

## 도시하천의 부분복개화에 의한 하천수리특성치의 변화 Changes of Fluvial Hydraulic Characteristics due to the Semi-Covering Work of Urban Stream

장인수\*  
In-Soo Chang

### <Abstract>

The purpose of this study is to derive the optimal methodology estimating the changes of fluvial hydraulic characteristics due to semi-covering work of urban stream. First, after collecting the data of the daily maximum rainfall of Chungju gaging station, the frequency analysis was carried out with frequency factor method, which includes normal, two-parameter and three-parameter lognormal, Gumbel-Chow, pearson type III, log-pearson type III distribution, and the goodness of fit test was executed by  $\chi^2$ -test and Kormogorov-Smirnov test. Using the SCS method, the effective rainfall was estimated and the peak flow was calculated by the area-routing method. The HEC-2 model was applied to calculate water surface profiles for steady, gradually varied flow at Kyohyun river system in Chungju city. The model was applied to floodplain and riverbed management to evaluate floodway encroachments and to delineate flood hazard by riverside roadway construction. The model also was used to evaluate effects on water surface profiles of river improvement and levees as well as the presence of bridges or other hydraulic structures in the floodplain.

**Keywords** : *fluvial hydraulic characteristics, HEC-2 model, water surface profiles*

### 1. 서론

급속한 경제성장으로 도시지역이 확대되고

토지 이용률이 높아지게 되었으며, 도시내의 토지수요에 공급이 미치지 못하자 여러 도시에는 중소규모의 도시하천을 부분 혹은 전면복개하

\* 정희원, 충주대학교 환경공학과 조교수 · 工博  
영남대학교 대학원 졸업  
380-702, 충북 충주시 이류면 검단리 123

Assist. Prof., Dept. of Envir. Eng., Chungju National University  
123 Komdanri, Iryumyon, Chungju city, Chungbuk 380-702, Korea  
E-mail : ischang@gukwon.chungju.ac.kr



려는 시도가 급증하게 되었다. 현재 도시하천의 복개는 주로 대도시나 중소도시의 도심 상업지역을 중심으로 도로나 주차장용지로 사용하기 위해 공공용으로 개발되고 있으며, 이와 같은 하천부지 잠식이 아주 빠르게 늘어 나고 있다. 그러나 이와 같은 하천복개를 통한 도로와 주차장 등의 하천점용은 하천의 미관을 포함한 하천환경에 큰 영향을 줄뿐만 아니라 도시하천 주변의 도시민에게 엄청난 홍수피해를 야기시킬 것으로 우려되고 있다.

본 연구에서는 충주시내를 관류하고 있는 교현천의 우안을 따라 부분복개 교량형으로 건설되고 있는 도심 고속화도로가 하천에 미치는 영향을 검토하기 위한 최적의 방법론을 제시하고자 확률강우량, 확률홍수량, 천변도로 건설전후의 확률홍수위 및 통수능력 등 수리특성 분석을 실시하였다.

## 2. 분석유역과 분석하천

본 연구의 분석유역인 교현천 유역은 행정구역상 충북 충주시 시가지 일원으로서 북동측에 충주호가 위치하고 있으며, 계명산, 남산 등의 연봉들에 둘러쌓여 분지형태를 이루고 있다. 교현천은 충주시를 관류하고 있는 충주천의 제 1지류로서 충주시 안림동 계명산에 발원하여 남서류하다가 서류한 후 대봉교 직상류에서 충주천 본류와 합류한 후 다시 서류하다가 탄금대 부근에서 남한강 제 1지류인 달천의 우안으로 유입된다. 교현천의 상류부는 산지이고, 중류부는 과수원 및 농경지가 대부분인 농촌지역이며, 하류부는 충주 시가지가 자리잡고 있다. 교현천의 유역면적은 8.75 km<sup>2</sup>,유로연장은 5 km, 유로경사는 1/12, 유역평균폭은 1.75 km, 유역형상계수는 0.35이고, 하류로부터 4 km까지가 준용하천 구간이며, 시가지 지역인 동촌교에서 합류점까지의 교현천 본류에는 하천 양안에 하수 차집관로가 매설되어 있다.

한편, 충주시에는 봉계교에서 대봉교까지 충주천 구간과 대봉교에서 동촌교까지 교현천 구간에 총연장 2.8 km의 우안 천변 고속화도로를 건설하고 있으며, 본 연구에서는 교현천과 충주

천이 합류되는 교현천 최하류점에서 충의교, 예성교를 거쳐 성내교까지 천변 고속화도로의 건설에 따른 하천홍수위 상승고, 통수능력 등을 분석 검토하고자 한다. Table 1은 본 연구의 분석하천인 교현천의 하천부지 이용현황을 나타낸 것이다.<sup>1)</sup>

Table 1 분석구간의 하천부지 이용현황

하천 구간(측점)	고수부지 이용시설		배후지 특성	수질상태
	과안	우안		
합류점~충인2교 (No. 0~No. 4.17)	주차장	초지(양호)	상가(시장),주택지	불량
충인2교~예성교 (No. 4.17~No. 7.37)	주차장	주차장	상가(시장),주택지	보통
예성교~성내교 (No. 7.37~No. 11.68)	초지(보통)	초지(보통)	주택지,상가	양호

## 3. 강우-유출 해석

홍수량 산정은 수위-유량곡선(rating curve)으로부터 직접 구하는 것이 가장 정확한 방법이지만 본 분석유역내에는 수위관측소가 없으므로 직접적인 방법으로의 홍수량산정은 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 강우량 및 유역의 특성분석에 의해 간접적으로 홍수량을 추정하였다.

