

CHƯƠNG 5
ÁP DỤNG ÁP SUẤT ĐỘNG
TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC

(Application of Velocity Pressures in Hydraulic Calculations)

MỤC LỤC

Mục tiêu	84
Phần 1	
Áp suất động (Velocity Pressure).....	85
Phương pháp tính toán	87
Tóm lược	90
Bài tập	92

CHƯƠNG 5

ÁP DỤNG ÁP SUẤT ĐỘNG TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC

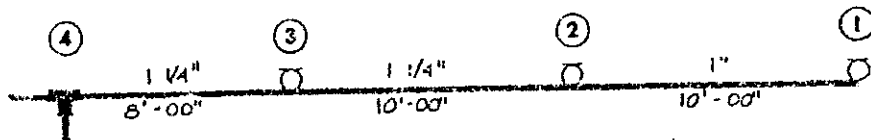
PHẦN 1

ÁP SUẤT ĐỘNG

(Velocity Pressure)

Xem hình 5-1. Đây là một đoạn nhánh ngắn. Tại node 1, có một đầu phun mở (open sprinkler). Tất cả áp suất trong ống tại điểm đó được biến đổi để làm nước chảy ra khỏi đầu phun. (ống thép sch.40)

Tại node 2, một đầu phun khác xả ra, nhưng một phần khác của áp suất tổng cộng được dùng để đẩy nước theo đường ống tới node 1. Đây gọi là “áp suất vận tốc” hay áp suất “động” (Velocity Pressure).



Hình 5-1 Discharge ở đầu cuối = 26 gpm
Đường nhánh C = 120
K = 5,7

Áp suất tổng cộng $P_{(t)}$ tại mỗi điểm trong ống gồm có áp suất vận tốc (P_v) cộng với áp suất thẳng góc hay áp suất ngang (normal pressure, (P_n))

Áp suất ngang tác dụng lên đầu phun gây ra sự xả (discharge).

Có thể viết như sau:

$$P_t = P_n + P_v$$

P_t = áp suất tổng cộng

P_n = áp suất ngang

P_v = áp suất động

Nên nhớ, tất cả áp suất (P_t) tác dụng lên đầu phun tại cuối ống và đây là áp suất được dùng trong công thức $q = K\sqrt{P}$. Còn đối với tất cả các đầu chảy khác

trong đường ống, “P” trong công thức “discharge” không kể tới áp suất động, vì áp suất động tác dụng song song với thành ống. Áp suất tổng cộng trừ cho áp suất động được gọi là áp suất thẳng góc hay áp suất ngang (P_n) (normal pressure). Đây mới là áp suất dùng để tính lượng nước chảy ra tại các đầu phun khác với đầu phun cuối ống.

$$P_t = P_n + P_v.$$

$$\text{Vậy } P_n = P_t - P_v.$$

Từ phương trình Bernoulli, đó là nguyên lý hay định lý Bernoulli dưới dạng sau:

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Trong đó: $\frac{P}{W}$ = gọi là pressure head (ft), tác dụng thẳng góc với tường của ống

$\frac{V^2}{2g}$ = velocity head (ft), tác dụng song song với thành ống.

Để tính áp suất động, cần đổi cột áp động

$$\frac{v^2}{2g}$$

trong phương trình Bernoulli (ft) ra dạng áp suất psi:

$$\frac{62,4}{144} \times \frac{v^2}{2g}$$

Ngoài ra, $Q = av$

$$\text{nên } v = \frac{Q}{a} \quad \text{với } Q = \text{ft}^3/\text{s}$$

$$\text{Đổi ra } Q (\text{gpm}) = \frac{Q (\text{ft}^3 / \text{s})}{60 \times 7,4805}$$

$$\text{với } a = \frac{\pi d^2}{4} \left(d_{\text{in}} = \frac{d_{\text{ft}}}{12} \right)$$

$$\text{nên } a = \frac{\pi (d/12)^2}{4}$$

$$\text{Thay vào } v = \frac{Q}{a} = \frac{Q}{\frac{\pi (d/12)^2}{4}}$$

$$= \frac{4 \times 144 Q}{60 \times 7,4805 \times \pi d^2} = \frac{576Q}{448,83\pi d^2}$$

Và
$$P_v = \frac{62,4}{144} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$= \frac{62,4}{144} \times \frac{\left(\frac{576Q}{448,83\pi d^2} \right)^2}{2 \times 32,2}$$

$$= 0,001123 \frac{Q^2}{d^4}$$

Vậy áp suất động được tính theo công thức:

$$P_v = 0,001123 \times \frac{Q^2}{d^4}$$

Q = lưu lượng trong ống feeder tới nozzle

D = đường kính trong của nozzle.

