

# 头汴坑溪一江桥上游河道震后之复建

陈正炎<sup>1</sup>, 洪耀明<sup>1</sup>, 陈顺天<sup>2</sup>,  
(1 中兴大学土木工程学系, 台湾台中市; 2 “经济部”水利处)

**摘要:** 台湾主要河川大都发源于中央山脉, 上游坡降陡峻水流湍急, 至中下流入平地后地势转缓, 流速始渐滞缓。头汴坑溪一江桥位属头汴坑溪上游段, 上游约 500 m 处受到 1999 年 9 月 21 日集集大地震断层错动影响, 该河段右岸瞬间发生大规模山崩, 致大量土石滑落将原有河道全部掩盖, 水流无法向下游倾泄, 随着地震后时间逐渐拉长, 上游水位亦逐渐抬升, 随时可能泛滥成灾而危及上下游居民生命财产安全。本研究收集该地区水文地文、地震后抢修抢险及复建工程设计施工相关资料, 配合水理分析, 提出妥善处理计划, 俾供相关从业人员参考运用。

**关键词:** 断层错动; 水文资料; 集集地震

中图分类号: p315.9      文献标识码: B      文章编号: 1005-3409(2001)01-0010-07

## Reconstruction of Tou-Pien-Keng Stream Upstream of Yi-Chiang Bridge after Chi-Chi Earthquake

CHEN Zheng-yan<sup>1</sup>, HONG Yao-ming<sup>1</sup>, CHEN Shun-tian<sup>2</sup>  
(1 Department of Civil Engineering, Chung-Hsing University, Taiwan  
2 Water Conservancy Department of "Ministry of Economy")

**Abstract:** Most of rivers rise from the Central Mountain in Taiwan. These rivers have torrential flow with steep longitudinal slope upstream, and moderate flow with mild slope downstream. Yi-Chiang Bridge located at the upstream of Tou-Pien-Keng stream. Owing to "9·21" Chi-Chi Earthquake, a landslide happened in the right riverbank about 50 meters above from Yi-Chiang Bridge. It covered the channel, stopped the stream and increased the water stage by the time. It is necessary to canal the flood for the lives insurance. The dates of hydrology, the instant reconstruction, and the design and construction were collected in this study. They were used to do the hydraulic analysis and establish a proper flood control plan for the reference design.

**Key words:** fault displacement; hydrological data; Chi-Chi Earthquake

### 1 前言

台湾 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 时 47 分, 南投县集集附近发生芮氏规模达 7.3 级的强烈地震, 其后又陆续发生超过 8 000 次余震, 导至台湾中部地区建筑构造物损毁及人员伤亡十分严重。此次大地震震毁了许多道路桥梁、河堤堰坝, 以及引起大规模山崩。头汴坑溪一江桥上游约 500 m 处河道, 亦受此

次大地震影响, 河道右岸瞬间发生巨大山崩, 致大量土石滑落将原有河道全部掩盖, 水流无法向下游排放, 上游形成一天然小规模之堰塞湖, 随着地震后时间逐渐拉长, 上游水位亦逐渐抬升, 随时可能泛滥成灾危及上下游居民生命财产安全。本文收集该地区水文及地文数据; 地震后抢修抢险及复建工程设计施工相关资料, 配合水理分析, 拟定妥善处理计划, 期对相关从业人员设计施工参考上有所助益。

\* 收稿日期: 2000-11-20

作者简介: 陈正炎, 中兴大学土木工程学系副教授; 洪耀明, 中兴大学土木工程学系博士生; 陈顺天, “经济部”水利处第三河川局副工程司。

## 2 河道概况及原始设计

### 2.1 河道概况

大里溪水系东起大横屏山山麓, 西以乌溪为界, 南迄干溪流域, 北绕丰原市, 为乌溪中游之一大支流。重要水源有大坑溪、廓子溪、旱溪、头汴坑溪、草湖溪及干溪等六大支流, 均发源于大横屏山浅山区, 分别流经台中盆地, 先后汇至大里溪, 西流至台中县乌日乡注入乌溪(详图 1)。全流域面积共计 400. 72