### 3.1 확률 홍수량

분석유역에 대한 설계홍수량을 산정하기 위해서는 유역내 혹은 유역 인근에 위치한 강우관측소의 강우기록을 수집하여 이를 근거로 빈도분석을 실시하여 확률강우량을 산정하고, 채택된 확률강우량에 대한 확률홍수량을 산정하는 것이 일반적이다. 교현천 유역에는 강우관측소가 없으며, 충주 강우관측소 이외의 주변 강우관측소의 Thiessen 지배면적이 교현천유역을 포함하지 않는 것을 감안할 때, 교현천유역에는 충주 강우관측소의 확률강우량 산정치를 적용함이 타당할 것으로 판단된다.

본 연구에서 강우량에 대한 통계분석은 충주 강우관측소의 일최대강우량 자료를 이용하여 정규(N)분포, 2변수 대수정규(LN2)분포, 3변수 대수정규(LN3)분포, Gumbel-Chow(G-C)분포, Pearson Type III(PT3)분포, Log-Pearson Type III(LPT3)분포 등 6개 분포형으로 분석하



였으며, 최적의 분포형을 결정하기 위해  $\chi^2$ -검정(chi-square test)과 K-S검정(Kolmogorov-Smirnov test)으로 적합도 검정을 실시하였다.<sup>2)</sup> 6가지 분포형에 대하여 2가지 적합도 검정을 실시한 결과 모든 분포형에서 적합함을 보임에 따라, 본 연구에서는 연최대 홍수량계열 혹은 연최대 강우량계열의 빈도분석에 많이 사용되는 Gumbel-Chow분포에 의한 확률강우량 산정치를 최적치로 채택하였다.

Table 2 확률년별 일최대 확률 강우량

분포형	확률년 (mm)					비고
	20년	30년	50년	80년	100년	
N	205.2	215.0	226.5	236.3	240.7	채택
LN2	211.3	227.8	248.6	267.8	277.0	
LN3	212.5	229.6	251.3	271.5	281.1	
G-C	216.7	233.5	254.6	273.9	283.0	
PT3	220.4	238.9	262.0	283.2	293.2	
LPT3	221.1	243.0	272.1	300.4	341.4	

Table 3 분포형별 적합도 검정

확률분포	$\chi^2$ -test			K-S test		
	신뢰도	한계치	$\chi^2$	유의수준	한계치	Dn(Max)
N	0.95	16.900	10.889	0.05	.276	.176
	0.99	21.700	10.889	0.01	.333	.176
LN2	0.95	16.900	6.245	0.05	.276	.093
	0.99	21.700	6.245	0.01	.333	.093
LN3	0.95	15.500	6.152	0.05	.276	.089
	0.99	20.100	6.152	0.01	.333	.089
G-C	0.95	16.900	6.985	0.05	.276	.107
	0.99	21.700	6.985	0.01	.333	.107
PT3	0.95	15.500	6.458	0.05	.276	.086
	0.99	20.100	6.458	0.01	.333	.086
LPT3	0.95	15.500	5.764	0.05	.276	.070
	0.99	20.100	5.764	0.01	.333	.070

### 3.2 확률 홍수량

교현천 유역에는 홍수시의 유량측정 자료가 없기 때문에 강우에 의해 유출수문곡선을 추정하는 방법을 이용하였다.

#### (1) 유효우량 산정

지상에 도달한 강우량중 일부는 증발하거나 흙을 통하여 침투하고, 그 초과분은 지표면을 흘러 유출을 형성하게 되는데 이와 같이 강우량에서 손실량을 뺀 값을 유효우량이라 하며, 산정방법에는  $\phi$ -index법, W-index법 및 SCS법 등이 있으며, 본 연구에서는 SCS법을 사용하였다.<sup>3)</sup> 이 방법은 미국 토양보존국(US SCS)에서 제안한 방법으로 총우량과 유효우량

간에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

여기서, Q : 유효강수량(mm)  
P : 총 강수량(mm)  
S : 최대잠재보유수량(mm)

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (2)$$

여기서, CN : 유출곡선지수(Curve Number)

CN값은 흙의 종류, 토지 이용상태, 흙의 초기 함수상태에 따라 결정되며, 교현천 최하류지점에 대해 위의 3가지 상태에 따라 면적가중치를 고려하여 계산한 결과 AMC-II조건에서 68.4였다.

#### (2) 홍수량 산정

본 연구에서는 홍수량 산정시 합리식, Kajiyama식 및 유역추적법(area-routing method)을 이용하여 확률홍수량을 산정하였으며, 본 논문에서는 유역추적법에 대한 기본식만 간단히 소개하기로 한다.

유역추적법은 유역내의 강우가 유로의 한 지점에 모이기까지는 집중저류현상이 있으므로 유역내 집중시간권의 강우를 유입으로 보고 이것을 저류계수로 추적하여 어느 지점의 유출을 구하는 방법이다. 집중시간은 Kraven 값에 의해서 구하였고, 저류상수는 저류상수와 집중시간의 일반적인 관계식인  $k = aT_c$ 에 의해 결정하였다.

