

한강유역 강우의 시·공간적 특성고찰

(A Study on the Temporal and Spatial Characteristics of the Han River's Simultaneous Rainfall)

연세대 토목공학과 교수 이원환
단국대 " 교수 이길춘
연세대 " 조교수 조원철

1. 서 론

각종 수공구조물의 설계 및 계획등을 수립함에 있어 시·공간적으로 변화하는 강우량과 같은 수문관측자료들은 대부분 목적에 부합되게 해석하여 이용하고 있다. 우량관측점에서 획득한 지점강우자료들은 강우-유출모델과 같은 설계수문량에 대한 기본자료로, 자주 사용되거나 조밀한 우량계측망의 부족과 장기간 동시 지점강우자료의 획득곤란으로 활발한 연구가 진행되지 못하였다. 이와같이 지역적 특성을 가지고 있는 강우자료의 특성을 파악하여 보다 정확하고 합리적인 수문자료를 제공함이 필요하다.

이에 본 연구에서는 한강유역내의 우량관측점 (T/M국)에서 1975~1986년間に 관측된 동시 지점우량자료를 이용하여 관측지점간의 상호거리와 강우지속시간 및 재현기간에 따른 각종 통계값을 산정하여 분석하고 동시지점우량에 대한 상관식과 지점우량비를 산정함으로써 강우지역 (우역)의 시공간적 특성을 고찰하고 면적우량과 같은 수문량산정에 유용한 근거를 제공할 것으로 생각된다.

2. 기본강우량자료

대상유역은 동시강우량 관측이 실시되고 있는 한강유역을 택하였으며 강우량 기본자료는 유역내 37개 우량관측점 (T/M국)에서 기록된 1975~1986년 사이의 매시간 동시관측우량이다. 다수의 호우사상중 49개의 호우사상을 택하여 8개 재현기간 (2,5,10,25,50,100,200,500년)에 대하여 24시간이하 7개 강우지속시간 (1,2,3,6,12,18,24시간) 및 지점별로 분류 정리하였다. 선택된 49개의 호우중에서 호우사상별,관측 지점별 및 강우지속시간별로 최대값을 추출하여 이들 최대값과 동시에 발생하는 다른 관측지점에서의 동시강우량을 선별하고 또한 각 호우사상에서 관측지점 및 강우지속시간별로 관측지점을 중심으로 한 다른 지점들과의 두지점 평균 연최대값을 계산하여 매년 최대값 계열로 정리하였다.

한강유역도와 37개 우량관측점의 위치는 그림 1과 같다.

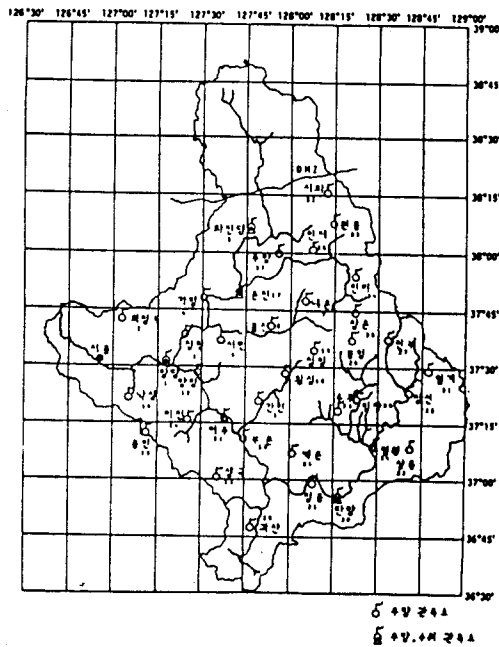


그림 1 한강유역의 우량 관측망

3. 자료 분석

3.1 두지점 평균 연최대강우량과 거리와의 관계

선정된 기본자료에 대한 통계값 (평균, 표준편차)을 구하여 두 지점 평균 연최대강우량비와 표준편차비를 다음의 식(1)과 (2)와 같은 두지점 통계값 산정식 (무차원량식)에 의해 산정한다.

