, 11
9	0.0527	0.2625	2.7744	0.0063	9.2916	0.0735	9	12, 17, 16
10	0.0497	0.2750	2.0293	0.0040	9.3266	0.0600	10	13, 15, 17
11	0.0440	0.2625	2.7601	0.0045	9.4091	0.0733	11	14, 16, 15
12	0.0256	0.0252	1.4958	0.0013	9.8266	-0.0636	12	15, 16, 17
13	0.0375	0.0000	0.0000	0.0000	9.7469	0.0000	13	18, 23, 22
14	0.0512	0.0503	2.6534	0.0073	9.6407	-0.0942	14	19, 21, 23
15	0.0444	0.0252	1.5055	0.0036	9.6990	-0.0637	15	20, 22, 21
16	0.0384	0.0378	2.1142	0.0037	9.7360	-0.0827	16	21, 22, 23
17	0.0316	0.0126	0.7985	0.0010	9.7872	-0.0363	17	24, 29, 28
18	0.0000	0.0375	2.0677	0.0000	10.0000	-0.0821	18	25, 27, 29
19	0.0256	0.0627	3.0863	0.0023	9.8159	-0.0997	19	26, 28, 27
20	0.0000	0.0750	3.4518	0.0000	10.0000	-0.1002	20	27, 28, 29
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
800	0.6935	0.1924	5.9802	-0.2352	0.0462	-0.0123	1458	730, 787, 732
801	0.7000	0.1969	5.9270	0.0000	0.0000	-0.0011	1459	784, 802, 787
802	0.7000	0.2766	2.1945	0.0000	0.0000	0.0625	1460	787, 802, 732



(1)

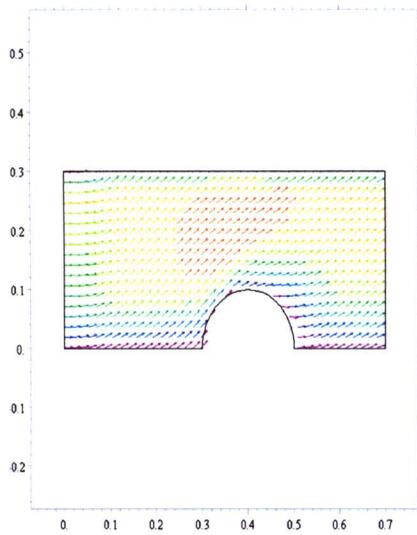
(2)



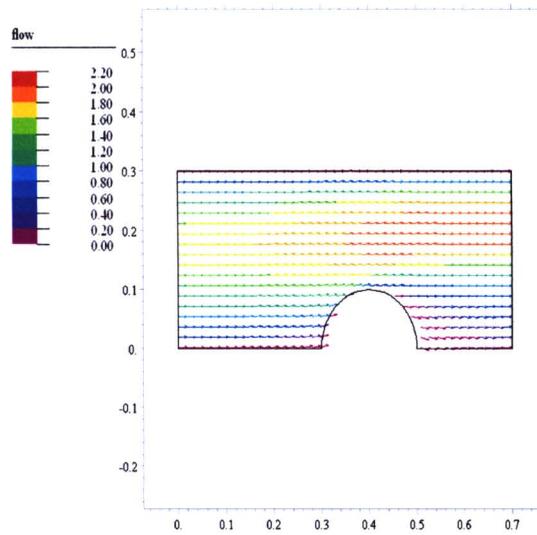
(3)

ภาพที่ 4.15 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 1

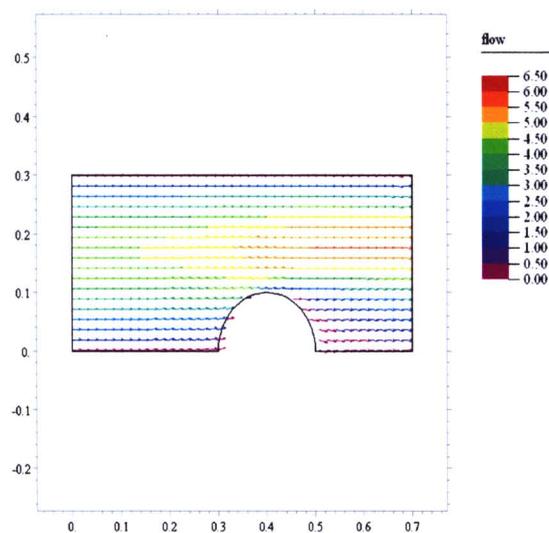
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



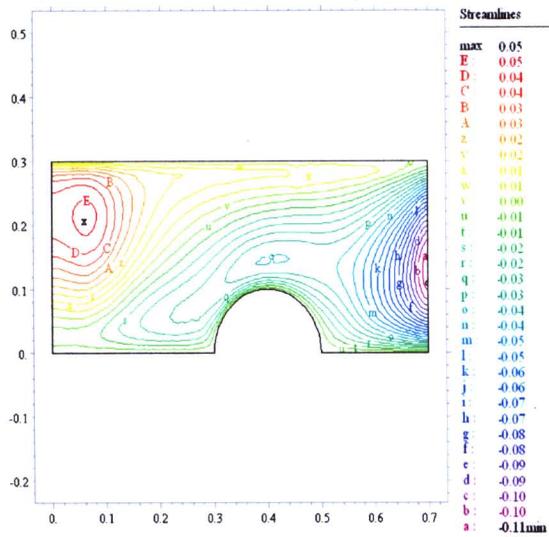
(6)

ภาพที่ 4.15 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 1 (ต่อ)

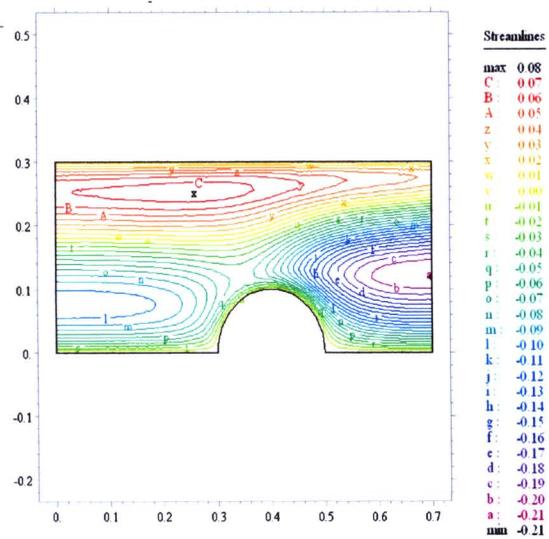
(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

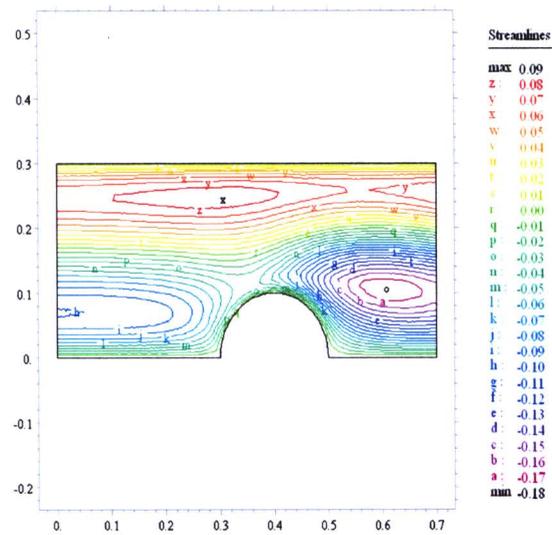
(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

ภาพที่ 4.15 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 1 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.2 โดเมนแบบที่ 2

ตารางที่ 4.10 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 2 ที่เวลา 0.05 และเรย์โนลด์ส์ 100

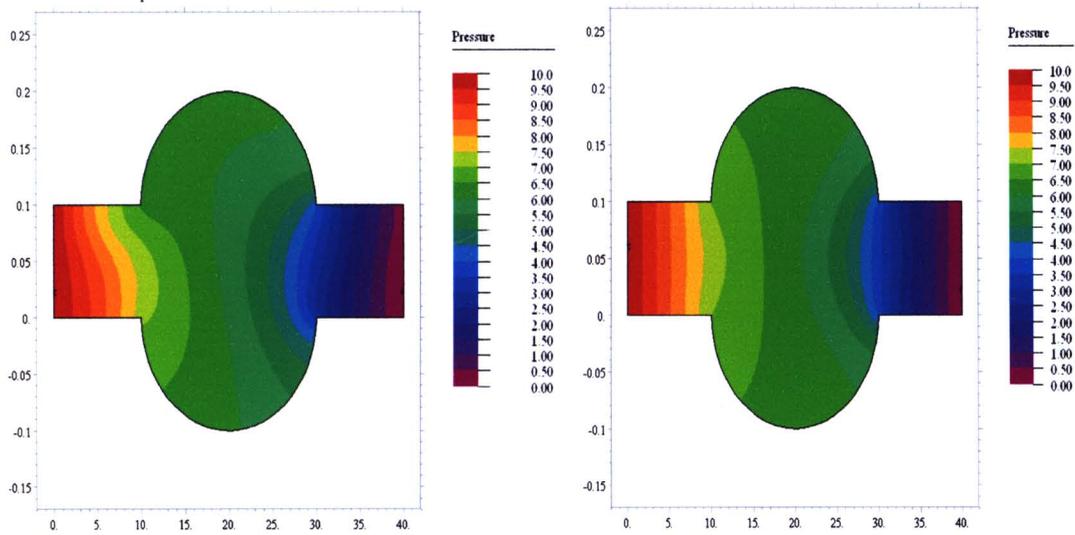
Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.05					
	x	y	u	v	p	ϕ		
1	0.0154	0.0851	1.4847	0.0305	9.3331	0.0133	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.0750	1.9608	0.0000	10.0000	0.0119	2	2, 4, 6
3	0.0308	0.0703	2.1501	0.1401	8.8353	0.0112	3	3, 5, 4
4	0.0154	0.0726	2.0621	0.0420	9.3936	0.0114	4	4, 5, 6
5	0.0231	0.0777	1.9065	0.0768	9.0548	0.0135	5	7, 11, 10
6	0.0077	0.0801	1.7668	0.0130	9.6732	0.0133	6	3, 9, 11
7	0.0279	0.0851	1.5051	0.0835	8.8105	0.0138	7	8, 10, 9
8	0.0404	0.0851	1.5284	0.1667	8.3095	0.0143	8	9, 10, 11
9	0.0356	0.0777	1.9295	0.1663	8.5682	0.0141	9	12, 17, 16
10	0.0341	0.0851	1.5167	0.1208	8.5567	0.0141	10	13, 15, 17
11	0.0293	0.0777	1.9200	0.1167	8.8079	0.0139	11	14, 16, 15
12	0.0266	0.0257	1.4748	0.0613	9.3544	-0.0126	12	15, 16, 17
13	0.0302	0.0171	1.0973	0.0540	9.2819	-0.0122	13	18, 23, 22
14	0.0355	0.0343	1.7631	0.1263	9.0885	-0.0101	14	19, 21, 23
15	0.0328	0.0257	1.4720	0.0881	9.1967	-0.0124	15	20, 22, 21
16	0.0310	0.0300	1.6301	0.0902	9.2261	-0.0117	16	21, 22, 23
17	0.0284	0.0214	1.2965	0.0591	9.3201	-0.0127	17	20, 21, 26
18	0.0000	0.0375	1.8649	0.0000	10.0000	-0.0100	18	19, 25, 21
19	0.0177	0.0421	1.9864	0.0438	9.5157	-0.0072	19	24, 26, 25
20	0.0000	0.0500	2.1293	0.0000	10.0000	-0.0030	20	25, 26, 21
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
802	0.2813	-0.0252	0.8254	0.7721	4.7503	-0.0148	1471	268,803,273
803	0.2472	0.1882	0.0000	0.0000	6.0412	0.0000	1472	273,803,607

ตารางที่ 4.11 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 2 ที่เวลา 0.50 และเรย์โนลด์ 100

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=0.50					
	x	y	u	v	p	ϕ		
1	0.0154	0.0851	1.5849	0.0005	9.5488	0.0181	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.0750	2.2799	0.0000	10.0000	0.0189	2	2, 4, 6
3	0.0308	0.0703	2.5951	0.0022	9.1021	0.0176	3	3, 5, 4
4	0.0154	0.0726	2.4454	0.0006	9.5502	0.0182	4	4, 5, 6
5	0.0231	0.0777	2.1600	0.0012	9.3245	0.0196	5	7, 11, 10
6	0.0077	0.0801	1.9679	0.0002	9.7745	0.0194	6	3, 9, 11
7	0.0279	0.0851	1.5999	0.0014	9.1824	0.0183	7	8, 10, 9
8	0.0404	0.0851	1.6125	0.0031	8.8162	0.0184	8	9, 10, 11
9	0.0356	0.0777	2.1791	0.0028	8.9594	0.0198	9	12, 17, 16
10	0.0341	0.0851	1.6064	0.0021	8.9993	0.0184	10	13, 15, 17
11	0.0293	0.0777	2.1698	0.0019	9.1418	0.0198	11	14, 16, 15
12	0.0177	0.0171	1.7880	-0.0003	9.4836	-0.0189	12	15, 16, 17
13	0.0302	0.0171	1.8011	-0.0010	9.1200	-0.0191	13	18, 23, 22
14	0.0355	0.0343	2.8070	-0.0009	8.9719	-0.0144	14	19, 21, 23
15	0.0328	0.0257	2.3989	-0.0011	9.0456	-0.0189	15	20, 22, 21
16	0.0266	0.0257	2.3906	-0.0007	9.2267	-0.0188	16	21, 22, 23
17	0.0240	0.0171	1.7948	-0.0006	9.3017	-0.0190	17	20, 21, 26
18	0.0000	0.0375	2.8572	0.0000	10.0000	-0.0115	18	19, 25, 21
19	0.0177	0.0421	2.9891	0.0000	9.4850	-0.0074	19	24, 26, 25
20	0.0000	0.0500	3.0216	0.0000	10.0000	0.0002	20	25, 26, 21
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
800	0.2954	0.0970	1.9198	-0.2392	4.1250	0.0127	1466	787,790,802
801	0.3107	0.0133	2.4223	0.1927	3.1538	-0.0205	1467	51,707,790
802	0.4000	0.0438	3.8871	0.0000	0.0000	-0.0100	1468	790,707,802