Áp suất động được dùng trong ống:

- Dẫn nước tới đầu phun đang xả hay
- Trong một ống dẫn tới đường nhánh đang xả khi hệ số K đang dùng.

Áp suất động chỉ được dùng khi mật độ cao và discharge ở cuối ống đã được dự tính trước (thường trên 25 gpm mỗi đầu phun).

Phương pháp tính toán

Phần sau đây diễn tả cách tính toán cho hình 5-1. Lại nữa, tự làm phép tính toán theo các bước nêu ra. Xong so sánh với hình 5-2.

Để tính nhánh này dùng áp suất động, trước hết ta tính lưu lượng và áp suất tại đầu cuối.

Trên Calculation sheet, ghi node 1

1. $q_{nh\ddot{o}} = 26,0 \text{ gpm}$

Vậy $Q_{l\ddot{o}n}$ cũng bằng = 26,0 gpm

2. Tính áp suất tổng cộng:

$$P = \left[\frac{q}{K} \right]^2 = \left(\frac{26}{5,7} \right)^2 = 20,81 \text{ psi}$$

Đưa số này vào P_t ở “pressure required”.

3. Tính độ mất áp ma sát trở lùi tới node 2 (dùng công thức Hazen-Williams) cho 22,92 psi tại đầu phun kế.

4. Đây là áp suất tổng cộng (P_t) nhưng không thể dùng nó để tính discharge vì discharge được gây nên do áp suất ngang (P_n). Để tính áp suất ngang ta phải lấy áp suất tổng trừ cho áp suất động trong đường ống dẫn tới node. Nhưng ta cần biết lưu lượng tổng cộng trong ống feeder để có thể tính áp suất động và để được như vậy, ta phải biết lượng discharge từ node.

Để làm thế, ta phải dùng “trick”. Ta đoán discharge từ node, cộng vào discharge của node cuối và tính áp suất động trong ống. Bằng cách trừ áp suất động ước tính này, ta có thể tiến tới một áp suất ngang ước tính. Nếu ước đoán của ta là đúng, thì discharge sẽ giống y như ta tính nó mà dùng áp suất ngang ước tính.

Ta thử ước đoán discharge tại node 2 là 28,0 gpm. Có lẽ, hợp lý vì nó hơi cao hơn discharge đầu cuối vì gần nguồn hơn.

Bây giờ lượng chảy tổng cộng trong ống dẫn tới node sẽ là:

$$26,0 + 28,0 = 54,0 \text{ gpm.}$$

5. Tính áp suất động theo:

$$\begin{aligned} P_v &= 0,001123 \times \frac{Q^2}{d^4} \\ &= 0,001123 \times \frac{54,0^2}{1,38^4} \\ &= 0,001123 \times \frac{2.916}{3,6267} \\ &= 0,903 \end{aligned}$$

6. Dùng viết chì đưa trị số này vào P_v ở cột “Normal Pressure” và trừ nó với 22,92 ta sẽ có P_n giả thiết 22,017 psi.

7. Discharge là:

$$\begin{aligned} q &= K\sqrt{P} \\ &= K\sqrt{22,017} \\ &= 5,7 \times \sqrt{22,017} \\ &= 26,75 \text{ gpm} \\ &\text{(hơi nhỏ hơn đoán 28,0 gpm)} \end{aligned}$$

8. Bây giờ hãy dùng discharge này để thử trở lại.

Lưu lượng tổng cộng sẽ là:

$$26,0 + 26,75 = 52,75 \text{ gpm}$$

Cho ta áp suất động là:

$$\begin{aligned} P_v &= 0,001123 \times \frac{Q^2}{d^4} \\ &= 0,001123 \times \frac{52,75^2}{1,38^4} \\ &= 0,862 \text{ psi} \end{aligned}$$

9. Đem trừ với 22,92 ta được P_n giả thiết là 22,06 psi và dùng nó để tính discharge:

$$\begin{aligned} d &= K\sqrt{P} \\ &= 5,7\sqrt{22,06} \\ &= 26,77 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Số này rất gần với giả sử lần thứ hai 26,75 gpm. Thường thì làm việc cho sai số $\pm 0,1$ gpm.