$$\bar{X}'_m = \bar{X}_m / 0.5 (\bar{X}_A + \bar{X}_B) \quad (1)$$

$$S'_m = S_m / 0.5 (S_A + S_B) \quad (2)$$

여기서 \bar{X}'_m : 두지점 동시강우량의 평균값의 연최대값계열의
계열 평균값

\bar{X}_A, \bar{X}_B : A, B 관측점의 연최대값계열 X_A, X_B 의 계열
평균값

S_m : 두지점 동시강우량의 평균값의 연최대값 계열의
표준편차

S_A, S_B : A, B 관측점의 연최대값계열 X_A, X_B 의 표준편차

두지점 통계값 산정식에 의한 두지점 평균 연최대강우량비 (\bar{X}'_m)와 표준편차비 (S'_m)는 강우지속시간(t) 및 지점간 거리(d)와의 지수적 합곡선식 (exponential fitting equation)에 의해서 다음식과 같이 도출하였다.

$$y(d) = 1.0 - M_m \cdot e^{-[a_m d^{b_m}]^{-1}} \quad (3)$$

여기서 y : \bar{X}'_m 또는 S'_m

d : 거리 (km)

a_m, b_m, M_m : 강우지속시간에 따라 변하는 매개변수

두지점 평균 연최대강우량비 (\bar{X}_m) 및 표준편차비 (S_m)와 거리(d)와의 관계는 그림 2와 그림 3에 강우지속시간별로 적합곡선으로 나타내었고 식(3)의 매개변수 a_m, b_m, M_m 값은 표 1과 같다.