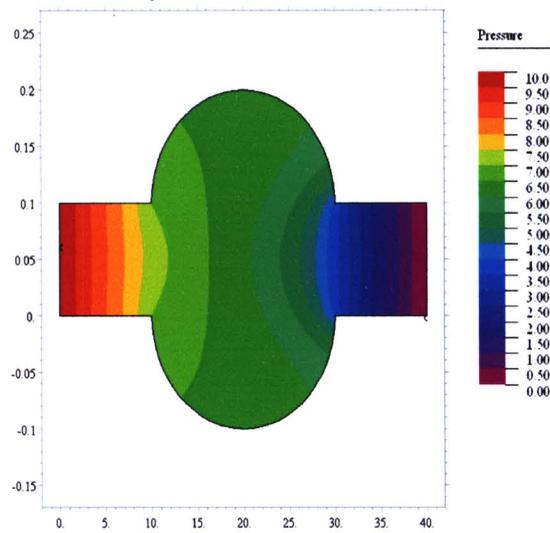
ตารางที่ 4.12 ผลเฉลยเชิงตัวเลขของความเร็ว ความดัน สายธารการไหล และแสดงการเชื่อมต่อของจุดต่อ
ในโดเมนแบบที่ 2 ที่เวลา 1.00 และเรย์โนลด์ 100

Node	Nodal Coordinates		Numerical Result				Element	Nodal Connection
			t=1.00					
	x	y	u	v	p	ϕ		
1	0.0154	0.0851	1.5767	0.0004	9.5505	0.0180	1	1, 6, 5
2	0.0000	0.0750	2.2688	0.0000	10.0000	0.0189	2	2, 4, 6
3	0.0308	0.0703	2.5821	0.0016	9.1048	0.0176	3	3, 5, 4
4	0.0154	0.0726	2.4334	0.0004	9.5516	0.0181	4	4, 5, 6
5	0.0231	0.0777	2.1489	0.0009	9.3269	0.0195	5	7, 11, 10
6	0.0077	0.0801	1.9580	0.0001	9.7754	0.0194	6	3, 9, 11
7	0.0279	0.0851	1.5914	0.0011	9.1855	0.0182	7	8, 10, 9
8	0.0404	0.0851	1.6036	0.0025	8.8207	0.0184	8	9, 10, 11
9	0.0356	0.0777	2.1676	0.0022	8.9630	0.0197	9	12, 17, 16
10	0.0341	0.0851	1.5977	0.0017	9.0031	0.0183	10	13, 15, 17
11	0.0293	0.0777	2.1585	0.0015	9.1449	0.0197	11	14, 16, 15
12	0.0177	0.0171	1.7835	-0.0005	9.4824	-0.0188	12	15, 16, 17
13	0.0302	0.0171	1.7966	-0.0014	9.1179	-0.0190	13	18, 23, 22
14	0.0355	0.0343	2.7974	-0.0017	8.9707	-0.0143	14	19, 21, 23
15	0.0328	0.0257	2.3918	-0.0017	9.0437	-0.0188	15	20, 22, 21
16	0.0266	0.0257	2.3835	-0.0011	9.2252	-0.0187	16	21, 22, 23
17	0.0240	0.0171	1.7903	-0.0008	9.3000	-0.0189	17	20, 21, 26
18	0.0000	0.0375	2.8470	0.0000	10.0000	-0.0114	18	19, 25, 21
19	0.0177	0.0421	2.9778	-0.0002	9.4849	-0.0073	19	24, 26, 25
20	0.0000	0.0500	3.0093	0.0000	10.0000	0.0003	20	25, 26, 21
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
800	0.2954	0.0970	1.8777	-0.2580	4.1212	0.0129	1466	787,790,802
801	0.3107	0.0133	2.4418	0.1745	3.1584	-0.0200	1467	51,707,790
802	0.4000	0.0438	3.8828	0.0000	0.0000	-0.0079	1468	790,707,802



(1)

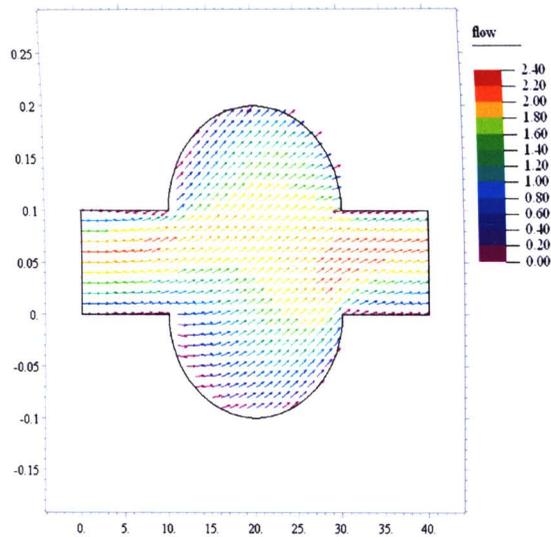
(2)



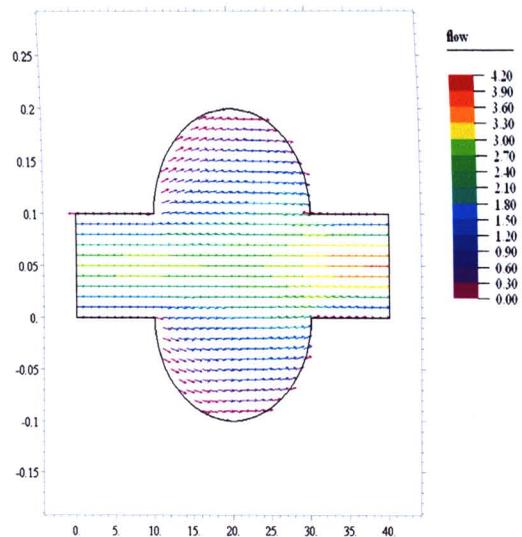
(3)

ภาพที่ 4.16 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 2

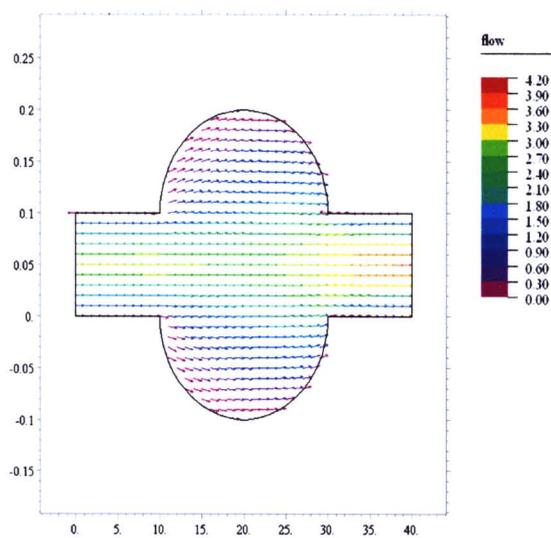
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



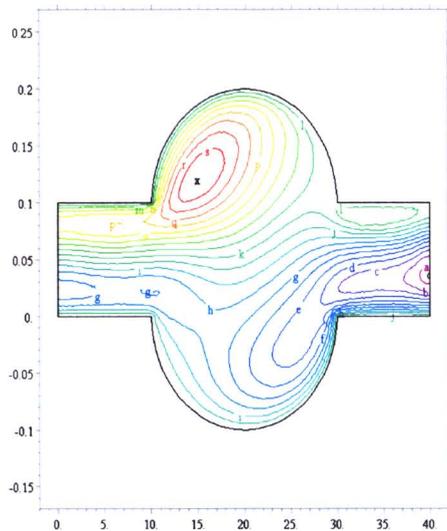
(6)

ภาพที่ 4.16 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 2 (ต่อ)

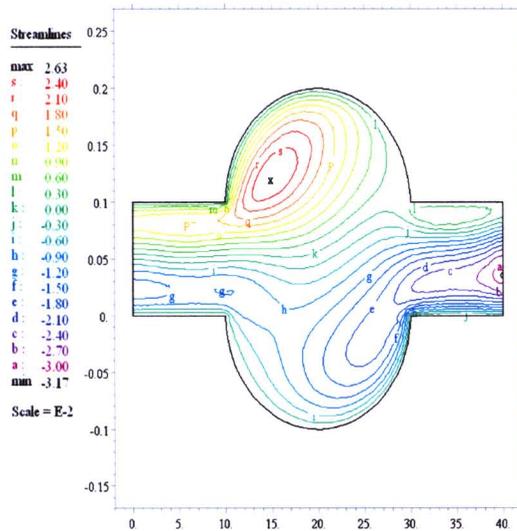
(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

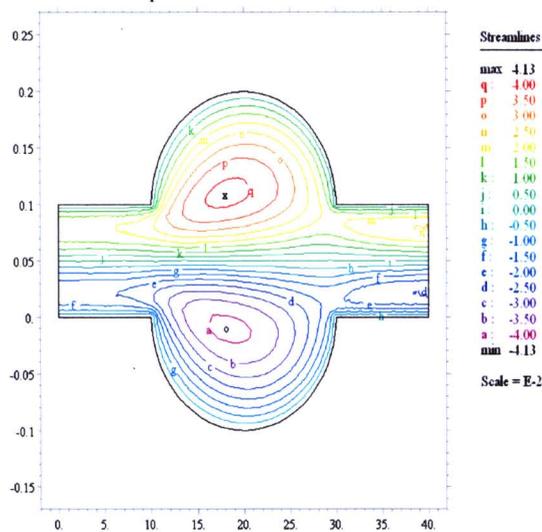
(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

ภาพที่ 4.16 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 2 (ต่อ)

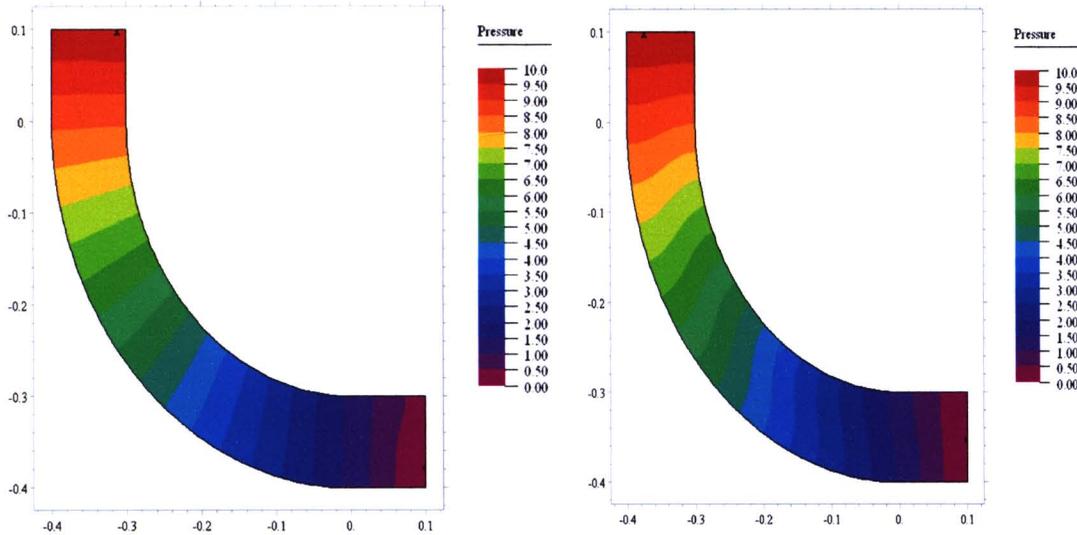
(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

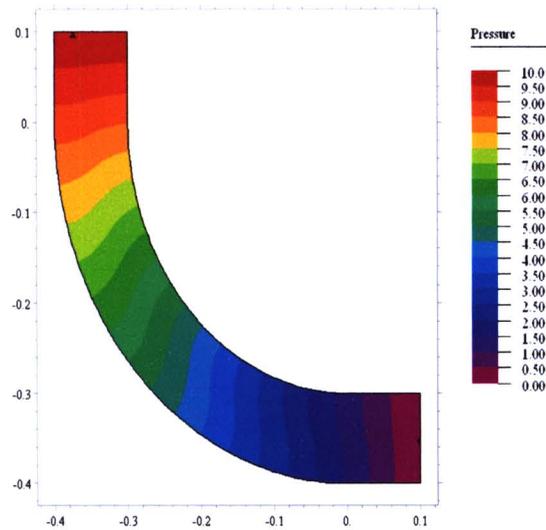


2.3 โดเมนแบบที่ 3



(1)