저류방정식과 연속방정식으로 부터 단위도의 유도는

$$\frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{k}{a}(O_2 - O_1) \quad (3)$$

여기서,  $I_1$  :  $t_1$  시간의 유입량  
 $I_2$  :  $t_2$  시간의 유입량  
 $O_1$  :  $t_1$ 시간의 유출량  
 $O_2$  :  $t_2$ 시간의 유출량

k : 저류상수

a : 추적기간(약1/2~1/3시간)

따라서

$$k_1 = \frac{2k}{a} + 1, \quad k_2 = \frac{2k}{a} - 1 \text{로 하면}$$

$$O_2 = \frac{I_1 + I_2 + O_1 k_2}{k_1} \quad (4)$$

Muskingum홍수추적법에 의하면

$$O_2 = C_0 I + C_1 I_1 + C_2 O_1 \quad (5)$$

여기서,  $C_0 = \frac{-(kx - 0.5\Delta t)}{k - kx + 0.5\Delta t}$

$$C_1 = \frac{kx + 0.5\Delta t}{k - kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{k - kx - 0.5\Delta t}{k - kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

가상저수지에서 x=0이고 k=aT<sub>c</sub>관계에서

$$C_0 = C_1 = \frac{\Delta t}{2aT_c + \Delta t} \quad (6)$$

위 식에서 C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>=CI로 두면

$$CI = \frac{2\Delta t}{2aT_c + \Delta t} = \frac{2a}{2k+a} = \frac{2}{\frac{2k}{a} + 1} = \frac{2}{k_1} \quad (7)$$

또한 CI+C<sub>2</sub>=1이므로

$$C_2 = 1 - CI = \frac{2}{k_1} = \frac{k_1 - 2}{k_1} = \frac{\frac{2k+a}{a} - 2}{\frac{2k+a}{a}} = \frac{2k-a}{2k+a}$$

$$= \frac{k_2}{k_1} \quad (8)$$

식(4)에서

$$O_2 = \frac{I_1 + I_2 + O_1 k_2}{k_1} = \frac{I_1 + I_2}{k_1} + \frac{k_2}{k_1} O_1$$

위 식에 식(7), 식(8)을 대입하면

$$O_2 = \frac{CI}{2} (I_1 + I_2) + C_2 O_1 \quad (9)$$

식(9)의 결과로 단위도를 유도, 각 빈도별 홍수량을 산정하였다.

Table 4는 홍수량 산정방법에 따른 확률년별 첨두홍수량 산정치이며, 본 연구에서는 다른 방법에 비하여 유역특성치를 비교적 많이 고려할 수 있는 유역추적법에 의한 첨두홍수량 산정치를 최적치로 채택하였다.

Table 4 확률년별 첨두홍수량

산정방법	확률년					비고
	20년	30년	50년	80년	100년	
합리식	128	137	146	153	159	
Kujiyama식	144	150	155	161	163	
유역추적법	112	126	145	159	166	채택

#### 4. HEC-2 모델

본 연구에서 교현천 우안을 따라 부분복개 교량형으로 건설되고 있는 도심 고속화도로가 하천에 미치는 영향을 검토하기 위하여 분석모델로서 HEC-2모델을 선정하였다. 이 모델은 정상류상태의 점변류 수면곡선을 계산하기 위해서 개발되었으며, 상류와 하류상태의 수면곡선을 계산할 수 있으며, 교량, 암거, 웨어, 홍수터의 구조물의 영향을 수면곡선계산에 반영할 수 있다.

##### 4.1 기본이론

하도의 각 단면에서의 미지의 수위를 계산하

기 위해서 다음의 두 방정식을 표준축차법에 의해서 반복적으로 계산한다.<sup>4-6)</sup>

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (10)$$



$$h_e = L \overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (11)$$

여기서,  $WS_1, WS_2$  = 하도구간 양단에서의 수위  
 $V_1, V_2$  = 하도구간 양단에서의 평균유속  
 (총 유량/총 유수단면적)  
 $\alpha_1, \alpha_2$  = 하도구간 양단에서의 흐름 유속계수  
 $g$  = 중력가속도  
 $h_e$  = 에너지손실수두  
 $L$  = 유량가중 하도구간 길이  
 $\overline{S_f}$  = 구간에서의 대표 마찰경사 값  
 $C$  = 단면확대 또는 축소에 의한 손실계수

유량이 가중된 하도구간의 길이  $L$ 은 다음과 같이 계산한다.

$$L = \frac{L_{lob} \overline{Q_{lob}} + L_{ch} \overline{Q_{ch}} + L_{rob} \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \quad (12)$$

여기서,  $L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  = 각각좌안 고수부, 저수로 우안고수부 흐름에 대한 구간길이  
 $\overline{Q_{lob}}, \overline{Q_{ch}}, \overline{Q_{rob}}$  = 각각좌안 고수부, 저수로 우안고수부 하도구간 양단에서의 산술평균 유량

각각의 분할단면에서의 통수능은 다음 식을 이용하여 계산된다.

$$k = \frac{1.486}{n} ar^{2/3} \quad (13)$$

여기서,  $k$  = 개별 분할단면의 통수능  
 $n$  = 개별 분할단면의 Manning의 계수 'n'  
 $a$  = 개별 분할단면의 유수단면적  
 $r$  = 개별 분할단면의 동수반경(면적/윤변)

유속계수  $\alpha$ 는 3개의 흐름 요소 (좌측 제방, 우측 제방, 수로)에 대한 각각의 통수능을 이용하여 다음 식으로부터 계산할 수 있다.

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[ \frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3} \quad (14)$$

여기서,  $A_t$  = 총 유수단면적  
 $A_{lob}, A_{ch}, A_{rob}$  = 각각 좌안 고수부, 저수부, 우안 고수부의 유수단면적  
 $K_t$  = 총 통수능  
 $K_{lob}, K_{ch}, K_{rob}$  = 각각 좌안 고수부, 저수부, 우안 고수부의 통수능

그리고 하도구간에서의 대표마찰경사값  $\overline{S_f}$ 의 계산시 이용되는 평균통수능 공식은 다음과 같다.

$$\overline{S_f} = \left[ \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right]^2 \quad (15)$$

HEC-2 모델로 수면곡선을 계산할 때 임의의 한 단면에서 미지의 수위는 식(10)과 식(11)의 반복해석(iterative solution)에 의해서 결정되며, 하천의 수로경사가 완만하다(1:10이내)는 가정이 내포되어 있다. 본 연구에서는 교량, 암거, 보 등에 의한 에너지 손실계산의 이론 서술은 생략한다.