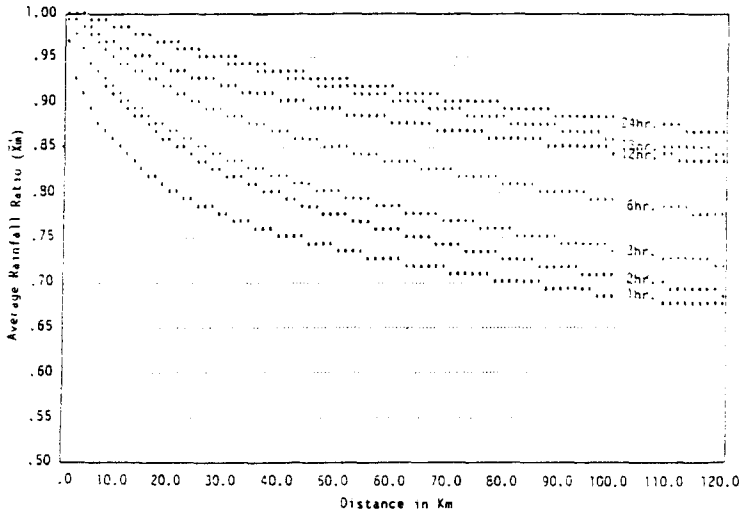


그림 2 강우지속시간별 평균 연최대강우량비와 거리관계의 종합곡선도

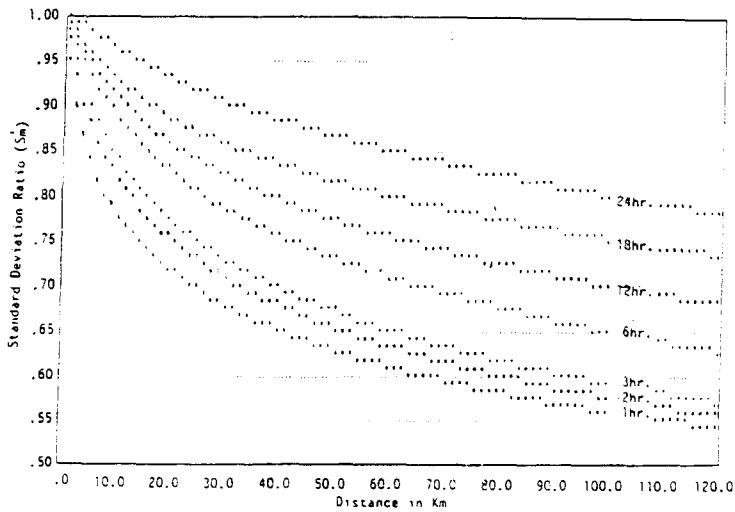


그림 3 강우지속시간별 평균 연최대강우량의 표준편차비와 거리관계의 종합곡선도

표 1 강우지속시간별 평균 연최대강우량비와 표준편차비의 관계곡선식의 매개변수

| 지속시간 (hr.) | $\bar{X}_m(d)$ 매개변수 | | | $S'_m(d)$ 매개변수 | | |
|------------|---------------------|--------|---------|----------------|--------|---------|
| | a_m | b_m | M_m | a_m | b_m | M_m |
| 1 | .33508 | .22210 | .92147 | .35481 | .23778 | 1.13257 |
| 2 | .22443 | .26382 | 1.10663 | .29433 | .27156 | 1.11256 |
| 3 | .22769 | .22919 | 1.21875 | .26856 | .28705 | 1.10470 |
| 6 | .18273 | .25415 | 1.14381 | .22294 | .28798 | 1.15191 |
| 12 | .17892 | .25434 | .87803 | .21438 | .27407 | 1.12225 |
| 18 | .11870 | .29633 | 1.20057 | .20411 | .23878 | 1.26228 |
| 24 | .12909 | .29936 | .85151 | .15116 | .29508 | 1.08505 |

3.2 지점우량비와 거리와의 관계

지점우량비는 두지점간에서 기준점 ($d = 0$) 과 대응지점(d)의 평균 연최대강우량의 비로 정의되며 강우지속시간(t), 빈도(f) 및 두지점 상호거리(d)에 대한 관계를 나타내면 다음식과 같다.

$$DL(f, t, d) = \frac{X_m(f, t, d)}{X_m(f, t, 0)} \quad (4)$$

여기서 $DL(f, t, d)$: 특정빈도와 강우지속시간에 대한 지점우량비
 $X_m(f, t, d)$: 특정빈도와 강우지속시간에 대한 두지점 동시강우량의 평균값의 연최대값
 $X_m(f, t, 0)$: 기준점에서의 연최대값

Chow의 일반빈도방정식을 이용하면 식(4)는 다음과 같이 된다.

$$DL(f, t, d) = \frac{\bar{X}_m(t, d, N) + K(f, N) \cdot S_m(t, d, N)}{\bar{X}_m(t, 0, N) + K(f, N) \cdot S_m(t, 0, N)} \quad (5)$$

식(5)의 우변에 있는 모든 항들은 \bar{X}_A 로 나누고 관측점(A점)의 연최대강우량의 변동상태를 나타내는 변동계수(coefficient of variation: CV)를 이용하면 식(5)의 우변을 무차원항으로 변경할 수 있다.

여기서 관측점의 연최대강우량의 변동계수(CV_A)는 다음과 같이 정의된다.

$$CV_A(t) = \frac{S_A}{\bar{X}_A} \quad (6)$$

식(6)을 이용하면 S_m 을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\left(\frac{S_m}{\bar{X}_A} \right) = \left(\frac{S_m}{S_A} \right) \left(\frac{S_A}{\bar{X}_A} \right) = S'_m CV_A \quad (7)$$

따라서 식(5)는 다음식(8)과 같이 무차원식으로 표시된다.

$$DL(f, t, d) = \frac{\bar{X}'_m(t, d, N) + K(f, N) \cdot S'_m(t, d, N) \cdot CV_A(t)}{1 + K(f, N) CV_A(t)} \quad (8)$$

여기서 N : 강우기록년수

표 2 는 각 관측점 및 강우지속시간별 CV_A 값이다.