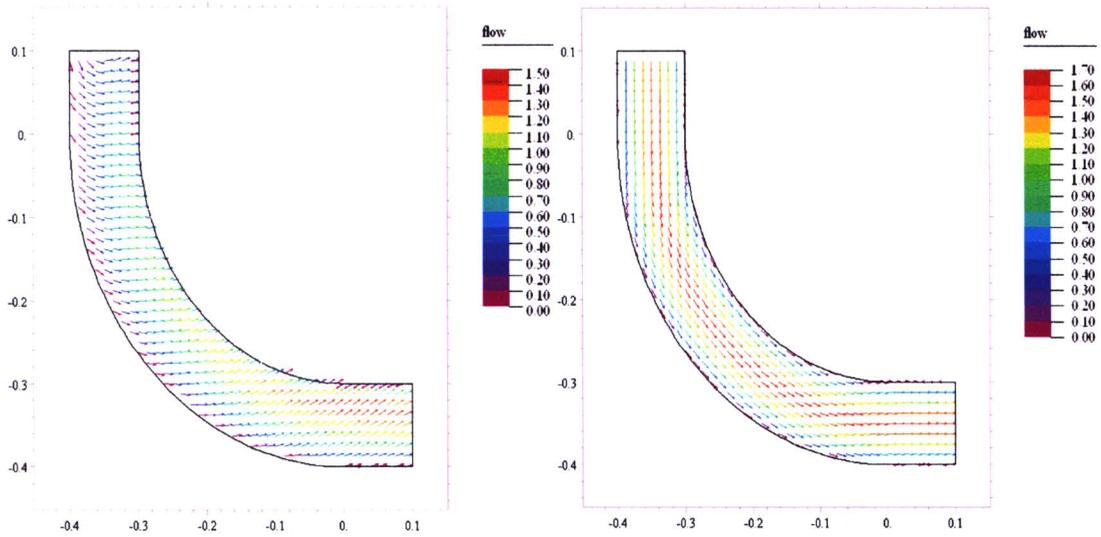
(2)



(3)

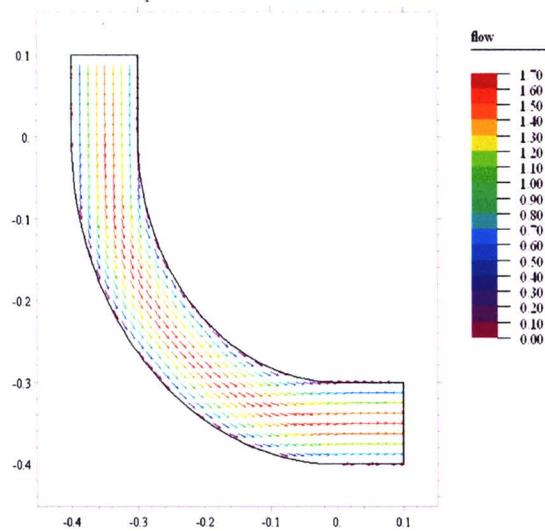
ภาพที่ 4.17 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 3

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

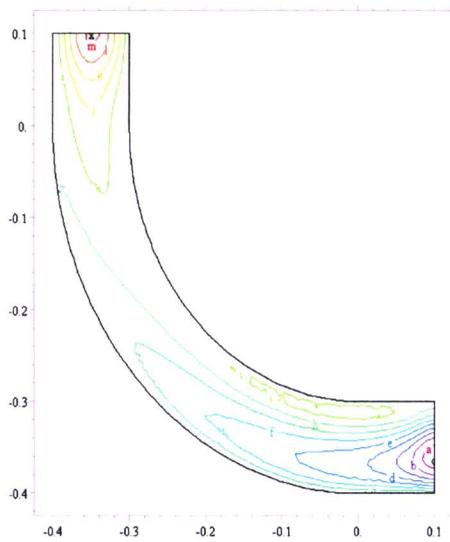
(5)



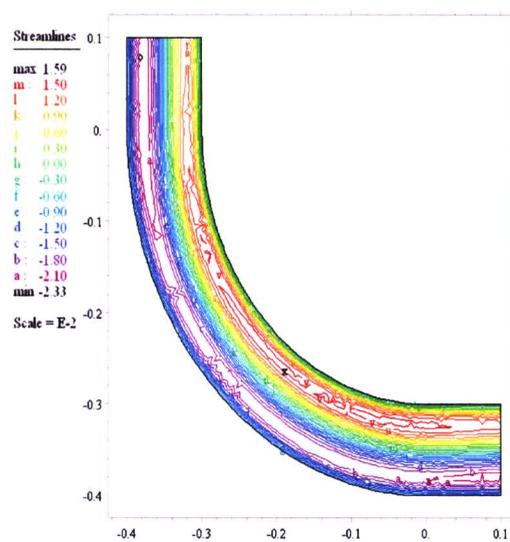
(6)

ภาพที่ 4.17 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 3 (ต่อ)

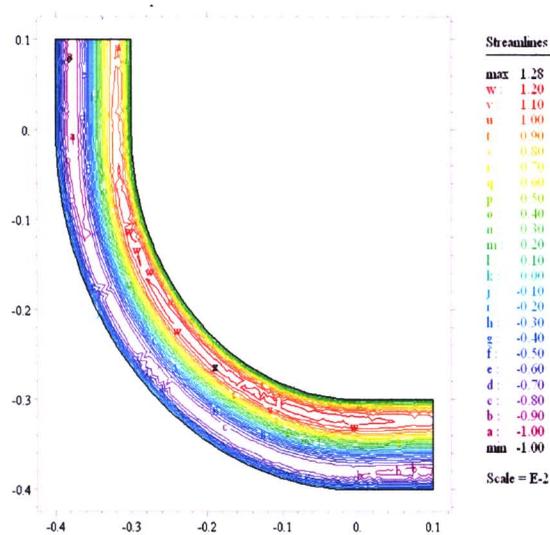
- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)

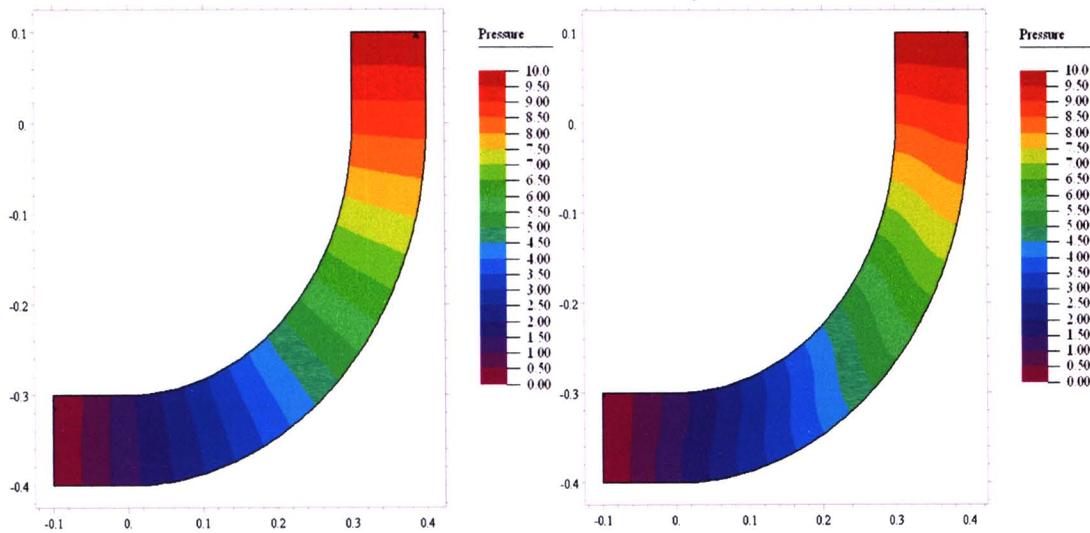


(9)

ภาพที่ 4.17 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 3 (ต่อ)

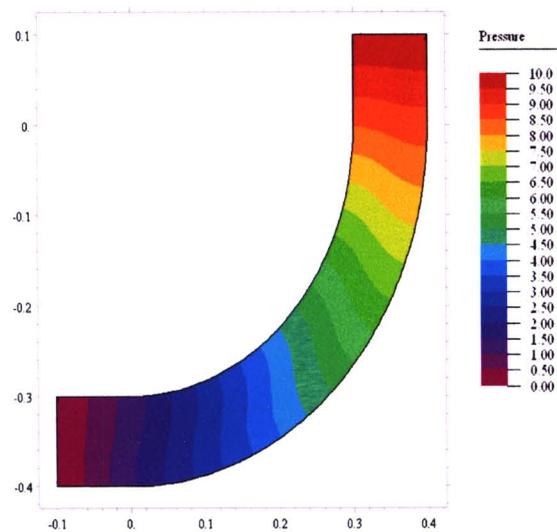
- (7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05
- (8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50
- (9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.4 โดเมนแบบที่ 4



(1)

(2)



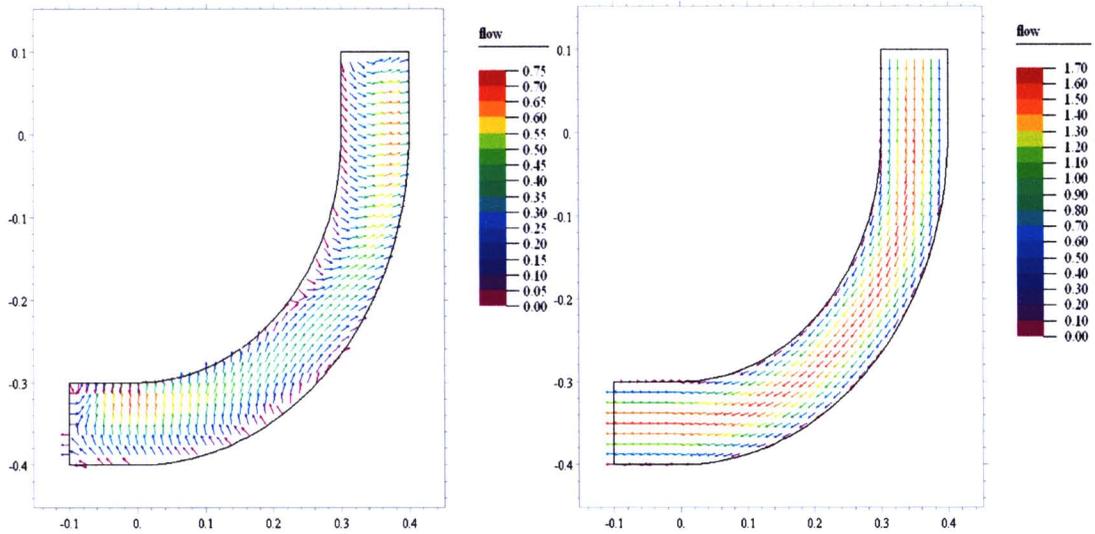
(3)

ภาพที่ 4.18 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 4

(1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05

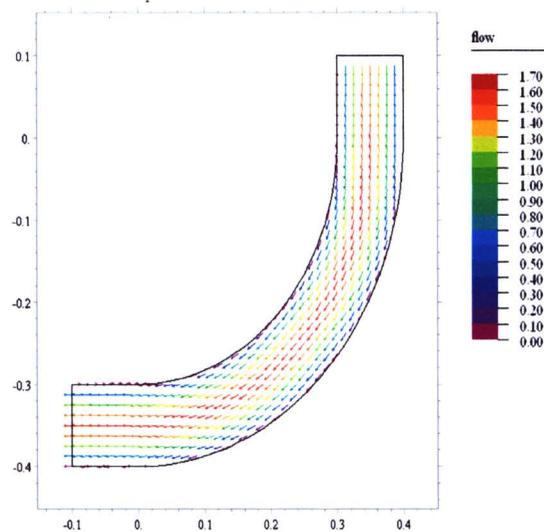
(2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50

(3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

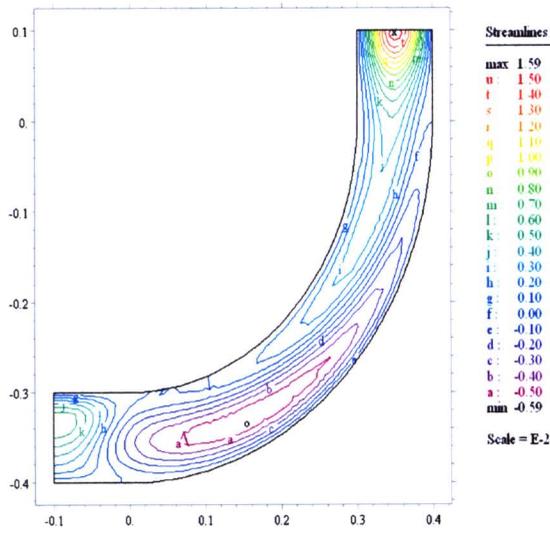
(5)



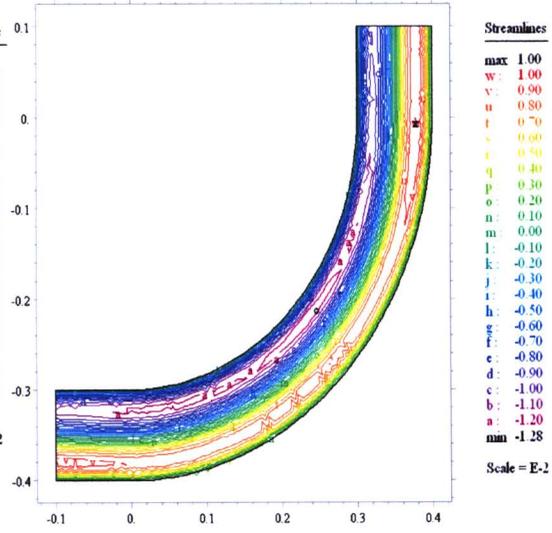
(6)