#### 4.2 입력과 출력인자

HEC-2모델의 수면형계산에 필요한 입력자료는 흐름상태, 초기수위, 유량, 단면계수, 조도계수, 횡단면자료, 구간길이 등이며, Fig. 1은 대표적인 입력자료를 도시한 것이다.

그리고 대표적인 출력인자로는 횡단면과 하도구간변수, 속도변수, 수면과 에너지변수, 유량변수, 교량 및 암거변수, 하도잠식변수, 하천기하학적 변수, 수리학적 인자 등이 있다.

HEC-2모델에 있어서 출력해석은 모델링 과정과 평가에 있어서 가장 중요한 부분중의 하나이다. 출력결과를 통해 만족할 만한 결과를 얻을 때까지 입력인자를 재조정하는 과정이 필요하며, 이는 출력해석을 통해 이루어진다. 이와 같은 출력해석을 위하여 HEC-2모델의 출력을 다양한 양식으로 얻을 필요가 있다.



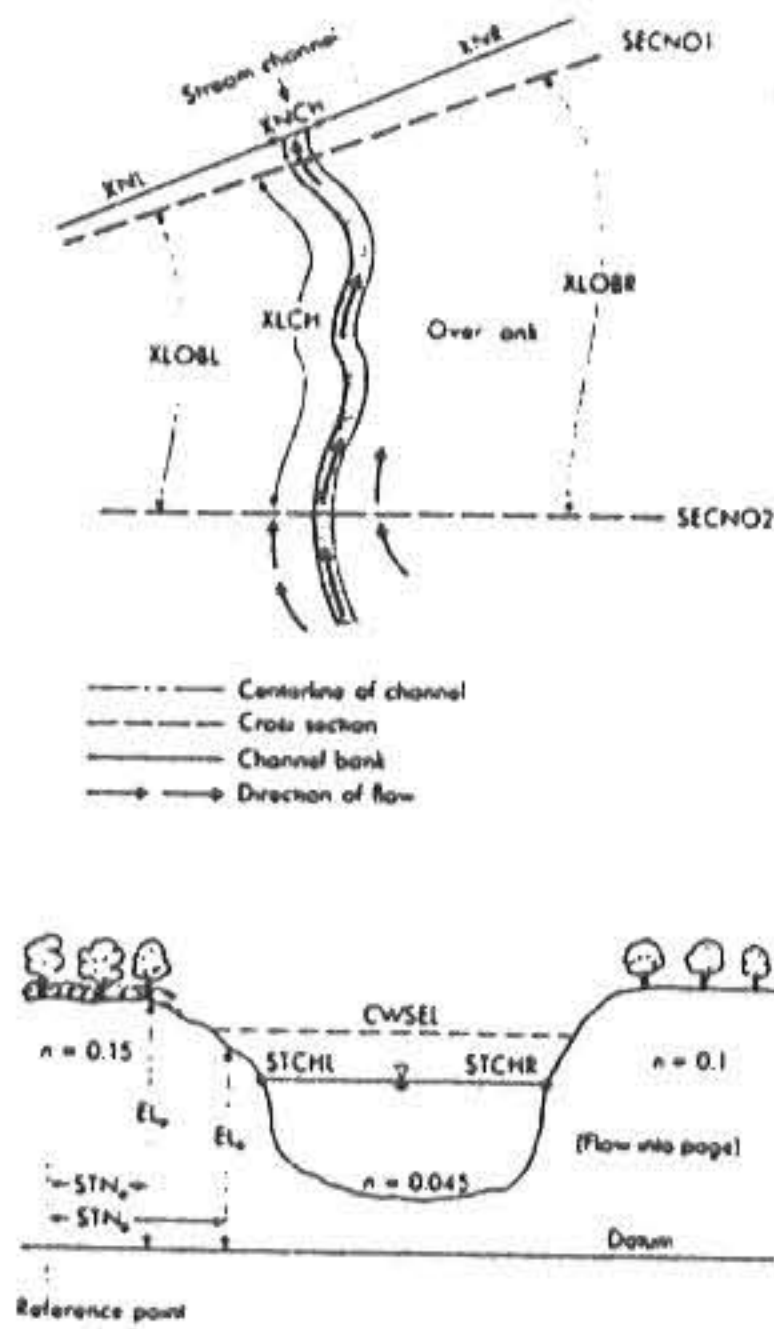


Fig. 1 HEC-2 모델의 입력인자

### 4.3 적용의 기본요소

#### (1) 분석하도구간

본 연구의 분석하도구간은 교현천 하구(No. 0)에서 성내교(No. 11.68)까지 교현천 본류 1,168m구간이며, HEC-2모델에 적용하기 위해서 기본적으로 100m간격으로 하천종횡단측량을 실시하였으며, 보조적으로 교량, 보 등이 있거나 횡단면이 급격히 변하는 19개 측점에 대하여 마찬가지로 하천측량을 실시하여 분석의 기초자료로 사용하였다.

#### (2) 기점홍수위, 조도계수, 확률홍수량

홍수위 계산을 위한 기점홍수위는 「천변도로 시설확충사업 2차 기본 및 실시설계 보고서」 작성시 분석한 충주천과 교현천의 합류점에서의 홍수위를 적용하였다.<sup>7)</sup>

Table 5 확률년별 기점홍수위

(EL:m)

지점	개수전			개수후		
	50년	80년	100년	50년	80년	100년
합류점(No.0)	80.64	81.02	81.15	79.77	79.90	79.96

조도계수는 현장답사를 통하여 하천의 좌우안 측면상태, 고수부지 상태, 하상상태를 파악한 결과 0.020 및 0.025를 적용하는 것이 타당

한 것으로 판단되었다.