표 2 관측지점별, 강우지속시간별 연최대값계열의 변동계수(CV)와 강우지속시간별 유역평균값과 표준편차

| 관측지점 | 강우지속시간 | | | | | | |
|------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 1-hr. | 2-hr. | 3-hr. | 6-hr. | 12-hr. | 18-hr. | 24-hr. |
| 평 | .0612 | .2720 | .3238 | .3131 | .3520 | .3459 | .3864 |
| 외 | .4220 | .3891 | .4208 | .3709 | .4172 | .4092 | .4005 |
| 경 | .3787 | .2841 | .2536 | .2407 | .2925 | .3244 | .3942 |
| 기 | .3141 | .3613 | .3359 | .3354 | .3190 | .3531 | .3501 |
| 보 | .3308 | .2158 | .1725 | .2397 | .3111 | .3520 | .3714 |
| 동 | .3319 | .3048 | .3262 | .2783 | .2907 | .3036 | .4005 |
| 남 | .1916 | .1954 | .2499 | .3287 | .4288 | .4872 | .5472 |
| 부 | .4193 | .3562 | .3439 | .3195 | .3489 | .4088 | .4552 |
| 구 | .4145 | .4313 | .4344 | .3960 | .3521 | .3535 | .3914 |
| 안 | .3493 | .3711 | .3882 | .3818 | .4003 | .4474 | .4767 |
| 양 | .4301 | .3309 | .3759 | .3549 | .3015 | .3162 | .3644 |
| 성 | .3489 | .2835 | .2659 | .2321 | .2442 | .2385 | .3634 |
| 의 | .3380 | .3964 | .4290 | .4449 | .4220 | .4187 | .3730 |
| 이 | .3513 | .3377 | .3313 | .2833 | .2626 | .3039 | .3837 |
| 양 | .2508 | .2497 | .2836 | .2988 | .2575 | .4053 | .4843 |
| 동 | .3415 | .3133 | .3233 | .2238 | .2199 | .2614 | .3270 |
| 남 | .3246 | .2716 | .2707 | .2775 | .2999 | .4009 | .4257 |
| 부 | .2282 | .2815 | .2943 | .3334 | .2808 | .2912 | .3551 |
| 구 | .4055 | .3666 | .3560 | .3395 | .3246 | .3696 | .4601 |
| 안 | .3198 | .3270 | .3668 | .3705 | .4025 | .3629 | .3383 |
| 양 | .1959 | .2590 | .2322 | .2207 | .2705 | .2639 | .2666 |
| 성 | .3229 | .3039 | .3071 | .2920 | .2995 | .3091 | .3156 |
| 의 | .3942 | .4852 | .4726 | .4641 | .4981 | .5073 | .5288 |
| 이 | .2835 | .3039 | .2989 | .2810 | .2830 | .3406 | .3557 |
| 양 | .5979 | .5513 | .5335 | .5297 | .5224 | .5644 | .5946 |
| 동 | .3272 | .2881 | .3317 | .4115 | .4590 | .4993 | .5205 |
| 남 | .7273 | .5264 | .4517 | .4254 | .4125 | .4908 | .5170 |
| 부 | .3552 | .4240 | .3870 | .3647 | .3164 | .3859 | .4187 |
| 구 | .4022 | .4268 | .4469 | .3811 | .3758 | .3580 | .3438 |
| 안 | .5322 | .3696 | .3103 | .2468 | .2642 | .2670 | .3097 |
| 양 | .4490 | .3830 | .3600 | .3711 | .3773 | .4163 | .4489 |
| 성 | .5384 | .4370 | .3756 | .3440 | .4143 | .4320 | .4740 |
| 의 | .7998 | .5841 | .4778 | .3941 | .4004 | .4749 | .5684 |
| 이 | .4181 | .3663 | .3433 | .3505 | .4469 | .5608 | .7061 |
| 양 | .6147 | .4433 | .4336 | .3976 | .4270 | .4637 | .5710 |
| 동 | .3067 | .2463 | .2943 | .2985 | .3236 | .4230 | .3533 |
| 남 | .5476 | .4516 | .3743 | .2895 | .3012 | .4094 | .5039 |
| 평 | .3980 | .3565 | .3507 | .3358 | .3492 | .3865 | .4337 |
| 표 | .1362 | .0905 | .0759 | .0703 | .0737 | .0820 | .0949 |

재현기간 (1/f) 및 강우지속시간(t)에 따른 지점우량비 (DL)와 거리(d)와의 관계식은 다음과 같이 구해진다.

$$DL(f, t, d) = 1.0 - M_t \cdot e^{-[a_t d^{b_t}]^{-1}} \quad (9)$$

여기서 a_t, b_t, M_t : 강우지속시간과 재현기간에 따라 변하는 매개변수 (표 3 에 수록)