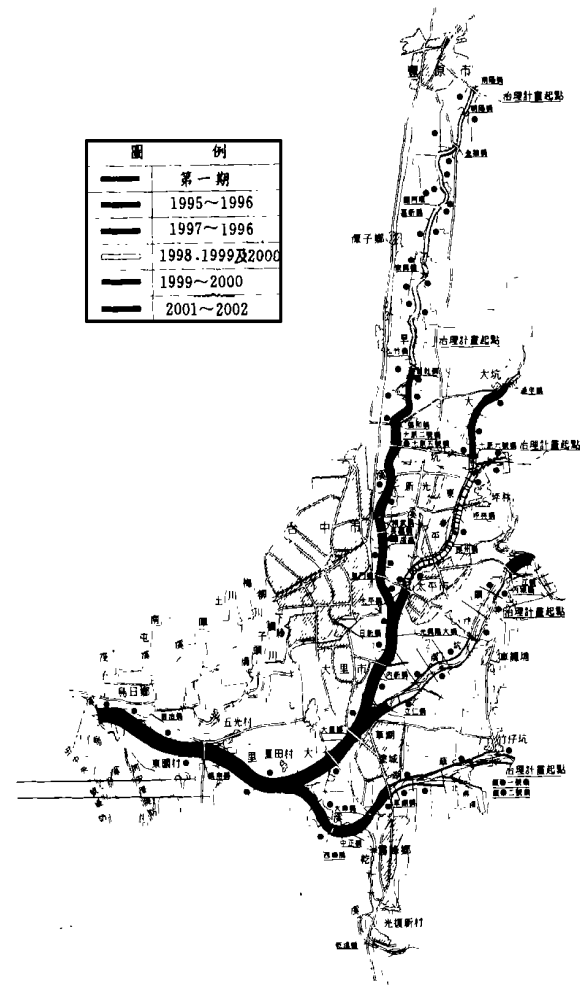


图 1 大里溪水系图

km<sup>2</sup>, 平地面积约 203. 60 km<sup>2</sup>, 占全流域面积 1/2 强, 山区、平地地形坡降分别为 1/60、1/320。本区域各河川, 因山区地势陡峻, 雨水流出急而且剧, 进入平地后地势转缓, 又承受平地径流, 且河道蜿蜒曲折, 河幅宽狭不一, 故溪水流迟滞且缓慢。在与乌溪合流处, 更受其洪水位之顶托, 非但不能畅泄流域内洪水, 而且常发生滞水作用, 间接导致平地区域发

生分歧乱流, 难以自然形成主槽。头汴坑溪为大里溪重要支流之一, 集水面积 96. 38 km<sup>2</sup>, 主要发源于暗影山山峰, 标高 997 m, 流长 22. 33 km, 上游段自发源地至东平村附近河床坡降为 1/80, 其下游坡降为 1/140。自发源地西行至东平村进入台中盆地, 再偏向西南行, 此段河幅较宽, 多分歧乱流, 下行至仁化村附近入大里溪。

头汴坑溪—江桥系联络台中市与太平市之重要桥梁, 其上游流域内, 因人口激增, 两岸土地已高度利用并成为都会边缘重要地区, 区内工商发达, 政经、交通之重要性剧增。惟洪灾亦年益严重, 如不及早整治, 恐会为今后带来更大洪患及生命财产的损失。有鉴于此, “经济部”水利处已于大里溪治理 1991 年完成该河段高水治理。

大里河流域年平均雨量约 1 900 cm, 年平均径流量大里溪干流下游溪南桥站约 4. 8 亿 m<sup>3</sup>, 旱溪下游自治桥站约 3. 5 亿 m<sup>3</sup>。河川引水以农业为主, 近年来灌溉面积正逐渐减少, 故全区总灌溉面积增加之可能性不大。由于台中市及其近郊部分乡镇近年来工商业发展迅速, 人口不断增加, 故迫切需要增加供水的标的将为工业用水及公共给水。

### 2.2 原始设计

大里溪治理计划河道总长 53 km, 第一期实施计划由 1990 ~ 1994 年共五个年度, 总工程经费 86. 13 亿元。第二期实施计划由 1995 ~ 2002 年共八个年度, 总工程经费 103. 6 亿元, 现正实施中。

头汴坑溪—江桥上游河段属大里溪治理计划实施范围, 治理原则采束洪、导洪并用, 其中高水治理两岸筑堤以抵御 100 年频率洪水为设计标准, 堤防出水高度采用 1. 50 m; 低水治理则采 2 年频率洪水位整治深水槽, 并施作低水护岸及办理两岸高滩绿美化工程, 俾提供附近居民娱乐、游憩、休闲使用。

头汴坑溪—江桥上游河段设计洪水量 2 200 cms 相当于 100 年频率洪水, 计划河宽 210 m, 计划河床高 101. 50 m, 计划洪水位 105. 67 m。