ภาพที่ 4.18 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 4

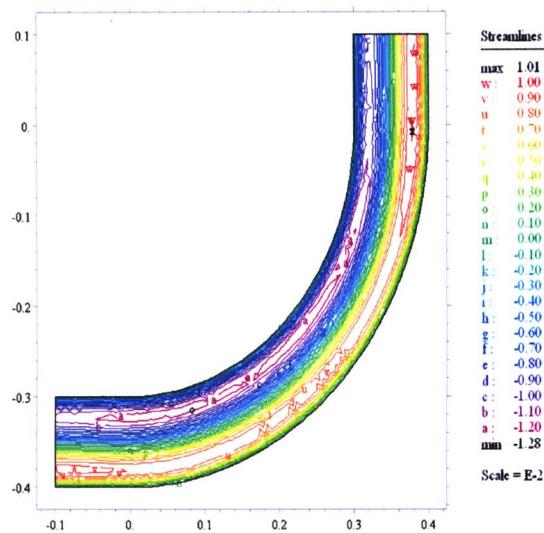
- (4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05
- (5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50
- (6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



(9)

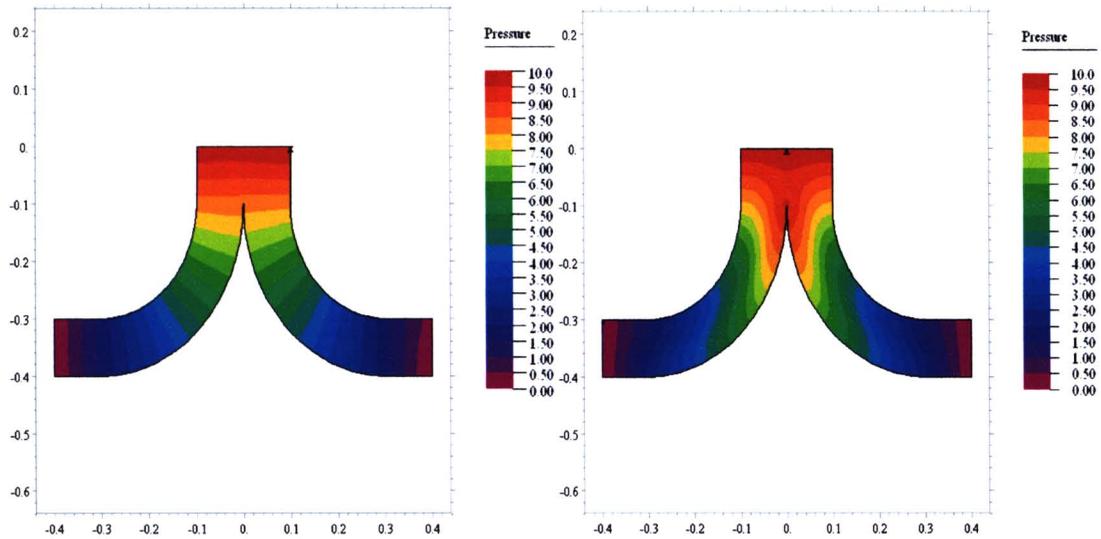
ภาพที่ 4.18 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 4 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

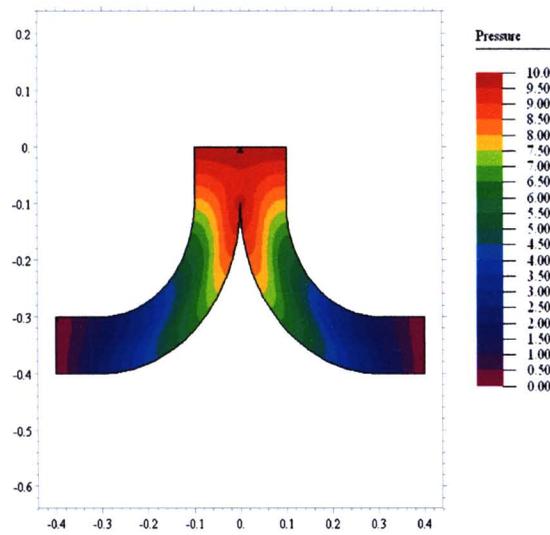
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.5 โดเมนแบบที่ 5



(1)

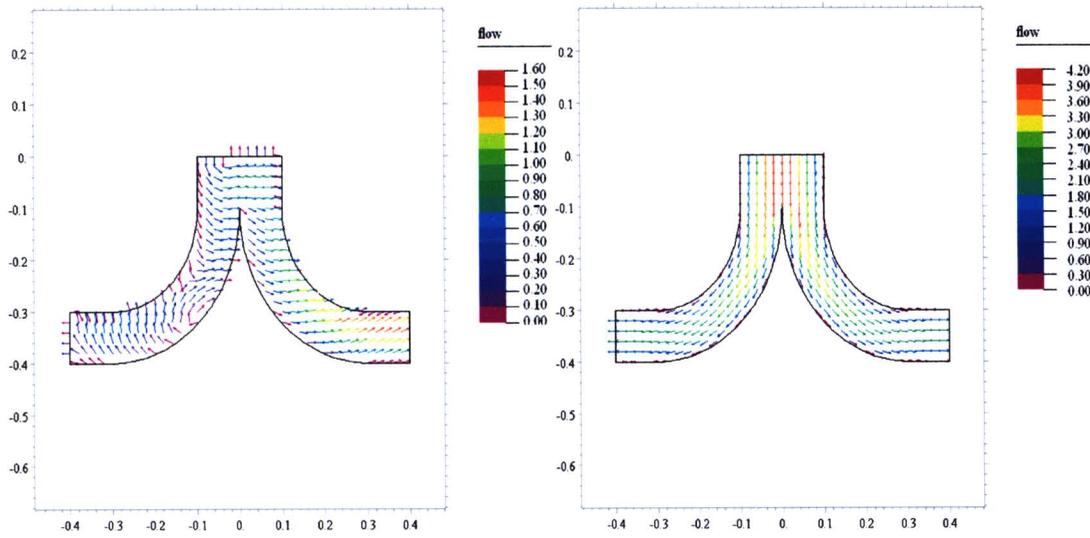
(2)



(3)

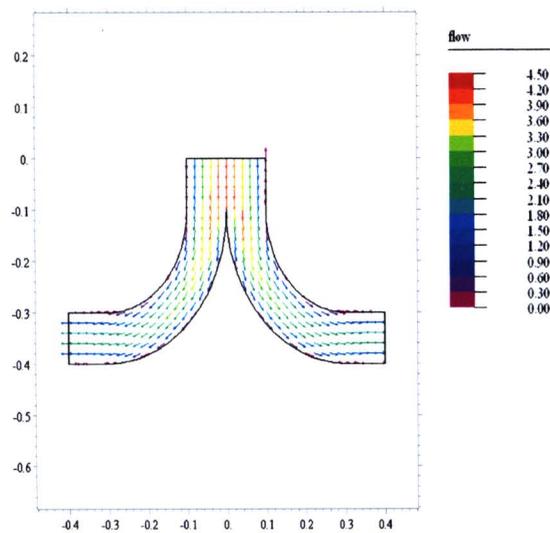
ภาพที่ 4.19 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 5

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



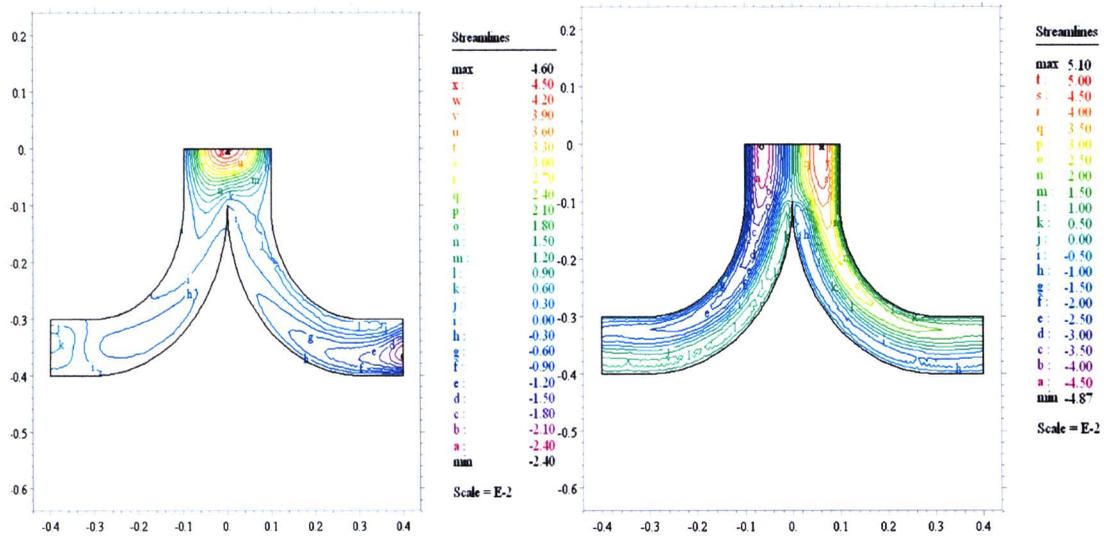
(6)

ภาพที่ 4.19 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 5 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

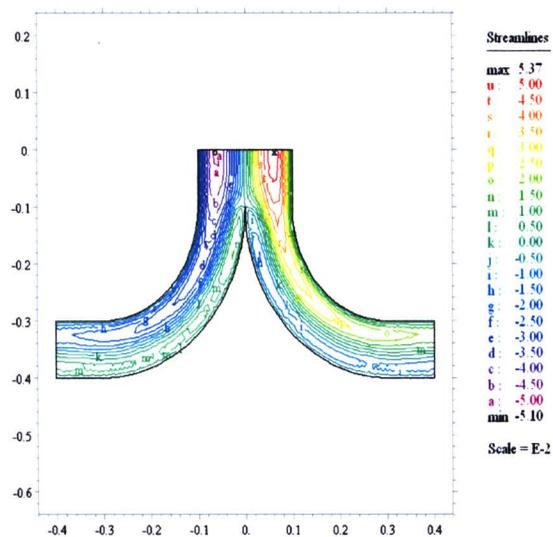
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)

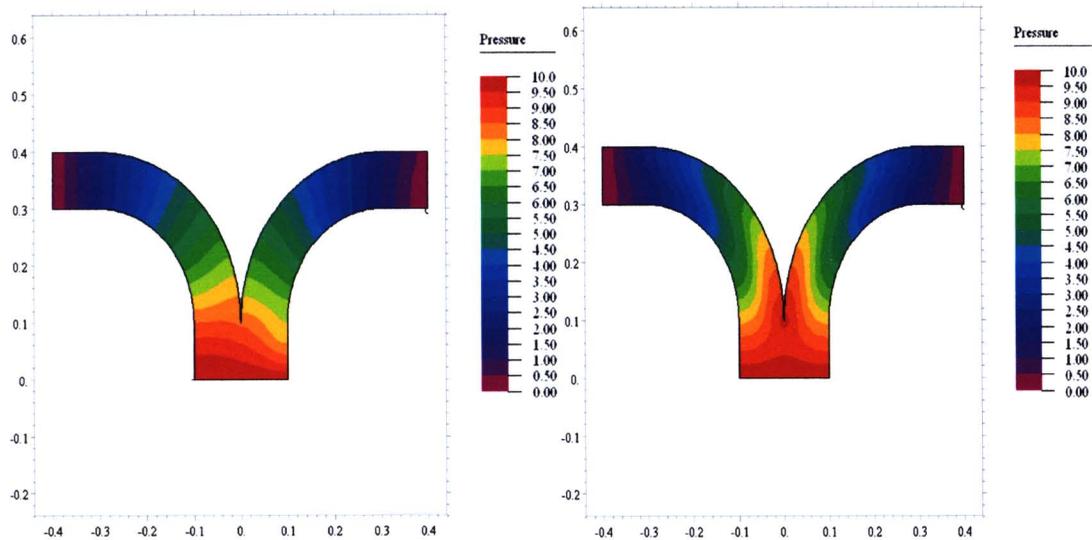


(9)

ภาพที่ 4.19 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 5 (ต่อ)

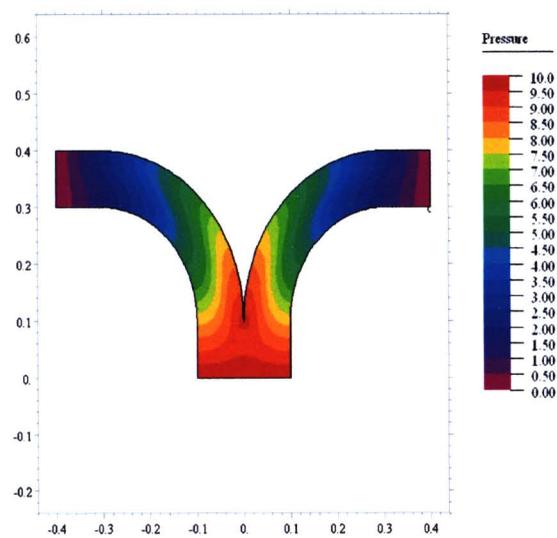
- (7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05
- (8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50
- (9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.6 โดเมนแบบที่ 6



(1)