표3 강우지속시간별 및 재현기간별 지점우량비(DL)의 관계곡선식의 매개변수 단위 : 지속시간 - 시간, 재현기간 - 년)

| 지속시간 | 재현기간 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 |
|------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | a _t | .28665 | .30625 | .35941 | .29619 | .31993 | .34863 | .37268 | .33262 |
| | b _t | .23201 | .26474 | .20367 | .26075 | .23256 | .23784 | .24119 | .24306 |
| | M _t | 1.03756 | .92486 | 1.07325 | 1.05019 | 1.07166 | 1.01832 | .94714 | 1.06592 |
| 2 | a _t | .22529 | .24810 | .22955 | .25123 | .24209 | .28238 | .27100 | .28762 |
| | b _t | .22608 | .26404 | .28039 | .28537 | .29750 | .25750 | .26303 | .25469 |
| | M _t | 1.05398 | 1.08047 | 1.15062 | 1.04576 | 1.05199 | 1.08660 | 1.12864 | 1.11010 |
| 3 | a _t | .22378 | .22152 | .22282 | .22226 | .22139 | .22182 | .22350 | .22533 |
| | b _t | .22671 | .26487 | .27678 | .28739 | .28767 | .30560 | .30724 | .30975 |
| | M _t | 1.24205 | 1.15258 | 1.12827 | 1.11770 | 1.15040 | 1.06213 | 1.06024 | 1.05820 |
| 6 | a _t | .20293 | .19538 | .22810 | .23116 | .22035 | .20882 | .21836 | .21617 |
| | b _t | .25653 | .24706 | .22301 | .22867 | .26656 | .27986 | .26943 | .26999 |
| | M _t | .89629 | 1.25705 | 1.23827 | 1.23301 | 1.06624 | 1.08762 | 1.10826 | 1.14415 |
| 12 | a _t | .15422 | .19889 | .20601 | .19456 | .19940 | .16083 | .19635 | .22214 |
| | b _t | .23186 | .25713 | .23425 | .24563 | .24849 | .28043 | .24910 | .22451 |
| | M _t | 1.40114 | .88973 | 1.07273 | 1.17186 | 1.15139 | 1.35694 | 1.23845 | 1.23164 |
| 18 | a _t | .12851 | .15832 | .18356 | .14669 | .18182 | .18112 | .16947 | .19718 |
| | b _t | .28714 | .28441 | .26120 | .29593 | .28305 | .27002 | .26922 | .24735 |
| | M _t | 1.04588 | .91170 | .90809 | 1.11405 | .88016 | .98884 | 1.15635 | 1.06712 |
| 24 | a _t | .13019 | .12352 | .18207 | .17478 | .14676 | .13266 | .18617 | .19698 |
| | b _t | .28463 | .30127 | .24048 | .26066 | .29269 | .29448 | .24273 | .24188 |
| | M _t | .92823 | 1.10769 | .92046 | .89269 | .97062 | 1.19789 | .88639 | .90404 |

그림 4는 강우지속시간별 지점우량비와 거리와의 관계를 재현기간 2년에 대해서만 수록한 것이다.

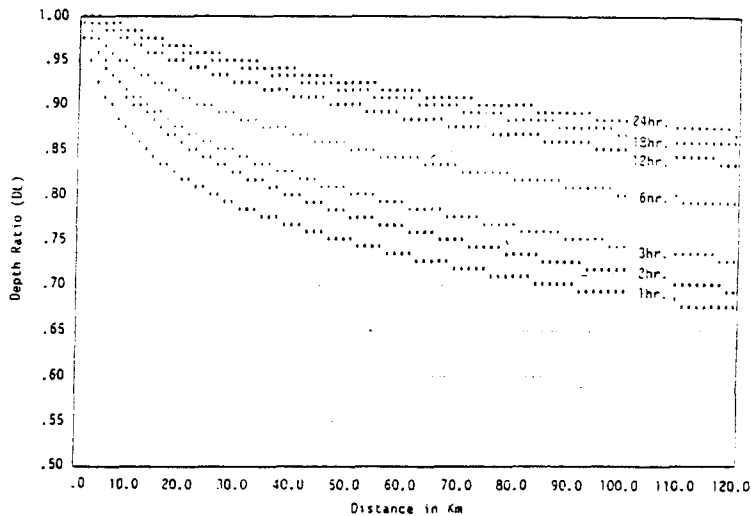


그림 4 재현기간 2년에 대한 강우지속시간별 지점우량비와 거리와의 관계도

4. 고 찰

4.1 변동계수 (CV)

3.2절의 표 2의 결과에서 살펴본 바와 같이 강우의 시·공간적 특성은 자료의 산포정도를 나타내는 변동계수 (CV)로써 설명될 수 있다. 즉 변동계수는 관측지점별로는 일정하지 않지만 대체적으로 개활지보다는 산악지역이 크게 나타나고 있으며 강우지속시간 1시간~6시간의 경우는 강우지속시간에 따라 변동계수가 감소하는 경향이 있으며 강우지속시간 6시간 이후부터는 증가하는 추세를 보이고 있다. 이와같은 한강유역의 평균변동계수의 결과를 그림 5에 수록하였다.