10. Điều chỉnh lại số ghi bằng viết chì, và ghi lại bằng mực cho trị số mới.

11. Cộng độ mất ma sát từ node 2 vào node 3 trên giấy dùng lưu lượng tổng cộng mới trong ống 52,8 gpm và cho áp suất tổng cộng mới tại node 3 là 24,98 psi. Bây giờ đi suốt qua tính toán trở lại.

12. Hãy đoán discharge tại node 3 là 27,0 gpm. Nó cho lưu lượng trong ống dẫn tới node 3 là 79,8 gpm.

13. Tính áp suất động, dùng lưu lượng này.

$$\begin{aligned} P_v &= 0,001123 \times \frac{Q^2}{d^4} \\ &= 0,001123 \times \frac{79,8^2}{1,38^4} \\ &= 1,972 \text{ psi} \end{aligned}$$

14. Ghi xuống bằng viết chì và trừ cho 24,98 sẽ có P_n là 23,0 psi.

15. Dùng số này để có lưu lượng tổng cộng 27,3 gpm, hơi cao. Vậy dùng lượng chảy này để làm lại từ đầu với tải tổng cộng 80,1 gpm. Cho ta áp suất động 1,99 psi và áp suất ngang 22,99 psi.

Cái này cho ta lưu lượng từ node 3 với 27,33 gpm gần với giả dụ lần hai và có thể được dùng.

16. Chỉnh lại tất cả các notes chì. Ghi lại mực các trị số thực.

17. Bây giờ ta tính lưu lượng tới tee ở node 4 cho ta số tổng cộng cho nhánh tại node 4 là 80,1 gpm @ 31,22 psi

TÓM LƯỢC

Dùng áp suất động khá công phu, tốn thì giờ và tạo một xác suất sai số khi dùng máy tính. Đương nhiên dùng computer thì chính xác và nhanh hơn và là dụng cụ được dùng cho các tính toán này hiện nay.

Tuy nhiên, ta phải dùng áp suất động vì lưu lượng tổng cộng sẽ ít hơn theo phương pháp này, do sprinkler demand ít hơn, cho cả lưu lượng lẫn áp suất, mà kết quả là dùng ống nhỏ hơn.

Ghi chú: Nếu discharge và lưu lượng trong ống không đủ lớn, thì vận tốc sẽ không đủ cao để minh chứng cho việc dùng áp suất động. Có điều chứng tỏ rằng khi các lưu lượng quá nhỏ thì ta thấy đầu phun cuối thứ nhì xả ra ít hơn đầu phun cuối. Nếu ta cứ tiếp tục thì điều kiện sẽ đúng như vậy vì tốc độ tăng khi càng đi lại gần nguồn. Tuy nhiên, khi điều này xảy ra, và kiểm tra lại ta có vận tốc tương đối thấp và không cần phải tính toán áp suất động nếu không cần tới. Vì cái lợi không bù lại cái thiệt thòi.

HYDRAULIC CALCULATIONS

FOR STUDENT CALCULATIONS

FILE: Cho hinh 5-1

DATE:

SHEET | OF |

CALC. BY:

NODE NUMBER	FLOW GPM - L/MIN	PIPE NOM. DIAMETE	FITTINGS & DEVICES	PIPE EQUIV. LENGTH	FRICTION LOSS - PSI/FT	REQUIRED P.S.I.		NORMAL PRESSURE		NOTES K=5,7 C=120
						Pi	Po	Pi	Po	
1	26,0	1"		Lgh 10,0	0,211	Pi 20,81	Po			$P = \left(\frac{26,0}{5,7}\right)^2$ $= 20,81$
	26,0			Fi		Pv				
	26,0			Tot 10,0		Po	Pn			
2	26,8	1/4"		Lgh 10,0	0,206	Pi 22,92	Pi 22,92			$w_{sc} = 28,0$ $26,7$
	52,8			Fi		Pv 0,86				
	52,8			Tot 10,0		Po	Pn 22,06			
3	27,3	1/4"	TEE	Lgh 8,0	0,446	Pi 24,98	Pi 24,98			$w_{sc} = 27,0$ $27,3$
	80,1			Fi 6,0		Pv 1,99				
	80,1			Tot 14,0		Po	Pn 22,99			
4	↓			Lgh		Pi 31,22	Pi			
	80,1			Fi		Pv				
	80,1			Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			
				Lgh		Pi	Pi			
				Fi		Pi	Pv			
				Tot		Po	Pn			