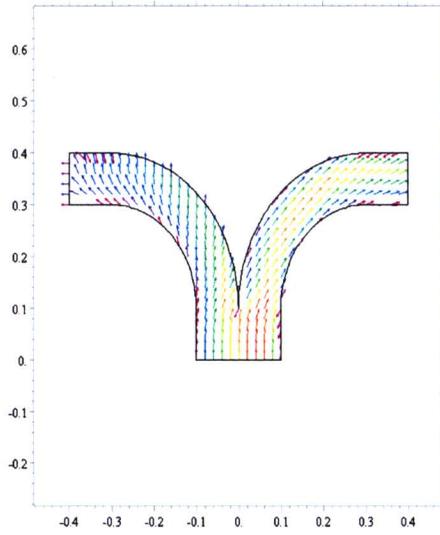
(2)



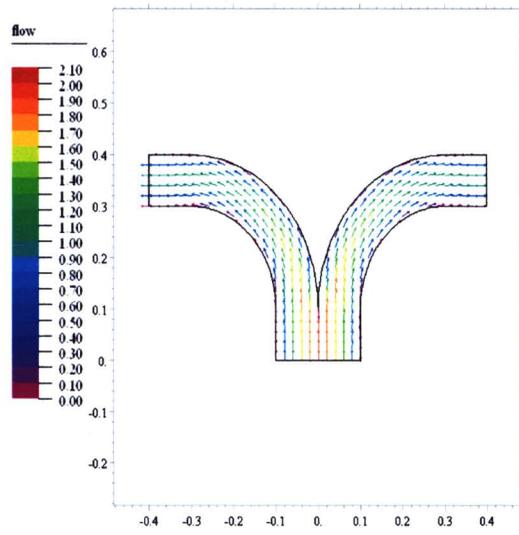
(3)

ภาพที่ 4.20 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 6

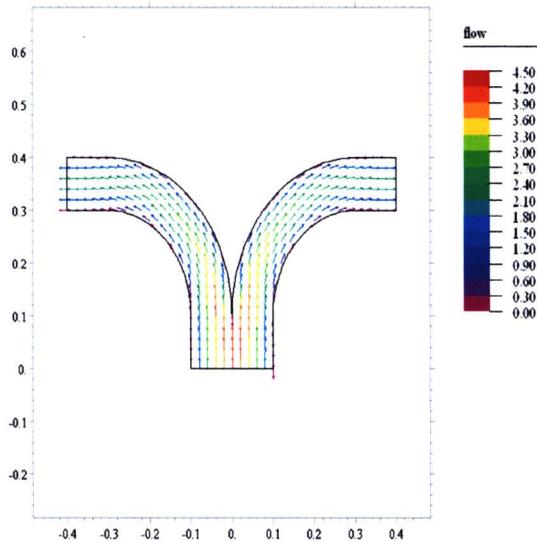
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



(6)

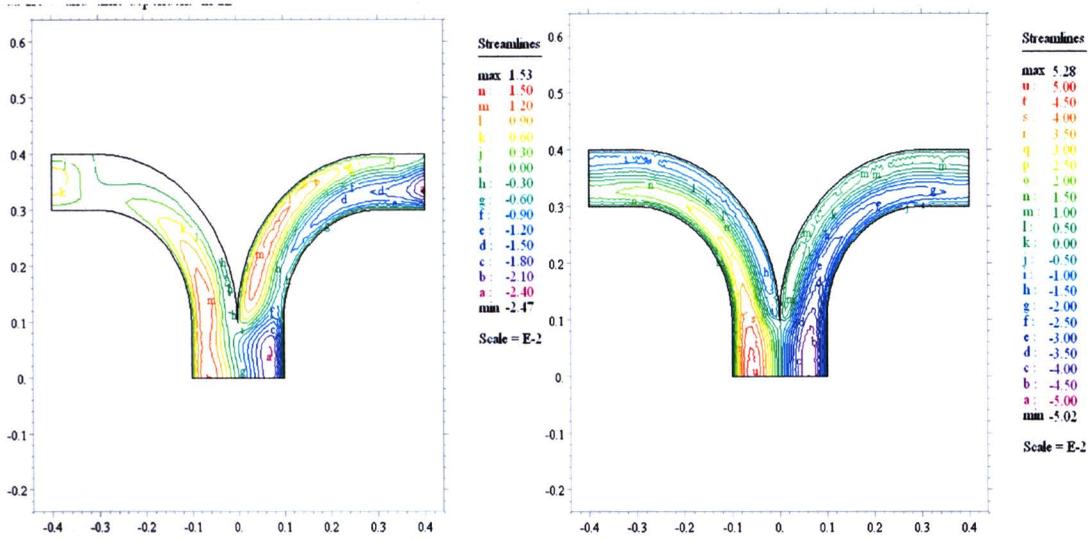


ภาพที่ 4.20 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 6 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

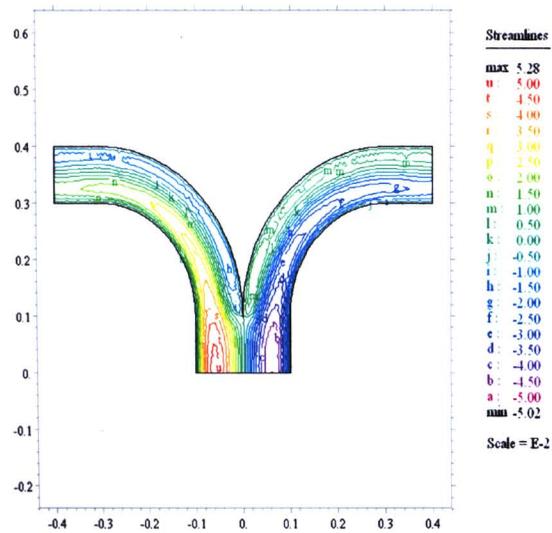
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

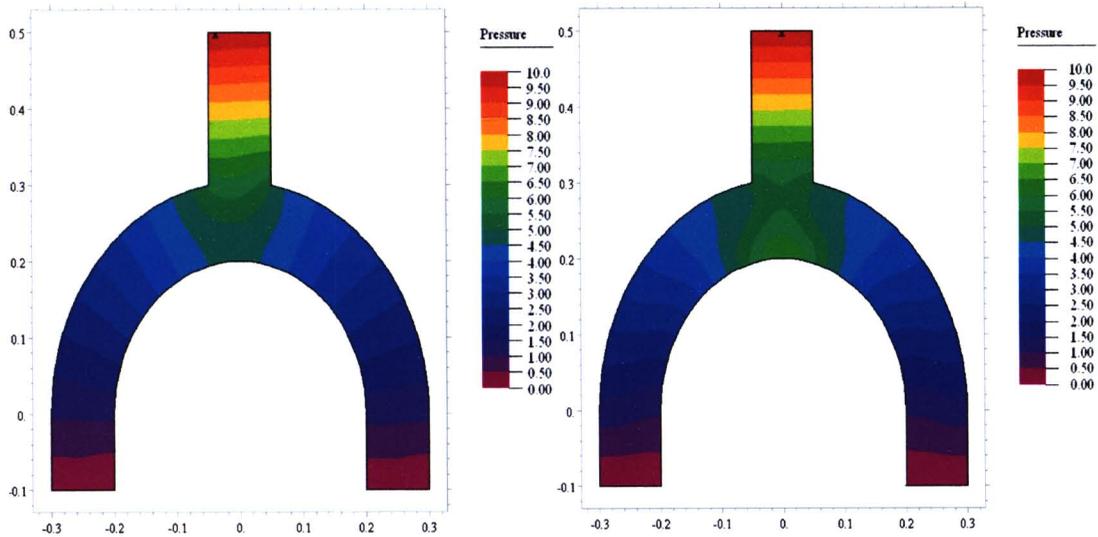
ภาพที่ 4.20 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 6 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

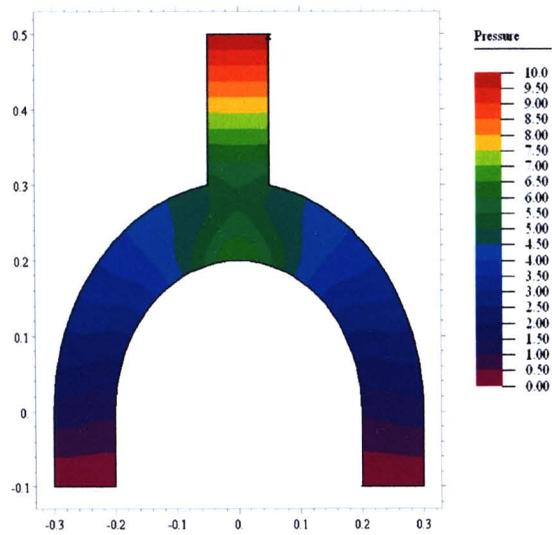
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.7 โดเมนแบบที่ 7



(1)

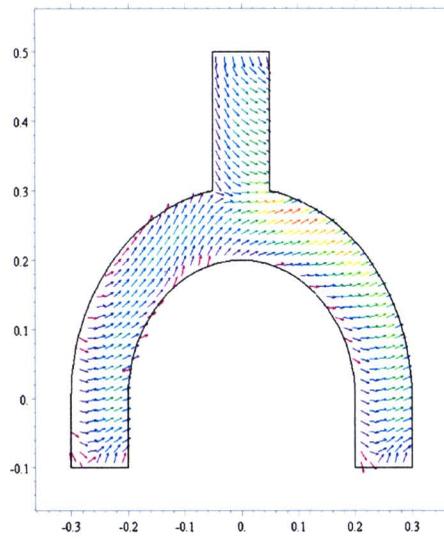
(2)



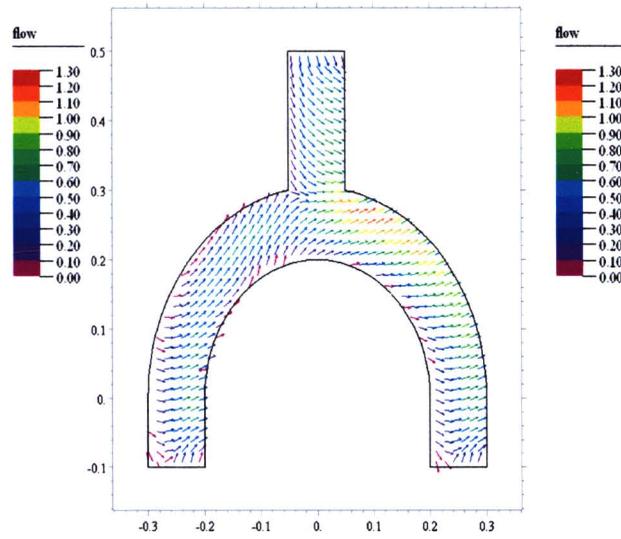
(3)

ภาพที่ 4.21 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 7

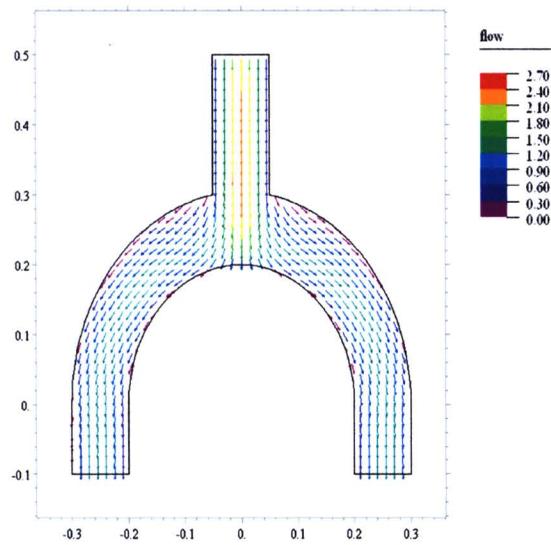
- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)



(5)



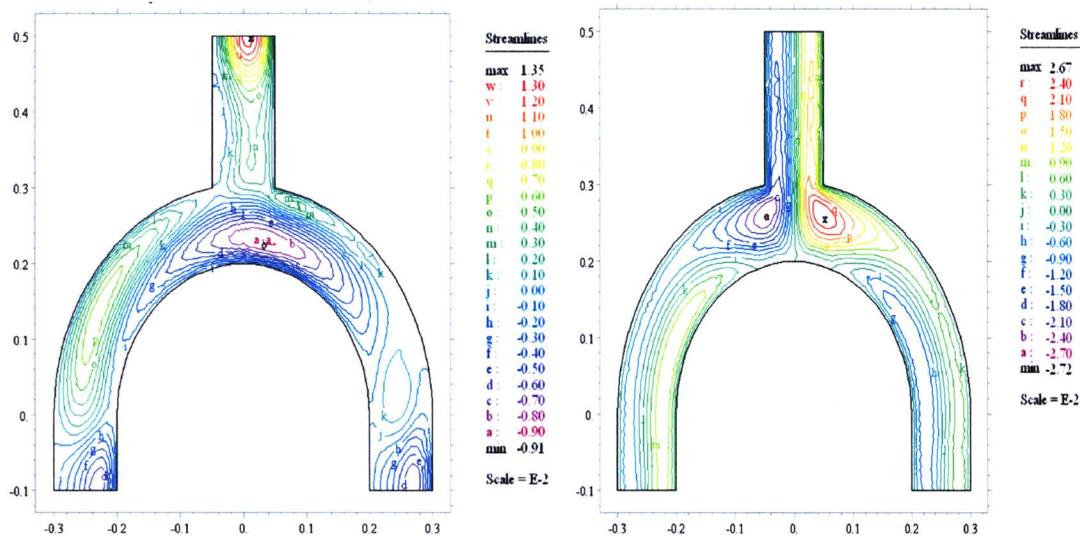
(6)

ภาพที่ 4.21 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 7 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