한편 확률홍수량은 Table 4의 유역추적법으로 산정한 침투홍수량값을 적용하였으며, 분석하도구간인 교현천 본류가 준용하천임을 감안하여 50년 빈도의 확률침투홍수량  $145\text{m}^3/\text{sec}$ 을 적용하여 분석하였다.<sup>8)</sup>

#### (3) 하폭 및 하상고

천변도로가 건설중인 교현천의 1,168m구간의 하천변은 주로 도로로 이용되고 있으며, 하천내에는 도로연결을 위한 여러 개의 교량이 설치되어 있어 이들이 하천확폭시 제약조건이 되고 있다. 하폭은 홍수량의 통수능을 기준으로 결정하되, 충주시의 과업에서 계획된 재시공 수공구조물까지 확폭하는 것으로 계획하였다. 본 연구 분석하도구간의 여러 지점에서 현상태에서도 50년 빈도의 홍수량에 대해 통수능이 부족하여 홍수시 범람이 예상된다. 홍수방어를 위한 대책으로 확폭, 제방 증고 등을 측점별로 검토하였으나 하천변에 위치한 도로 및 건물로 인하여 적절치 못하였다. 따라서 본 연구에서는 부득이 하상을 굴착하거나 고수부지를 제거함으로써 계획홍수위를 낮추어 제방여유고를 확보하는 방안을 검토하였으며, 계획하상고는 하상경사, 유속, 교량과 보 등 하천내 수공구조물 등을 고려하여 계획하였다.<sup>9~11)</sup>

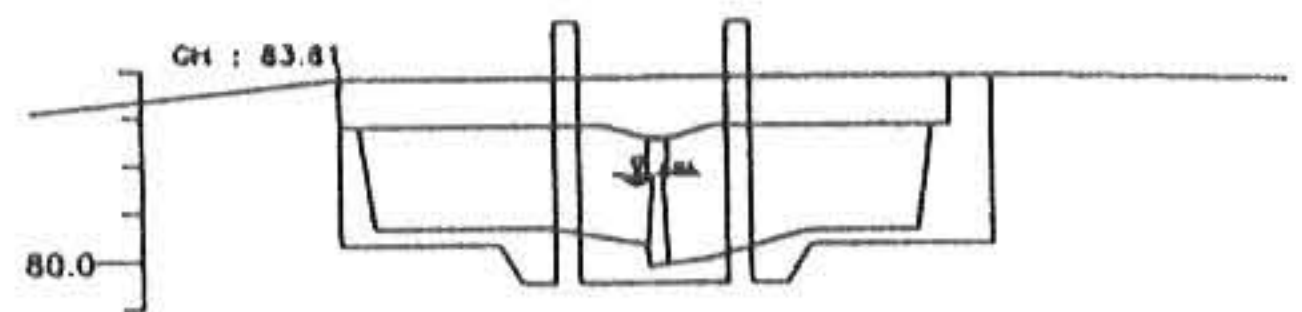


Fig. 2 천변도로 건설전후의 대가미교 지점(No. 3) 하천횡단면도

### 4.4 적용 결과

교현천 하구(No. 0)에서 성내교(No. 11.68)까지 1,168 m의 하도구간(31개 측점)에 대하여 50년, 80년 및 100년 빈도의 확률홍수량이 유할 때 천변 고속화도로의 건설에 의한 하천 수리특성치의 변화를 검토하기 위해 HEC-2 모델



로 simulation을 실시하였으며, Table 6은 분석 결과 중에서 SECNO(측점번호), XLCH(측점간 거리), K \* CHSL(하도경사), Q(침투홍수량), XLBEL(좌안제방고), CWSEL(홍수위), RBEL(우안제방고), TIME(유하시간), EG(에너지선), VCH(평균유속), AREA(유수단면적), DEPTH(최대수심), TOPWID(수면폭)등을 요약하여 예시한 것이다.

교현천 본류가 준용하천임을 감안하여 50년 빈도의 확률홍수량 145m<sup>3</sup>/sec를 유하시켰을 때 단면변경전에는 측점 No. 7.01, No. 7.19, No. 8.96, No. 8.97, No. 9.00, No. 9.02, No. 9.17 및 No. 10.00에서 제방여유고의 부족이 발생하였으며, 특히 No. 9.00에서는 홍수위가 좌안 제방을 6cm 월류하는 것으로 simulation되었다. 따라서 천변도로 건설시 하천 통수단면 확보를 위하여 본 연구에서는 위의 8개 측점 외에 측점 No. 8.90, No. 8.91, No. 11.00 및 No. 11.53에 대하여 하천개수를 실시토록 하였으며, simulation

결과 Table 6과 같이 하천시설기준(제방여유고 0.6m이상)에 적합한 결과가 나왔다. 하천개수를 실시한 단면에 80년 빈도의 확률홍수량 159 m<sup>3</sup>/sec를 유하시켰을 때 측점 No. 5.80과 No. 9.00에서 제방여유고 부족이 발생하였으며, 100년 빈도의 확률홍수량 166 m<sup>3</sup>/sec를 유하시켰을 때는 측점 No. 5.80, No. 7.19, No. 8.96 및 No. 9.00에서 제방여유고가 부족했다. 50년 빈도의 확률홍수량이 유하할 때 성내교에서 교현천 하구까지 유하시간은 0.11 hr, 유수단면적은 측점 No. 0.93에서 최대 112.24 m<sup>2</sup>이고 No. 11.68에서 최소 24.13 m<sup>2</sup>, 수심은 측점 No. 11.53에서 최대 3.03 m이고 No. 11.68에서 최소 1.49 m, 수면폭은 측점 No. 0.93에서 최대 65.13 m이고 No. 8.91에서 최소 21.84 m였다. 또한 평균유속이 3 m/sec를 초과하는 측점들에서는 세굴과 침식의 방지대책을 세워야할 것이다.