또한 한강유역을 남한강 및 북한강 유역별로 구분하여 변동계수를 비교 도시하여 그림 5에 나타내었다.

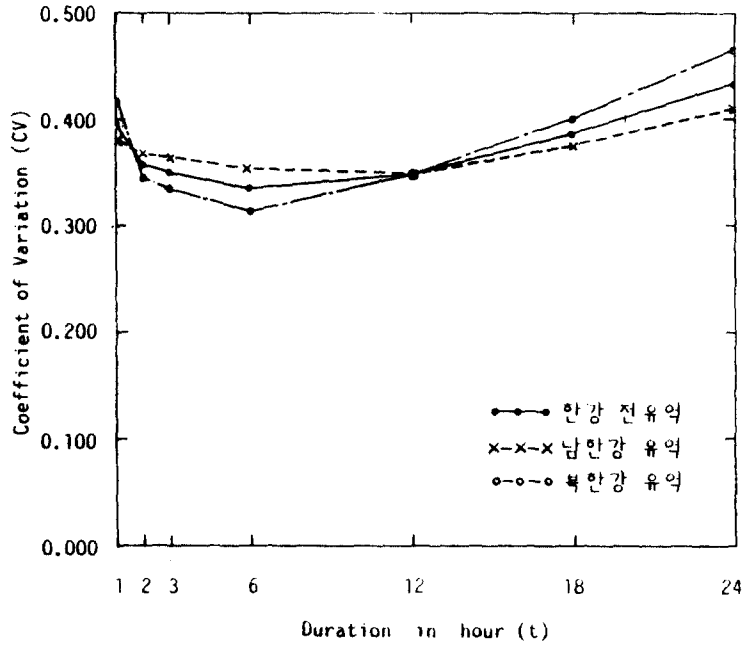


그림 5. 강우지속시간별 유역 평균 변동계수 (CV) 비교도

그림 5에서 알수 있듯이 남한강 및 북한강유역의 변동계수가 한강 전유역의 변동계수와 서로 비슷한 추세를 보이고 있고 강우지속시간 12시간이후 부터 반전현상을 보이고 있다.

따라서 이러한 결과는 한강유역강우의 시·공간적인 특징이라고 사료되며 강우지역 (우역)의 설정과정에서도 고려되어야 할 사항이라고 생각된다.

4.2 지점우량비 (DL)

재현기간 2년에 대한 지점우량비를 강우지속시간별로 한강 전유역과 남한강 및 북한강유역으로 구분하여 산정함으로써 지점우량비 (DL) 와 강우지속시간(t)간의 관계를 비교 도시하였다. 그 관계도는 그림 6 과 같다.