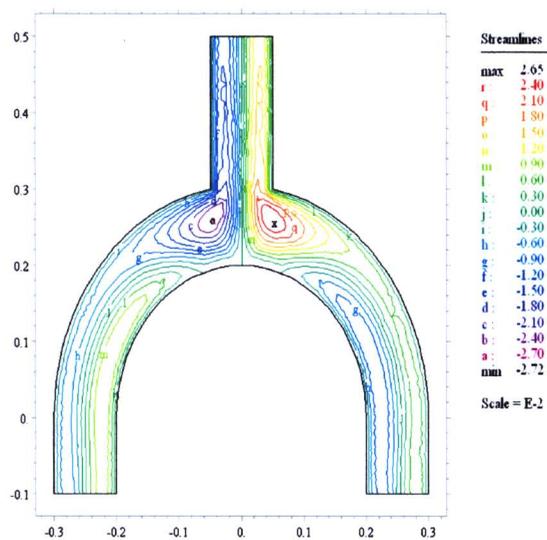
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

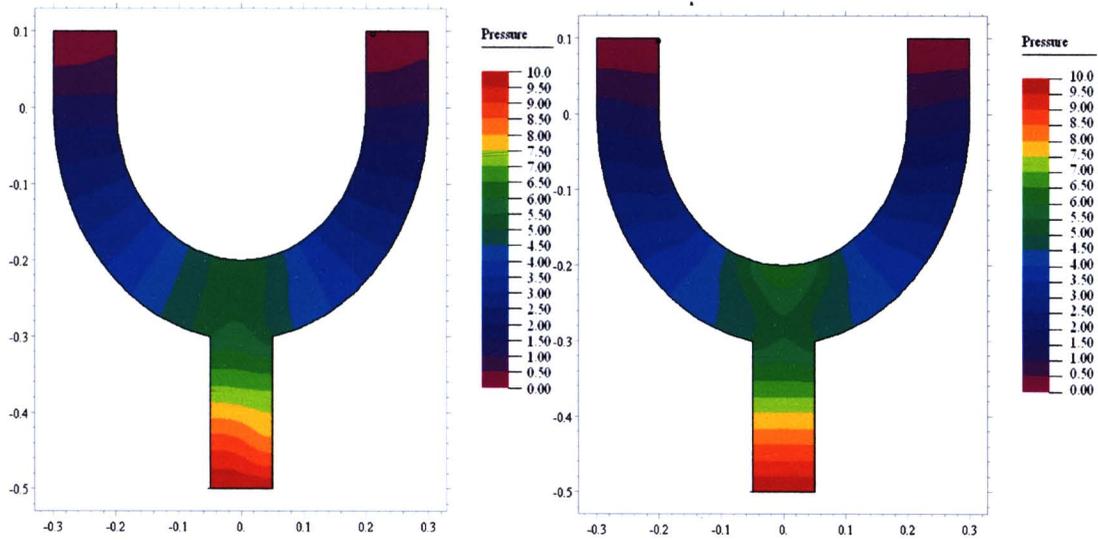
ภาพที่ 4.21 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 7 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

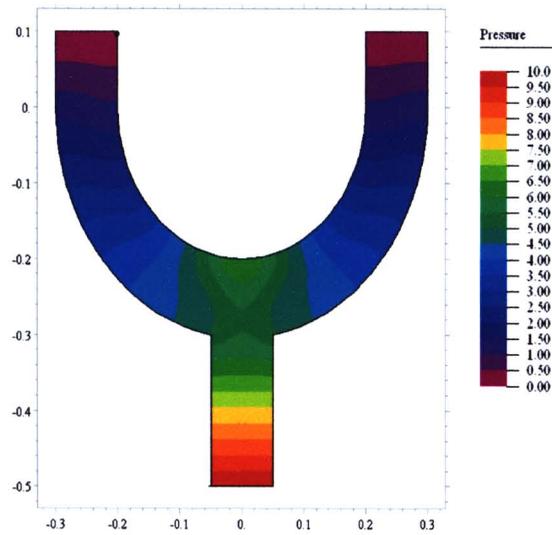
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.8 โดเมนแบบที่ 8



(1)

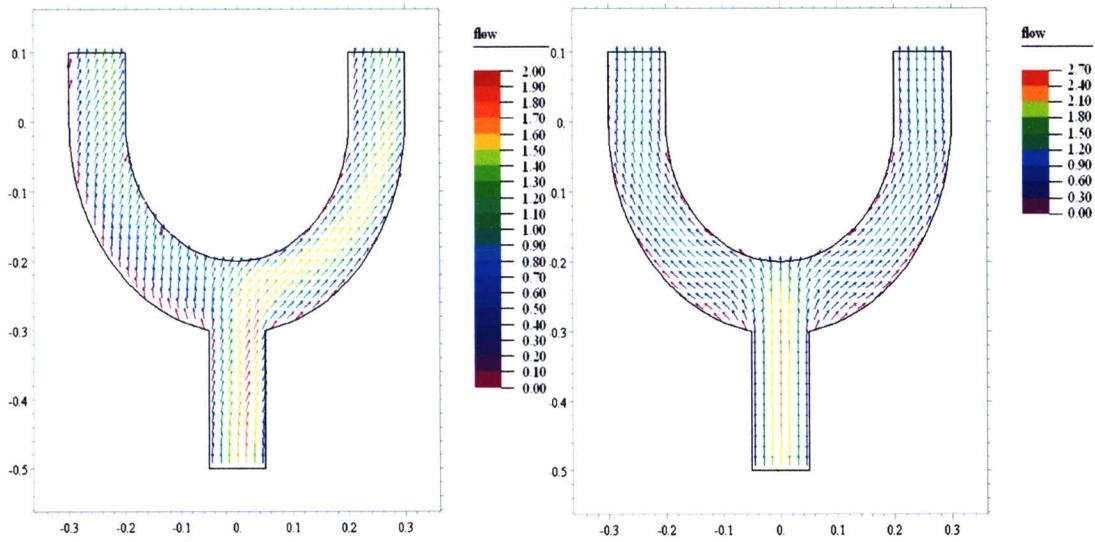
(2)



(3)

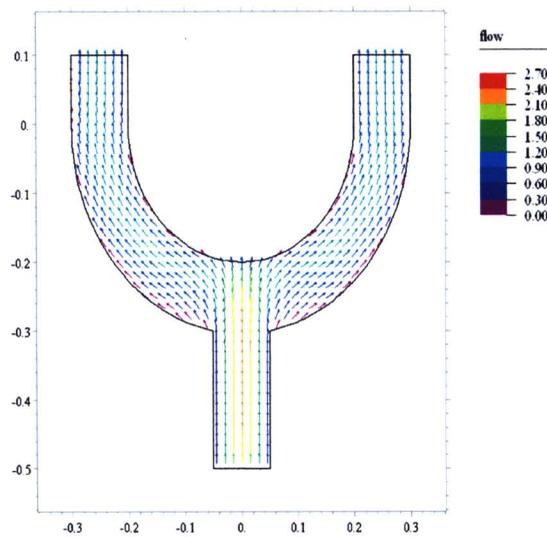
ภาพที่ 4.22 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 8

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



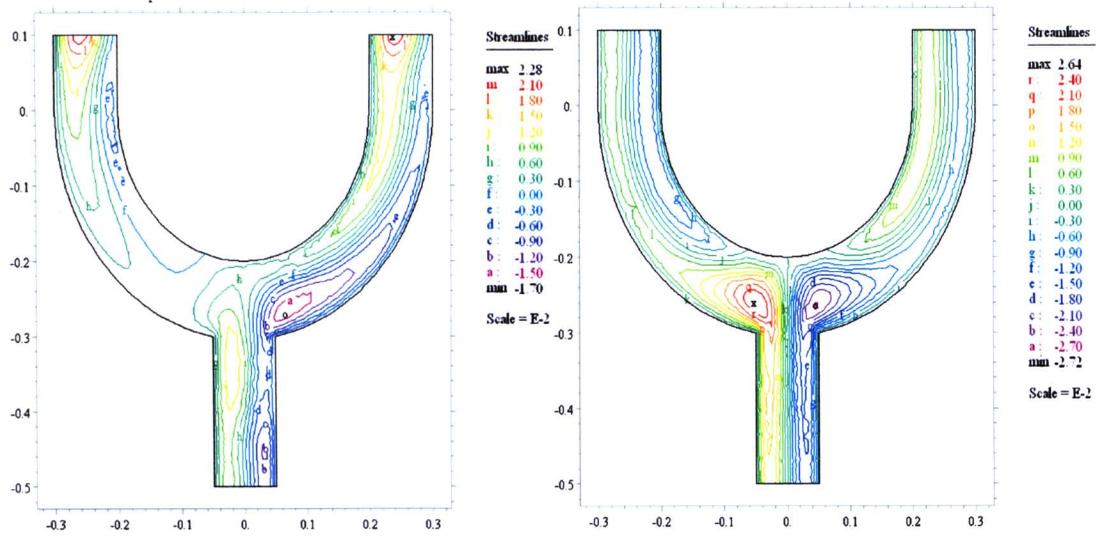
(6)

ภาพที่ 4.22 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 8 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

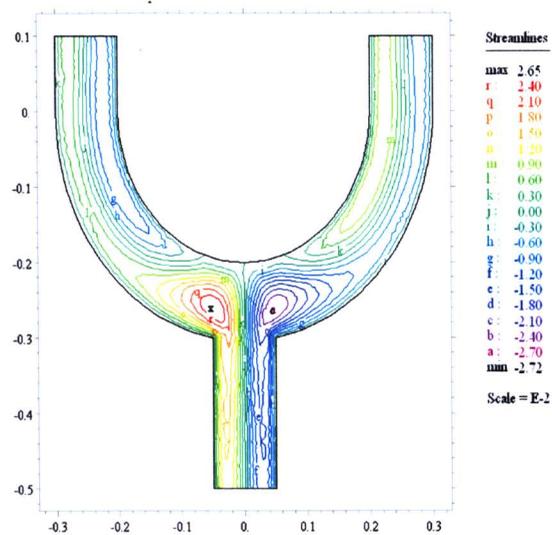
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

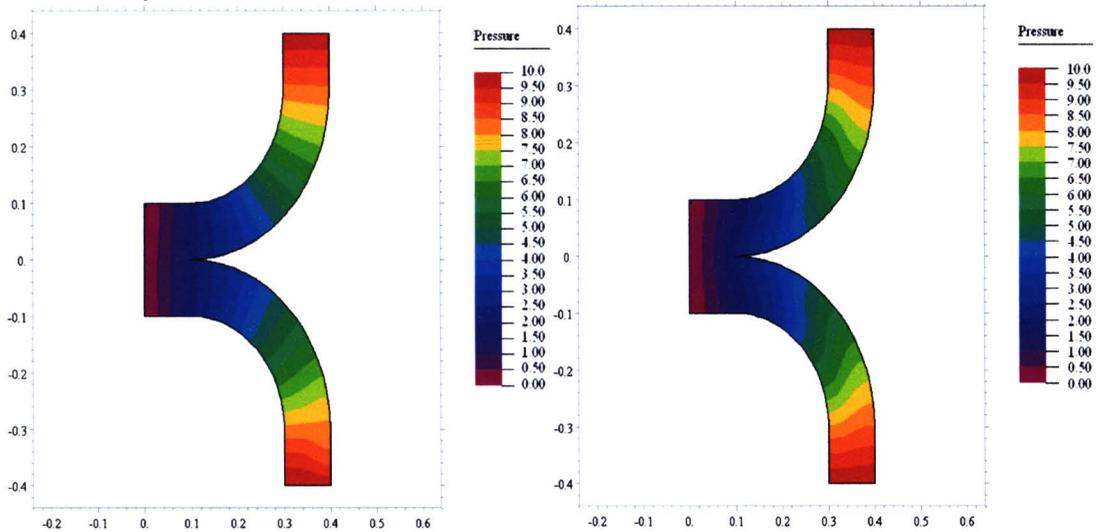
ภาพที่ 4.22 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 8 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

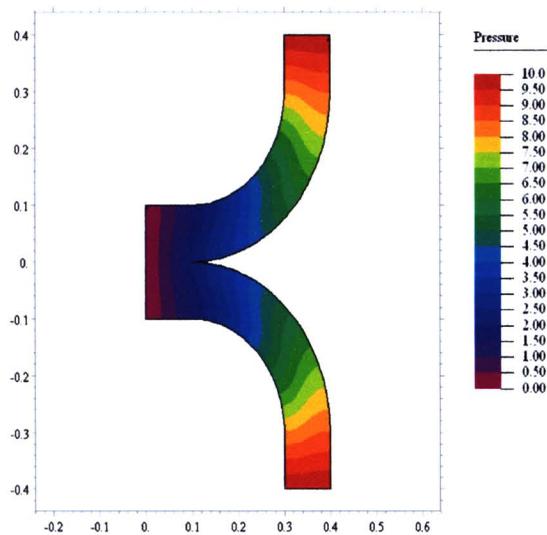
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.9 โดเมนแบบที่ 9



(1)