Fig. 3은 측점 No. 7.01에 있어서 하천을 개

Table 6 하천횡단면 변경후 확률년별 수리특성치

SECNO (No.)	XLCH (m)	K * CHSL (*1000)	Q(m <sup>3</sup> /sec)			XLBEL (EL:m)	CWSEL (EL:m)			RBEL (EL:m)	확률년(50년)						비고
			50년	80년	100년		50년	80년	100년		TIME (hr)	EG (EL:m)	VCH (m/sec)	AREA (m <sup>2</sup> )	DEPTH (m)	TOPWID (m)	
.00	.00	.00	145	159	166	80.71	79.77	79.90	79.96	80.65	.00	79.97	1.96	73.85	2.24	37.40	
.93	9 3.00	.00	145	159	166	81.04	79.97	80.11	80.17	80.98	.02	80.05	1.29	112.24	2.44	65.13	
1.00	7.00	81.43	145	159	166	81.90	79.76	79.85	79.89	81.87	.02	80.44	3.66	39.62	1.66	29.56	
2.00	100.00	8.00	145	159	166	82.22	80.58	80.67	80.71	82.25	.03	81.30	3.76	38.55	1.68	26.90	
2.71	71.00	1.41	145	159	166	82.78	81.25	81.36	81.41	82.78	.03	81.72	3.03	47.92	2.25	24.30	
2.72	1.00	300.00	145	159	166	82.78	81.20	81.30	81.34	82.78	.03	81.98	3.91	37.11	1.90	24.30	
2.86	14.00	.00	145	159	166	82.78	81.60	81.71	81.77	82.78	.04	82.09	3.10	46.82	2.30	24.30	
3.00	14.00	42.86	145	159	166	83.81	81.76	81.85	81.90	83.82	.04	82.52	3.87	37.52	1.86	25.10	
4.00	100.00	6.00	145	159	166	83.87	82.59	82.70	82.75	84.04	.04	83.19	3.44	42.20	2.09	25.41	
4.09	9.00	.00	145	159	166	83.87	82.74	82.82	82.88	84.04	.05	83.24	3.16	45.95	2.24	25.45	
4.17	8.00	15.00	145	159	166	84.15	82.74	82.84	82.91	84.19	.05	83.30	3.30	43.90	2.12	28.92	
5.00	83.00	5.18	145	159	166	84.53	83.14	83.21	83.25	84.45	.05	83.86	3.78	38.34	2.09	23.40	
5.80	80.00	.00	145	159	166	84.53	83.83	83.98	84.04	84.45	.06	84.19	2.66	54.50	2.78	23.75	
5.88	8.00	72.50	145	159	166	85.61	83.73	83.89	83.96	85.61	.06	84.27	3.24	44.75	2.10	26.09	
6.00	12.00	10.00	145	159	166	85.47	83.72	83.82	83.87	85.87	.06	84.51	3.96	36.66	1.97	23.40	
7.00	100.00	5.50	145	159	166	86.40	84.56	84.68	84.73	86.84	.07	85.07	3.18	45.57	2.26	24.99	
7.01	1.00	200.00	145	159	166	85.61	84.54	84.63	84.68	85.61	.07	85.28	3.81	38.08	2.04	26.32	단면변경
7.19	18.00	5.56	145	159	166	85.61	84.88	84.98	85.03	85.61	.07	85.42	3.24	44.76	2.28	26.34	단면변경
7.37	18.00	61.11	145	159	166	88.36	85.61	85.69	85.73	88.31	.07	86.29	3.66	39.59	1.91	29.67	
8.00	63.00	.79	145	159	166	87.52	86.14	86.23	86.27	87.22	.08	86.65	3.16	45.92	2.39	26.44	
8.90	90.00	8.33	145	159	166	88.20	86.47	86.57	86.62	88.20	.09	87.27	3.97	36.49	1.97	23.09	단면변경
8.91	1.00	500.00	145	159	166	88.20	86.86	86.97	87.03	88.20	.09	87.69	4.02	36.04	1.86	21.84	단면변경
8.96	5.00	.00	145	159	166	88.10	87.37	87.50	87.56	88.30	.09	87.74	2.71	53.58	2.37	23.75	단면변경
8.97	1.00	.00	145	159	166	88.10	87.26	87.39	87.46	88.30	.09	87.79	3.23	44.93	2.26	23.75	단면변경
9.00	3.00	-133.33	145	159	166	88.20	87.59	87.72	87.79	88.76	.09	87.83	2.17	66.81	2.99	24.48	단면변경
9.02	2.00	50.00	145	159	166	88.89	87.65	87.79	87.86	88.88	.09	87.84	1.96	74.02	2.95	29.59	단면변경
9.17	15.00	.00	145	159	166	88.89	87.66	87.81	87.88	88.88	.09	87.86	1.95	74.44	2.96	29.59	단면변경
10.00	83.00	6.63	145	159	166	89.11	87.67	87.81	87.88	88.91	.10	88.05	2.74	52.98	2.42	26.32	단면변경
11.00	100.00	5.50	145	159	166	90.34	88.46	88.55	88.59	89.69	.10	89.22	3.87	37.49	2.66	25.12	단면변경
11.53	53.00	7.55	145	159	166	90.70	89.23	89.36	89.43	90.12	.11	89.54	2.45	59.16	3.03	25.51	단면변경
11.68	15.00	26.67	145	159	166	90.70	88.09	88.21	88.27	90.12	.11	89.93	6.01	24.13	1.49	24.27	



수하지 않은 상태에서 50년 빈도의 확률홍수량을 유하시켰을 때 하천횡단면도이다. 여기서 횡축은 하천 좌안으로부터의 누가거리, 종축은 표고를 나타내며, X는 하상고, W는 홍수위 수면, E는 에너지선을 도시한 것이다. 좌안으로부터 8 m, 12 m 거리에 있는 기둥은 천변도로의 교각이다.