Hinh 5-2
Calculation sheet



HYDRAULIC CALCULATIONS

FOR STUDENT CALCULATION

FILE *Che hinh 5-1*
 SHEET 1 OF 1

DATE
 CALC BY

NODE NUMBER	FLOW GPM - L/MIN	PIPE NOM. DIAMETE.	FITTINGS & DEVICES	PIPE EQUIV. LENGTH	FRICTION LOSS - PSI/FT	REQUIRED P.S.I.	NORMAL PRESSURE	NOTES
1	26,0	1"		L _{eq} 10,0	0,211	P ₁ 20,81	P ₂	$K = 5,7 \quad C = 120$ $P = \left(\frac{26,0}{5,7}\right)^2$ $= 20,81$
	26,0		F ₁ —	P ₁ 2,11		P ₂		
	26,0		T ₁ 10,0	P ₂ —		P ₃		
2	26,8	1 1/4"		L _{eq} 10,0	0,206	P ₁ 22,92	P ₂ 22,92	$W_{acc} = 28,0$ $26,7$
	52,8		F ₁ —	P ₁ 2,06		P ₂ 0,86		
	52,8		T ₁ 10,0	P ₂ —		P ₃ 22,06		
3	27,3	1 1/4"	TEE	L _{eq} 8,0	0,446	P ₁ 24,98	P ₂ 24,98	$W_{acc} = 27,0$ $27,3$
	80,1			F ₁ 6,0		P ₁ 6,24	P ₂ 1,99	
	80,1			T ₁ 14,0		P ₂ —	P ₃ 22,99	
4	↓			L _{eq}		P ₁ 31,22	P ₂	
	80,1			F ₁		P ₁	P ₂	
	80,1			T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	
				L _{eq}		P ₁	P ₂	
				F ₁		P ₁	P ₂	
				T ₁		P ₂	P ₃	

*Hinh 5-2
 Calculation sheet*

BÀI TẬP

Dùng cách tính trước đây cho hệ thống như hình 5.3. $K = 5,7$, $C = 100$ và lượng chảy tại đầu cuối là 30 gpm (ống sch. 40).

Hãy tính tải yêu cầu tại đáy của ống đứng (base of riser B.O.R):

- Không dùng áp suất động.
- Dùng áp suất động.