## 3 震灾成因及灾后抢险措施

### 3.1 震灾成因及损害情形

由丰原南下之车笼埔断层, 其行经路线经由太平市虎头山兴丰宫附近时, 穿越头汴坑溪—江桥上游河道, 造成该河道右岸山崩, 其滑落之大量土石方将河道完全掩盖, 致水流无法向下游倾泄。其后该断层经由河道左岸时分岔为两条破裂线, 如图 2 所示, 其中一条以垂直桥轴方向通过一江桥左侧约 50 m

处,另一条则从上游左岸斜向经过河道到达一江桥右岸第五桥墩附近。由于车笼埔断层经由一江桥上游左岸河道,致左岸河道地盘隆起平均约 2.26 m,既有堤防受断层挤压产生严重龟裂破损达 190 m,而低水护岸则发生隆起及严重破损达 140 m。

3.2 灾后紧急抢险措施

“9·21”集集大地震造成头汴坑溪一江桥上游约 500 m 处河道全部为山崩土石所掩盖,如照片 1 所示。经勘查及测量结果,该掩盖土石方总计约 187 m<sup>3</sup>(长约 250 m、宽约 150 m、高约 50 m)。有鉴于该

土石方全部堆置于河川行水区,严重影响河川排洪功能,震灾后应采取断然明快处置措施,以免灾情扩大愈发不可收拾。经考量震灾后水流无法向下游宣泄,水位日益雍高情况确属万分危急,水利处第三河川局于震灾当日即调用五部以上大型挖土机日以继夜疏浚河道及开挖排水路,自 1999 年 9 月 21 日震灾起算至 10 月 11 日共 21 个工作天,共完成疏浚及整平土石方 103 614 m<sup>3</sup>,完成宽度 60 m、长度 650 m 河道疏浚,实景如照片 2 所示。

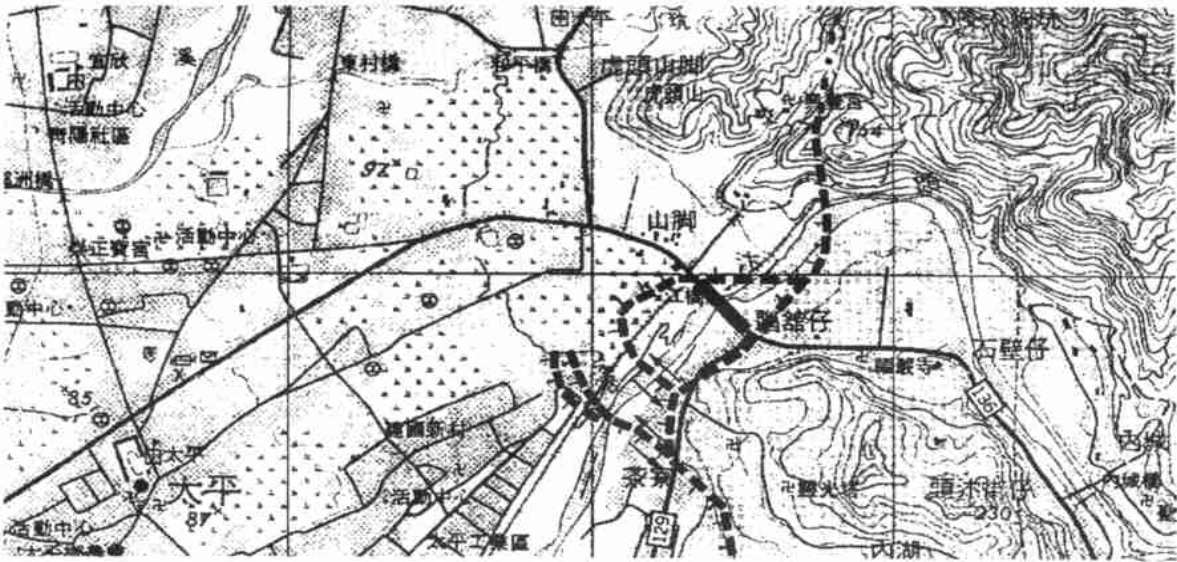


图 2 车笼埔断层之地表破裂线



照片 1 头汴坑溪一江桥上游河道“9·21”震灾灾情



照片 2 一江桥上游河道紧急疏浚后全貌

3.3 紧急疏浚后水理演算

该阻塞河道经紧急疏通后, 洪患危机得以稍解, 惟仍应检讨其通水断面所能通过何种频率流量洪水量, 以作为防汛之参考。依照大里溪治理计划先期规划报告, 大里溪水系洪峰流量如图 3, 经由大里水系各溪段各频率洪峰流量、计划方案水理因素及各频率洪水位资料分析, 获致疏浚后河道顶宽约 60 m、底宽约 40 m、高度约 6 m、斜坡比为 1 1.5、能量坡降  $S = 0.00327$ 、粗糙度  $n = 0.04$ , 求得断面积