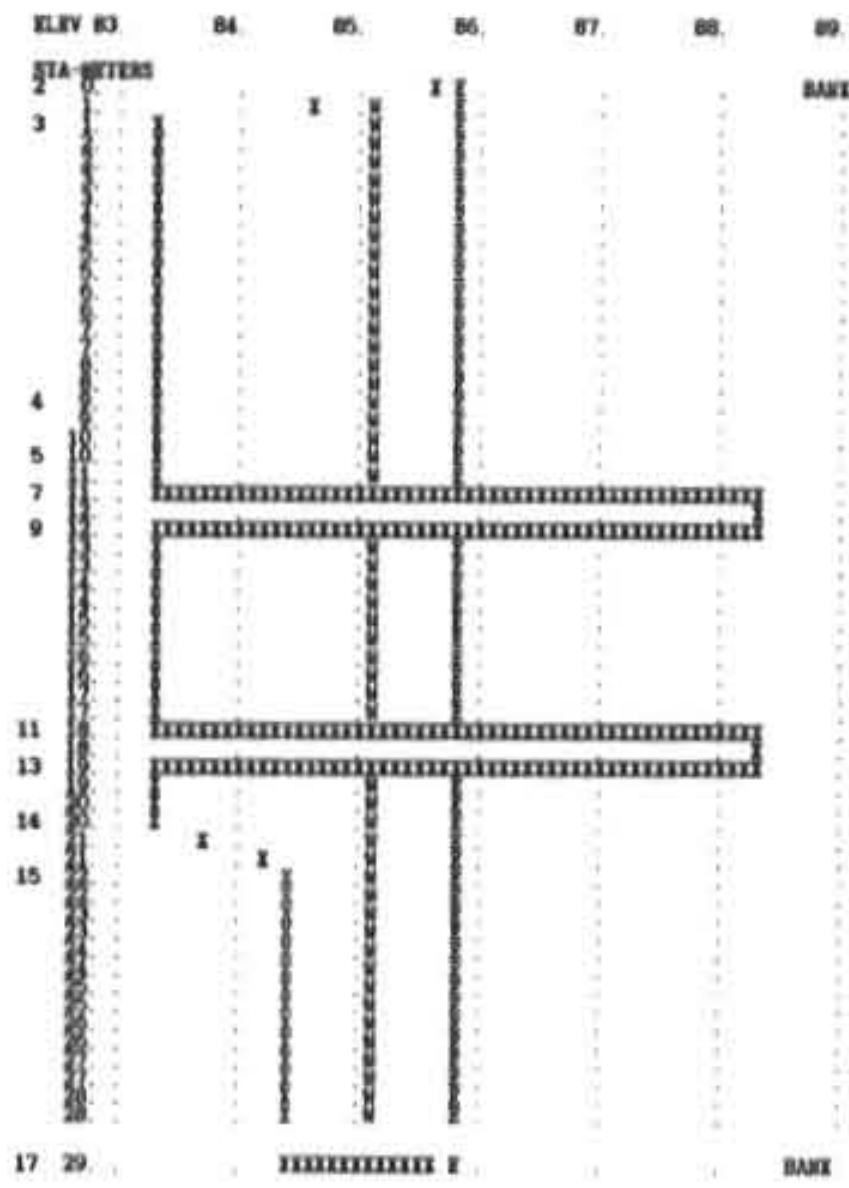


Fig.3 50년 빈도 확률홍수량에 대한 하천횡 단면도 (측점 No. 7.01, 단면변경전)

Fig.4는 천변 고속화도로 건설시 통수단면 확보를 위하여 하천을 개수한 상태에서 50년 빈도의 확률홍수량을 유하시켰을 때의 측점 No. 6.00(성내교)에서 No. 0(교현천 하구)까지 하천 종단면도를 예시한 것이다. 횡축은 누가거리, 종축은 표고를 나타내며, I는 최심하상고, R은 우안 제방고, L은 좌안 제방고, W는 홍수위 수면, E는 에너지선 표고를 나타낸다. Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 하천개수 후에는 확률홍수위 윗쪽으로 충분히 제방여유고가 확보되었음을 알 수 있다.

### 5. 결론

충주시 교현천 우안을 따라 건설되고 있는 교량형 도시 고속화도로가 하천에 미치는 영향을 검토하기 위한 방법론을 제시하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 수리특성 분석을