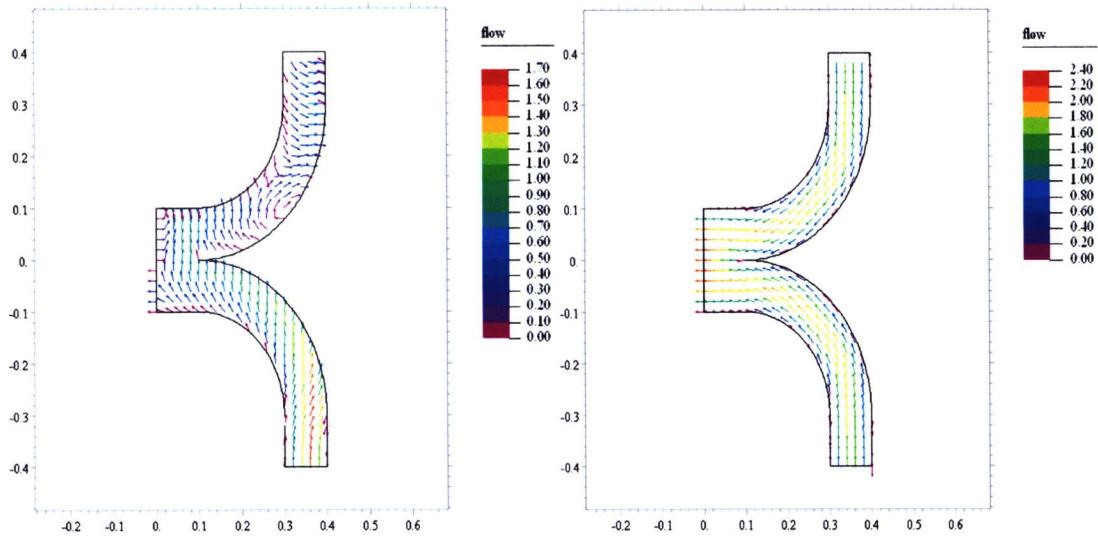
(2)



(3)

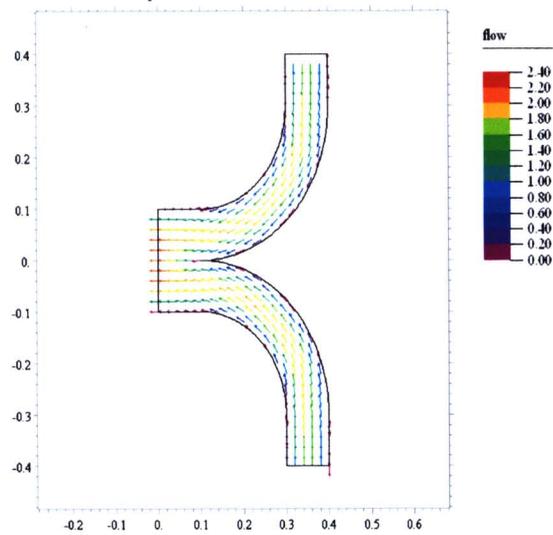
ภาพที่ 4.23 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ใน โดเมนแบบที่ 9

- (1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05
- (2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50
- (3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



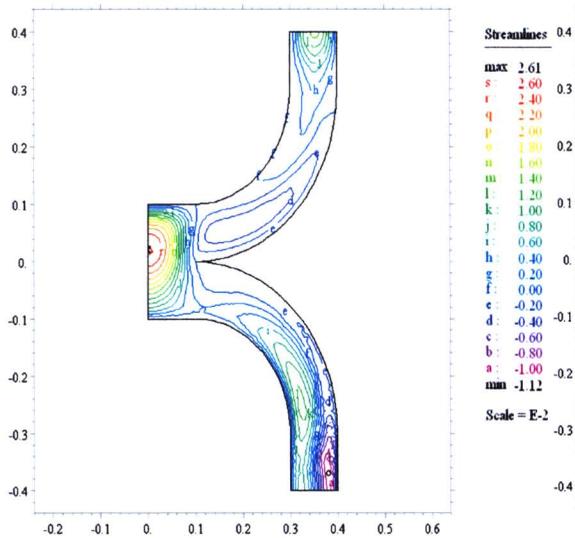
(6)

ภาพที่ 4.23 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 9 (ต่อ)

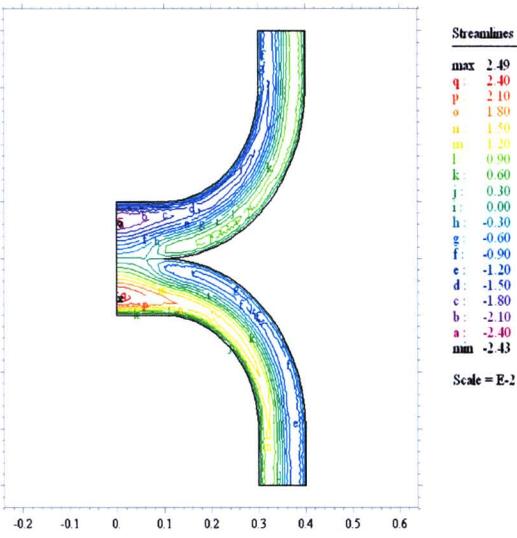
(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

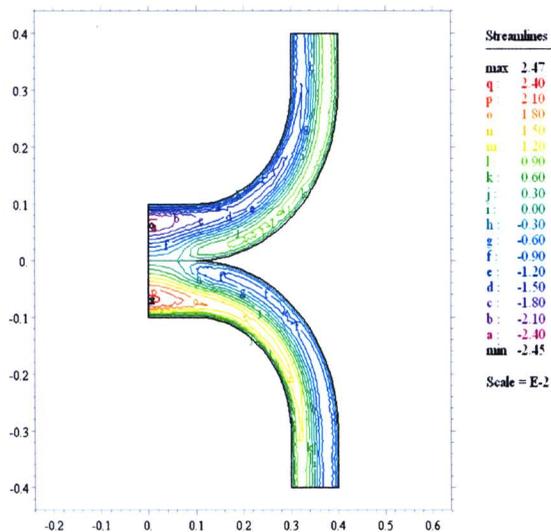
(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)



(8)



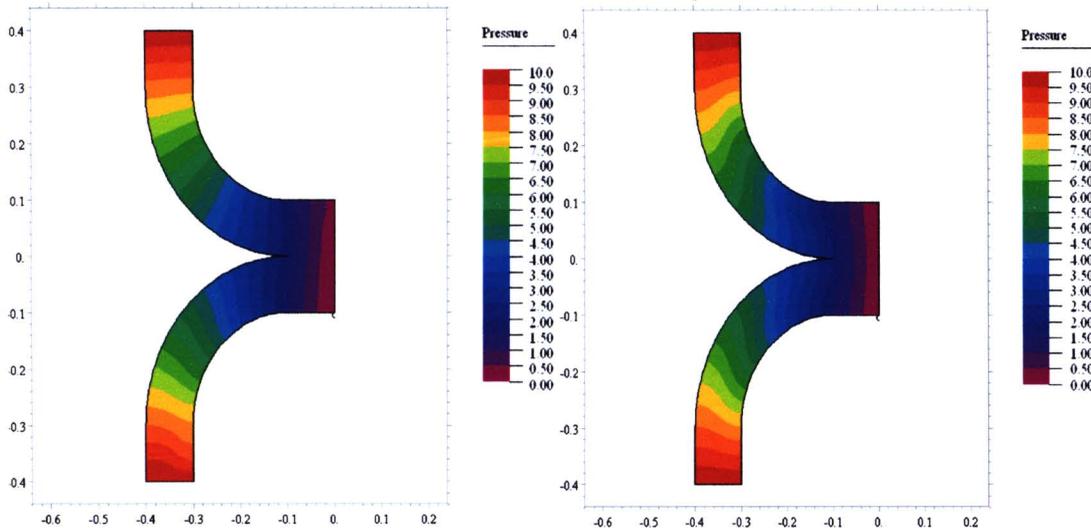
(9)



ภาพที่ 4.23 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 9 (ต่อ)

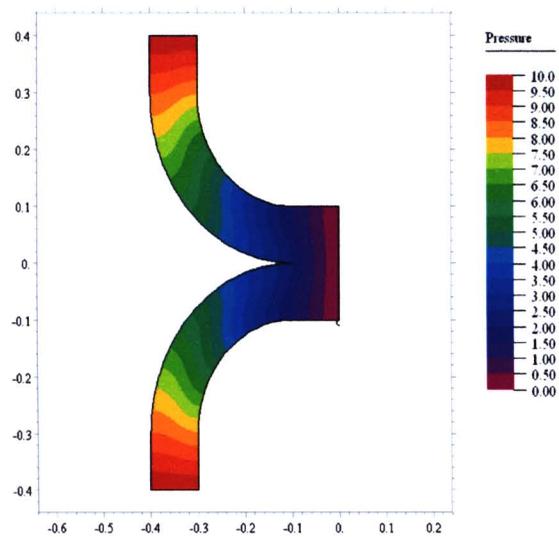
- (7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05
- (8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50
- (9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.10 โดเมนแบบที่ 10



(1)

(2)



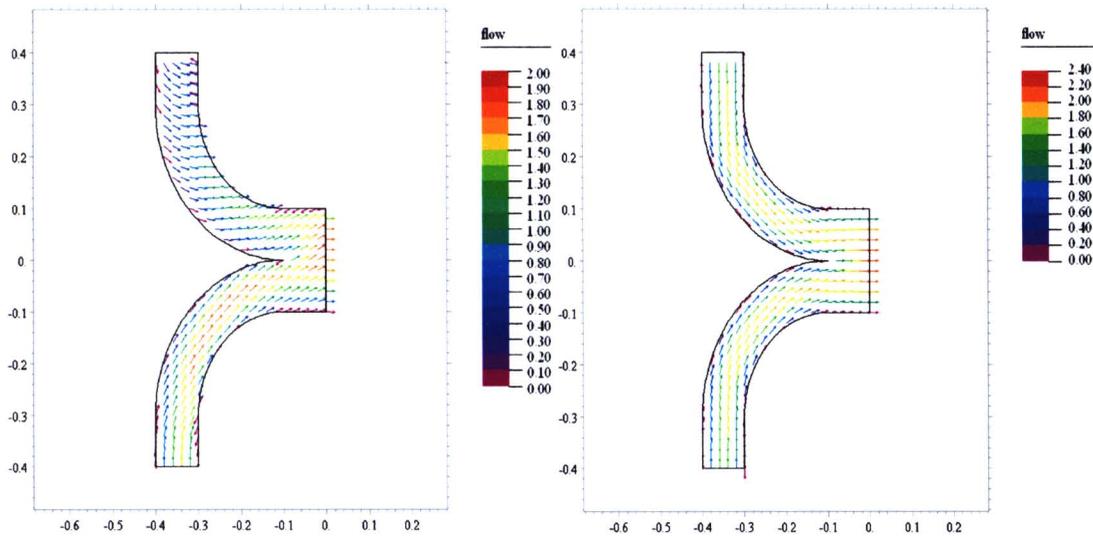
(3)

ภาพที่ 4.24 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 10

(1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05

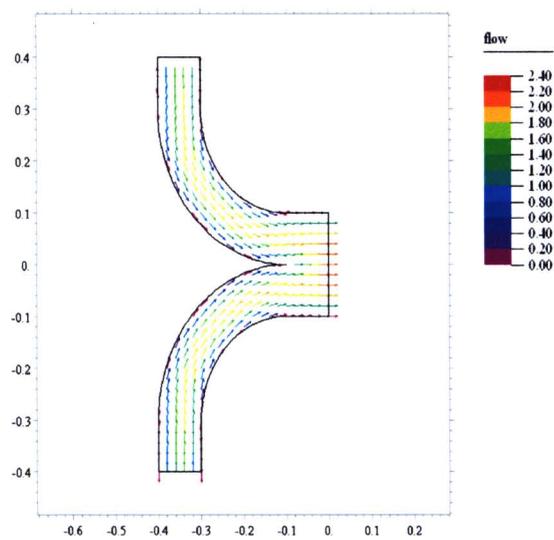
(2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50

(3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



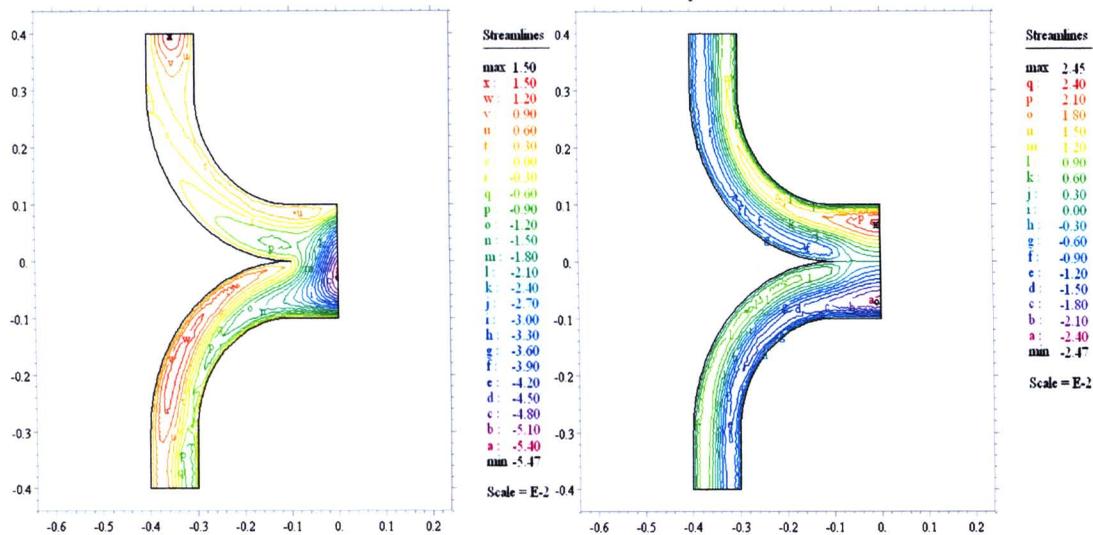
(6)

ภาพที่ 4.24 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 10 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