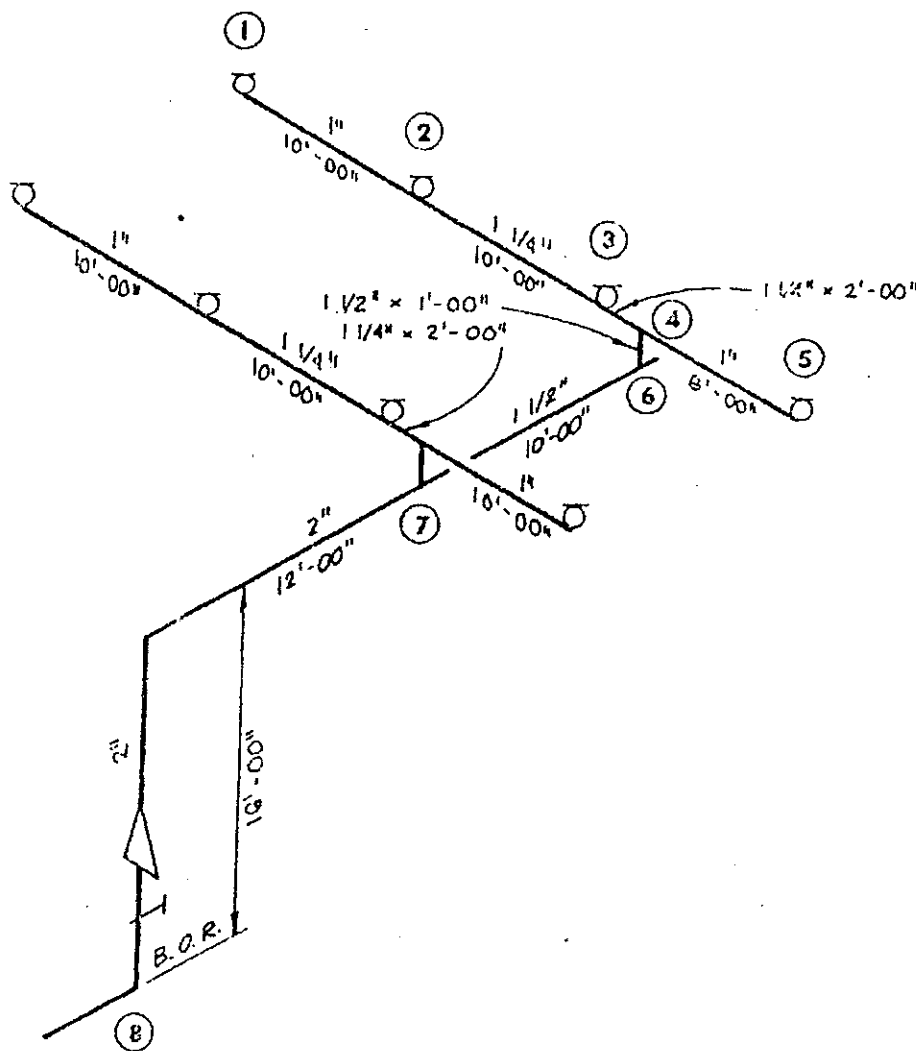


Figure 5.3
System for Self Test

See Figures 5.4 and 5.5.

HYDRAULIC CALCULATIONS

FOR FIGURE 5.3 (SELF-TEST #1)
(WITHOUT VELOCITY PRESSURE)

Job No. _____
Sheet 1 of 1
By _____
Date _____

Nozzle No.	Flows in GPM or L/sec	Pipe Size	Fitting & Devices (x0.713)	Pipe Equivalent Length	Friction Loss psi/ft or kPa/m	Pressures Required psi or kPa	Normal Pressure	Notes
1	9 30.0	1"		Lqth. 10.0	0.386	Pt. 27.7	Pt.	K=5.7 C=100 $P = \frac{(100)^2}{5.7}$ 27.7psi
	0 30.0			Fit. —		Pf. 5.86	Pv.	
				Tot. 10.0		Pe. —	Pn.	
2	9 32.0	1 1/4"		Lqth. 10.0	0.389	Pt. 51.56	Pt.	$9.57 \sqrt{31.56}$ 32.0
	0 62.0			Fit. —		Pf. 3.89	Pv.	
				Tot. 10.0		Pe. —	Pn.	
3	9 33.94	1 1/4"	TEE	Lqth. 2.0	0.373	Pt. 35.45	Pt.	$9.57 \sqrt{35.45}$ 33.94
	0 95.94			Fit. 4.78		Pf. 5.48	Pv.	
				Tot. 6.78		Pe. —	Pn.	
4	9 ↓			Lqth.		Pt. 40.93	Pt.	
	0 95.94			Fit.	Pf.	Pv.		
				Tot.	Pe.	Pn.		
5	9 30.0	1"	TEE	Lqth. 8.0	0.386	Pt. 27.7	Pt.	see note 1
	0 30.0			Fit. 4.78		Pf. 4.74	Pv.	
				Tot. 12.78		Pe. —	Pn.	
4 (95.94)	9 33.7	1 1/2"	TEE	Lqth. 1.0	0.719	Pt. 32.44	Pt. 40.93	BALANCE $Q = 30 \sqrt{\frac{40.93}{33.7}}$ 33.7
	0 129.6			Fit. 5.7		Pf. 4.82	Pv.	
				Tot. 6.7		Pe. 0.43	Pn.	
6	9 ↓	1 1/2"		Lqth. 10.0	0.719	Pt. 46.18	Pt.	K=129.6 $\sqrt{46.18}$ 19.0793
	0 129.6			Fit. —		Pf. 7.19	Pv.	
				Tot. 10.0		Pe. —	Pn.	
7	9 139.4	2"	EL CHECK GATE	Lqth. 28.0	0.821	Pt. 53.37	Pt.	$9.14 \sqrt{53.37}$ 139.58
	0 269.0			Fit. 12.12		Pf. 37.94	Pv.	
				Tot. 40.12		Pe. 6.93	Pn.	
8	9 ↓			Lqth.		Pt. 93.24	Pt.	
	0 269.0			Fit.	Pf.	Pv.		
				Tot.	Pe.	Pn.		
	9			Lqth.		Pt.	Pt.	
				Fit.	Pf.	Pv.		
	0			Tot.	Pe.	Pn.		