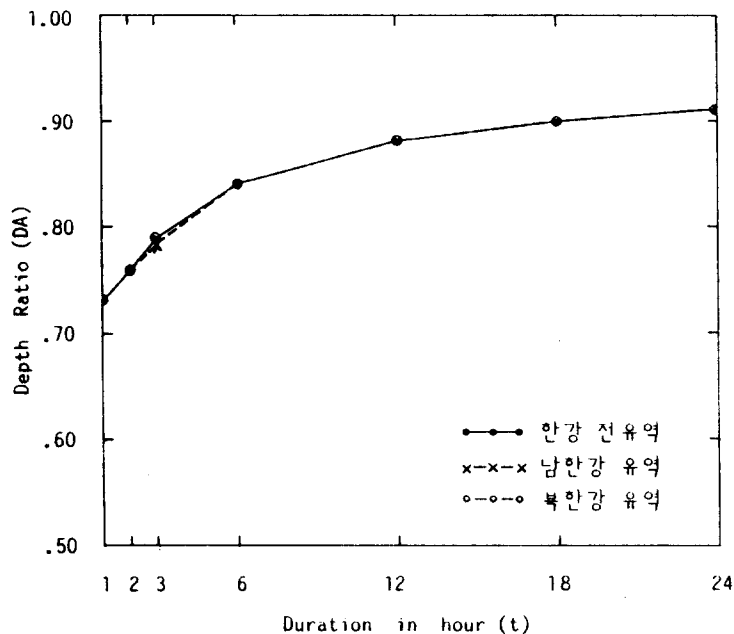


그림 6. 유역별 지점우량비 (DL) 비교도 (재현기간 2년)

그림 6에서 살펴보면 강우지속시간에 대한 한강 전유역과 북한강유역의 지점우량비는 동일함을 보였고 남한강유역의 강우지속시간 2시간~6시간에서 단지 약간의 상이함을 나타내었을 뿐 거의 합치되었다.

따라서 한강유역의 지점우량비 분포는 재현기간과 강우지속시간에 따라 거리에 관하여 등방성분포로 나타나고 있다.

4.3 지점우량비와 강우지속시간간의 상관관계

지점우량비와 강우지속시간간의 상관관계는 최적직선에 의한 그 관계식으로 부터 알 수 있다.

본 절에서는 한강유역의 지점우량비를 강우지속시간 1~24시간에 대해 Plot시켜 그림 7 과 같이 나타내었다. 그 결과에서와 같이 직선 형태를 보이고 있으며 강우지속시간 6시간을 전후로 상이한 기울기를 보였다. 이는 전절의 변동계수와 마찬가지로 지점우량비도 6시간을 기준으로 강우상황이 다른 형상을 가지고 있는 것으로 판단된다.

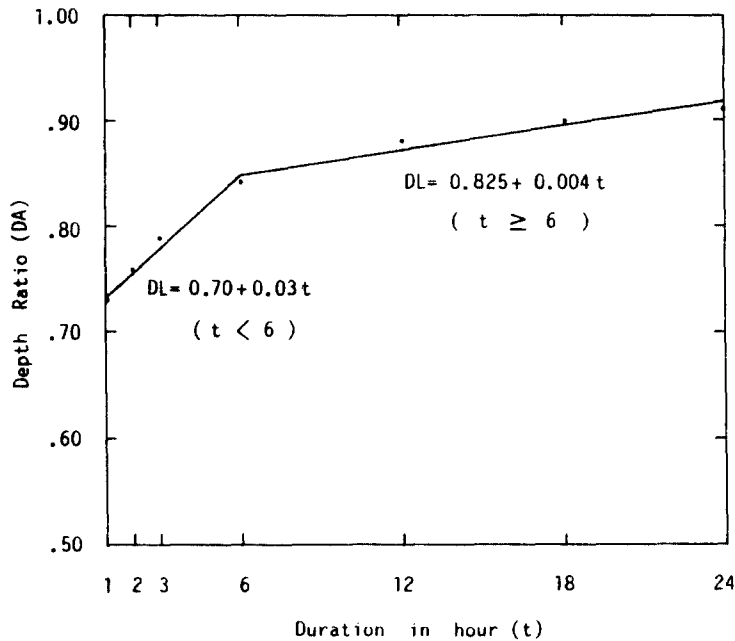


그림 7. 한강유역의 지점우량비와 강우지속시간 관계도

5. 결 론

한강유역내 우량관측점의 동시지점우량자료를 이용하여 지점우량의 시·공간적특성을 고찰한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 두 지점 동시강우량의 연최대계열 평균값과 거리와의 상관식이 지수함수형으로 도출됨을 확인하였다.

2) 한강유역강우는 강우지속시간 6시간에서 약간 상이한 특징을 나타내고 있다. 이는 우역설정과정에서 고려되어야 할 것으로 판단된다.

3) 지점우량비와 재현기간과 강우지속시간에 따라 남한강과 북한강 유역이 거의 일치하고 있음은 한강유역 지점우량비의 분포가 등방성임을 확인할 수 있었다.

4) 지점우량비를 이용하여 결측지점우량을 보완할 수 있을 것이며 면적우량과 같은 수문량 산정에도 유용한 근거를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.