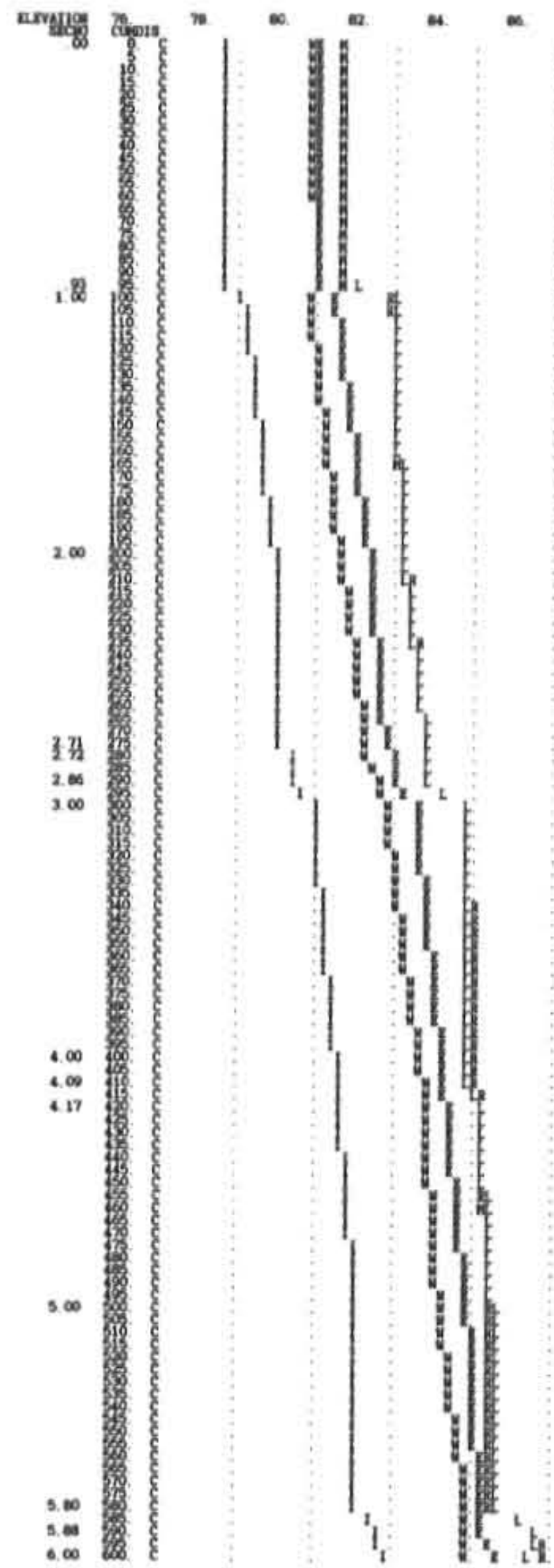


Fig.4 50년 빈도 확률홍수량에 대한 하천종 단면도 (측점 No. 0~No. 6, 단면변경후)

실시하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저, 확률강수량 산정을 위하여 충주 기상관측소의 일최대강우량자료를 수집하고 이를 정규분포, 2변수 및 3변수대수정규분포, Gumbel-Chow분포, Pearson Type III분포 및 Log-Pearson Type III분포로 분석하였으며, 최적 분포형을 결정하기 위해  $\chi^2$ -검정과 K-S 검정을 실시하였다. 본 연구에서는 Gumbel-Chow분포에 의한 확률강수량값을 최적치로 선정하였다.

유효우량은 SCS법으로 산정하였으며 교현천 하구에 대한 CN값은 AMC-II조건에서 68.4였다. 그리고 확률홍수량은 합리식, Kajiyama식 및 유역추적법으로 계산하였는데, 다른 방법에



비해 유역 특성치를 비교적 많이 고려할 수 있는 유역추적법에 의한 홍수량값을 최적치로 선정하였다. 교현천 본류가 준용하천입을 고려하여 설계빈도를 50년으로 잡았으며, 교현천하구의 50년 빈도 설계홍수량은  $145 \text{ m}^3/\text{sec}$ 였다.

하천수면형을 계산하기 위해 HEC-2 모델을 적용하였으며, 분석하도구간은 교현천 하구(No. 0)에서 성내교(No. 11.68)까지 1,168m이며, 31개 측정점에 대하여 하천종횡단측량을 실시하여 기초자료로 이용하였다. 기점홍수위는 50년 빈도에 대하여 EL 79.90 m를 적용하였고, 조도계수는 현장답사를 실시한 후, 0.020과 0.025를 적용하였다. 천변도로 건설시 부족한 통수단면을 확보하기 위하여 확폭, 제방증고 등을 측정별로 검토하였으나 하천변에 위치한 도로 및 건물로 인하여 부득이 하상개수를 실시하는 것으로 하였다.

HEC-2 모델의 출력양식은 수리특성치를 요약한 표, 하천횡단면도, 하천종단면도 등이다. Simulation 결과 하상개수전 50년 빈도 확률홍수량에 대하여 8개의 측정점에서 제방여유고가 부족했으나, 제방여유고가 부족한 지점을 포함하여 12개 측정점에 대하여 하상개수를 실시한 후에는 모든 측정점에서 하천시설기준의 제방여유고 조건을 만족시켰다. 80년 빈도와 100년 빈도의 확률홍수량을 유하시켰을 때는 각각 2개 측정점과 4개 측정점에서 제방여유고 부족이 발생하였다. 그런데 홍수류의 유속이  $3 \text{ m/sec}$ 를 초과하는 측정점에서는 세굴과 침식을 방지하기 위한 대책을 세워야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 김지학, 장인수 등, 충주천·교현천 환경개선 연구 보고서, 충주시(1995)
2. Kite, G.W., Frequency and Risk Analysis in Hydrology, 2nd Ed., WRP(1978)
3. HEC, HEC-1 Flood Hydrograph Package, User's Manual, U.S. Army Corps of Engineers(1990)
4. HEC, HEC-2 Water Surface Profiles, User's Manual, U.S. Army Corps of Engineers(1991)
5. Hoggan, D.H., Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics, McGraw-Hill Book Co., pp 283-503(1989)
6. Bedient, P.B., and Huber, W.C., Hydrology and Floodplain Analysis, 2nd Ed., Addison-wesley Pub. Co., pp 455-520(1992)
7. 충주시, 천변도로 시설확충사업 2차 기본 및 실시 설계보고서(1998)
8. 건설부, 하천시설기준(1993)
9. Bradley, Joseph, Hydraulics of Bridge Waterways, Hydraulic Design Series No.1, Federal Highway Administration, 2nd Ed., U.S. Dept. of Transportation(1979)
10. Eichert, B.S. and Peters, J.C. "Computer Determination of Flow Through Bridges." ASCE, J. Hyd. Div., Vol. 96, No. HY7(1970)
11. King, H.W. and Brater, E.F. Handbook of Hydraulics., 5th Ed., McGraw-Hill Book Co.(1963)

(1999년 1월 12일 접수, 1999년 4월 20일 채택)