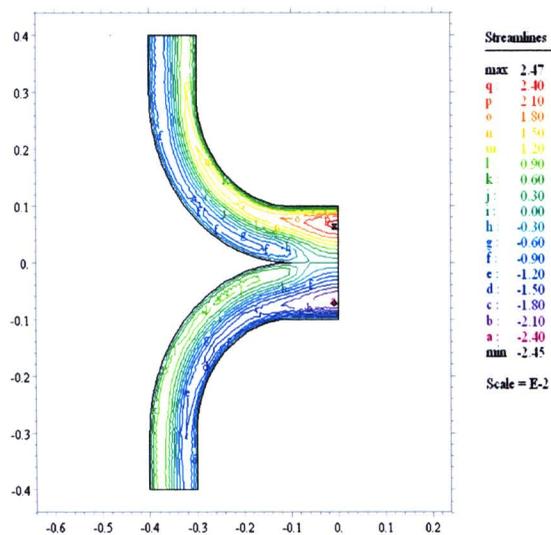
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

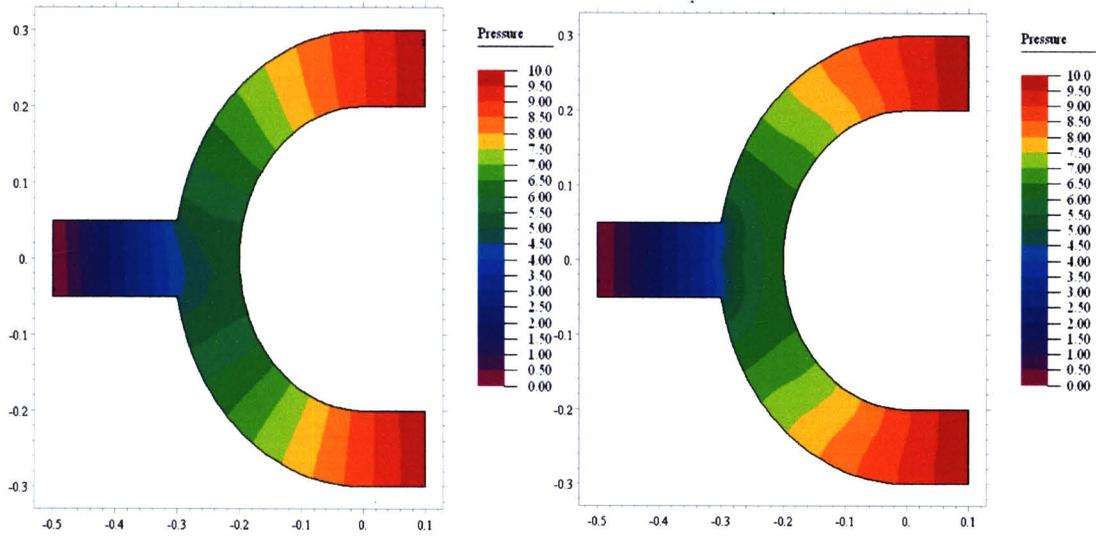
ภาพที่ 4.24 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 10 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

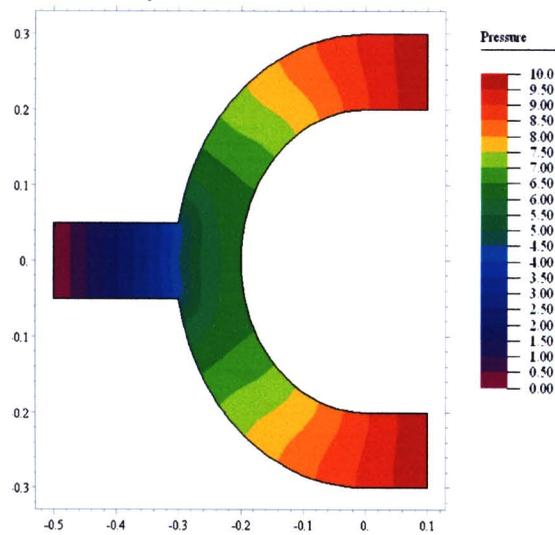
(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00

2.11 โดเมนแบบที่ 11



(1)

(2)



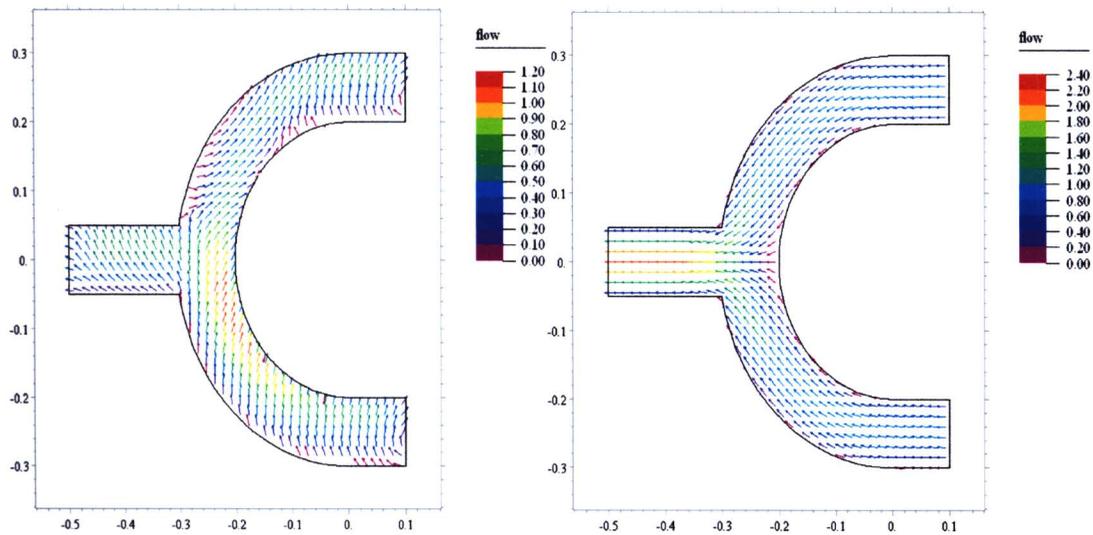
(3)

ภาพที่ 4.25 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 11

(1) ความดันของการไหลที่เวลา 0.05

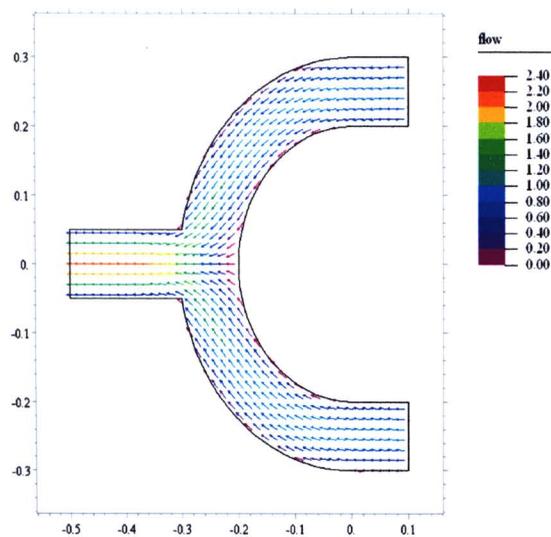
(2) ความดันของการไหลที่เวลา 0.50

(3) ความดันของการไหลที่เวลา 1.00



(4)

(5)



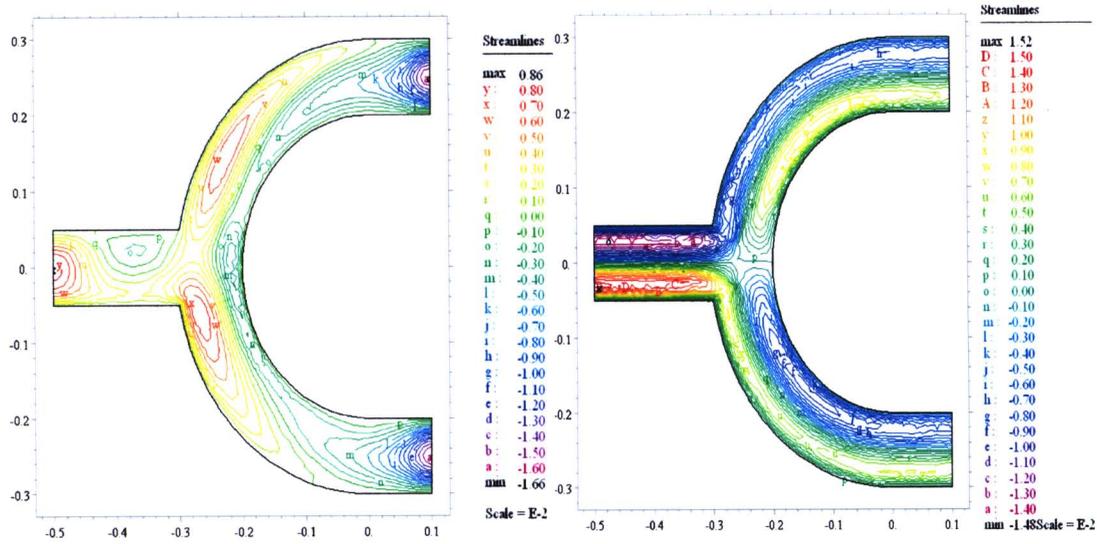
(6)

ภาพที่ 4.25 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 11 (ต่อ)

(4) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.05

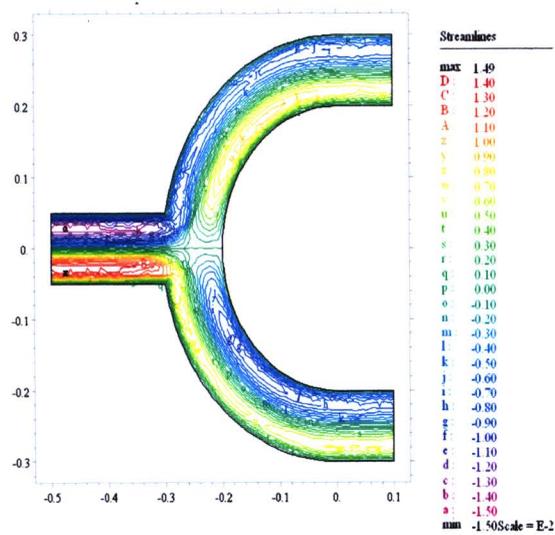
(5) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 0.50

(6) เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่เวลา 1.00



(7)

(8)



(9)

ภาพที่ 4.25 แบบจำลองการไหลของของไหลที่ $Re=100$ ในโดเมนแบบที่ 11 (ต่อ)

(7) สายธารการไหลที่เวลา 0.05

(8) สายธารการไหลที่เวลา 0.50

(9) สายธารการไหลที่เวลา 1.00



3. อภิปรายผล

จากการศึกษาถึงลักษณะการไหลของของไหลที่มีความหนืดและเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา มีประเด็นที่น่าสนใจนำมาอภิปรายผลการทดลองได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 การแบ่งขอบเขตออกเป็นสมาชิกย่อยๆ โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณในวิทยานิพนธ์เล่มนี้คือโปรแกรม FlexPDE 5.1.0s Student Version ในการแบ่งสมาชิกย่อยๆ นั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณพร้อมทั้งแบ่งสมาชิกย่อยให้เองโดยอัตโนมัติตามความเหมาะสมของโดเมนที่ใช้ศึกษาซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน 14 โดเมน

3.2 เวลาที่ใช้แสดงลักษณะการไหลกำหนด 3 เวลาคือ 0.05, 0.50 และ 1.00 กำหนดเวลาให้เหมือนกันทั้ง 14 โดเมน การที่เลือกเวลาในช่วงนี้เนื่องจากว่าในภาพรวม ลักษณะการไหลที่เวลานี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดจึงทำให้ผู้วิจัยใช้เวลาทั้ง 3 นาเสนอในงานวิจัย และเลขเรย์โนลด์ที่ใช้ กำหนดให้มีค่าเป็น 10 และ 100 เพื่อทำการเปรียบเทียบโดยของไหลที่มีเรย์โนลด์ต่ำ ($Re=10$) จะไหลช้ากว่าของไหลที่มีเรย์โนลด์สูง ($Re=100$) ศึกษาที่เวลาเดียวกัน การที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้เนื่องจากค่าเรย์โนลด์มีความสัมพันธ์กับความหนืดของไหลที่มีค่าเรย์โนลด์สูงจะมีความหนืดน้อยจึงทำให้ไหลเร็วกว่าของไหลที่มีเรย์โนลด์ต่ำ ความหนืดเป็นค่าที่ต้านทานการไหลนั่นเอง

3.3 เวกเตอร์ความเร็วของการไหล แสดงถึงลักษณะทิศทางการไหลและความเร็วที่เกิดขึ้นจากการไหล บริเวณส่วนกลางของโดเมนของไหลจะไหลเร็วกว่าเมื่อเปรียบกับขอบที่ติดผนังของโดเมน

3.4 ความดัน บริเวณที่ของไหลไหลเข้ามาในโดเมนและบริเวณที่ของไหลเกิดการไหลแยกจะมีความดันสูงกว่าบริเวณอื่นๆ และจะค่อยๆ ลดค่าลงจนถึงบริเวณที่ของไหลไหลออกจากโดเมน

3.5 สายธารการไหล บริเวณที่การไหลมีความดันต่ำสายธารการไหลจะไหลเป็นระเบียบ ลักษณะเส้นสายธารของการไหลที่พบมีการหมุนวนน้อย ตรงกันข้ามกับบริเวณที่ของไหลมีความดันสูงเส้นสายธารการไหลที่พบจะมีลักษณะไม่เป็นระเบียบ