Figure 5.4
Calculation Sheet

HYDRAULIC CALCULATIONS

FOR FIGURE 5.3 (SELF-TEST #1)
(WITH VELOCITY PRESSURE)

Job No. _____
Sheet 1 of 1
By _____
Date _____

Nozzle No.	Flows in GPM or L/sec	Pipe Size	Fitting & Devices (x0.713)	Pipe Equivalent Length	Friction Loss psi/ft or kPa/m	Pressures Required psi or kPa	Normal Pressure	Notes K=5.7 C=100
1	9 30.0	1"		Lqth. 10.0	0.386	Pt. 27.7	Pt.	P _t (30.0) ² 5.7 27.7 psi
	0 30.0			Fit. —		Pf. 3.76	Pv.	
				Tot. 10.0		Pe. —	Pn.	
2	9 32.0	1 1/4"		Lqth. 10.0	0.388	Pt. 31.56	Pt. 31.56	K=5.7 C=100 P _t (32.0) ² 5.7 31.56 psi
	0 62.0			Fit. —		Pf. 3.78	Pv. 1.167	
				Tot. 10.0		Pe. —	Pn. 30.39	
3	9 33.76	1 1/4"		Lqth. 2.0	0.868	Pt. 35.44	Pt. 35.44	K=5.7 C=100 P _t (33.76) ² 5.7 35.44 psi
	0 95.7		Tee	Fit. 4.3		Pf. 5.47	Pv. .39	
				Tot. 6.3		Pe. —	Pn. 35.05	
4	9 ↓			Lqth.		Pt. 40.91	Pt.	
	0 95.7			Fit.	Pf.	Pv.		
				Tot.		Pe.	Pn.	
5	9 30.0	1"		Lqth. 8.0	0.386	Pt. 27.7	Pt.	see note 1
	0 30.0		Tee	Fit. 3.6		Pf. 4.5	Pv.	
				Tot. 11.6		Pe. —	Pn.	
4 9 33.8 0 95.7	9 33.8	1 1/2"		Lqth. 1.0	0.717	Pt. 32.2	Pt. 40.91	K=5.7 C=100 P _t (33.8) ² 5.7 32.2 psi
	0 129.5		Tee	Fit. 5.7		Pf. 4.8	Pv.	
				Tot. 6.7		Pe. .93	Pn.	
6	9 ↓	1 1/2"		Lqth. 10.0	0.717	Pt. 46.14	Pt.	K=5.7 C=100 P _t (129.5) ² 5.7 46.14 psi
	0 129.5			Fit. —		Pf. 7.17	Pv.	
				Tot. 10.0		Pe. —	Pn.	
7	9 131.9	2"	EL	Lqth. 28.0	0.778	Pt. 53.31	Pt. 53.31	K=5.7 C=100 P _t (131.9) ² 5.7 53.31 psi
	0 261.4		check	Fit. 12.12		Pf. 31.21	Pv. 5.35	
			gate	Tot. 40.12		Pe. 6.93	Pn. 47.45	
8	9 ↓			Lqth.		Pt. 91.45	Pt.	
	0 261.4			Fit.	Pf.	Pv.		
				Tot.		Pe.	Pn.	
	9			Lqth.		Pt.	Pt.	
	0			Fit.		Pf.	Pv.	
				Tot.		Pe.	Pn.	
	9			Lqth.		Pt.	Pt.	
	0			Fit.		Pf.	Pv.	
				Tot.		Pe.	Pn.	
	9			Lqth.		Pt.	Pt.	
	0			Fit.		Pf.	Pv.	
				Tot.		Pe.	Pn.	
	9			Lqth.		Pt.	Pt.	
	0			Fit.		Pf.	Pv.	
				Tot.		Pe.	Pn.	

Figure 5.5
Calculation Sheet