$A = (60 + 40) \times 6 / 2 = 300 \text{ m}^2$ , 湿周  $P = 40 + 2(6 \times 1.803) = 61.64 \text{ m}$ , 依照 Manning 公式推算疏浚后流量  $Q = 1 / 0.04 \times 300 \times (300 / 61.64)^{2/3} \times 0.00327^{1/2} = 1231 \text{ cms}$ 。换言之, 经紧急抢险疏浚后之通水断面仅能通过 1231 cms 洪水量, 相当于该河道 10 年频率流量, 暂可疏解部分洪水流量。惟从大里溪治理原则观点而言, 尚不足以抵御 100 年频率洪水, 故应尽速办理复建以确保汛期安全无虞。

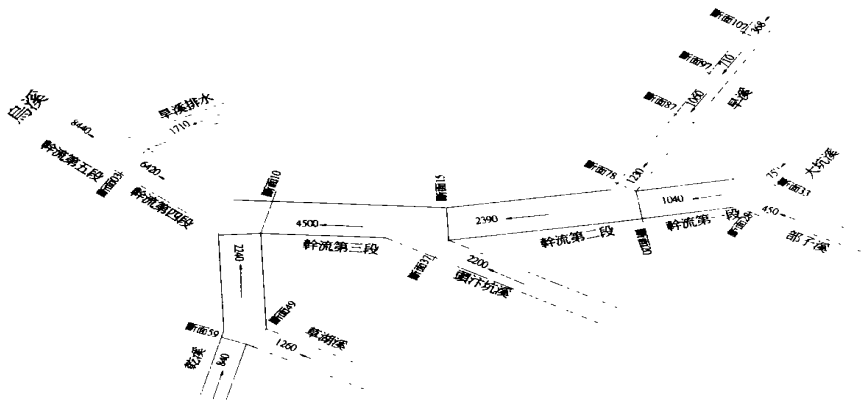


图 3 大里溪水系洪峰流量图

4 灾后复建措施

4.1 复建措施及设计工法

震灾后本河道疏浚虽完成但仍应尽速办该堤段

复建工作, 以确保该地区防洪安全。有关该河道复建措施, 囿于 '9·21' 地震后中部地区各类构造物受创严重所需复建经费十分庞大, 政府财政困难所能筹措之经费甚为有限, 复以复建工程用地取得手续

繁杂法令繁多,故采用何种工法办理可分成两方案思考,兹分述如后:

方案(A):不考量工程经费及用地取得时程等因素,完全采用大里溪防洪设计标准办理。即两岸堤防按公告水道治理计划线布置,计划堤顶高以 100 年频率洪水位另加 1.5 m 出水高为设计标准,计划河宽以 210 m 公告堤宽办理。

方案(B):在有限复建经费并考量用地取得时程下,暂以通过 50 年频率洪水为设计标准,即标准断面以箱型石笼背填回填方并配合河道整理疏浚一并施工。

有关方案(A)、(B)之异同及比较兹列如下表 1。经比较上述两方案,本河道复建工程设计原则及工法,因须考量复建经费及用地取得双重因素,方案(A)已不可行必须采用方案(B)办理。其原因为崩落河道之土石方高达 175 万 m<sup>3</sup>,所需运处理费用初估高达新台币 3 亿元以上,另如依照大里溪治理公告

用地范围办理征收及地上物查估补偿亦高达 5 000 万元,故仅能在有限经费下参酌现况在不影响防洪安全原则下,在已办理完成之疏浚河道中再尽量予以扩大其通水断面,至掩盖河道中之土石方限于经费则暂不予处理。

由于崩落河道中之土石方部分经紧急疏浚运弃及作回填方处理,所余尚堆置该河道右岸之土石方经现场勘查研判已呈稳定状态,于河道右岸形成一天然稳固堤,右岸暂无增设堤防之必要。至左岸原有堤防及低水护岸因“9·21”震灾破坏部分,依照原设计予以复建,其衔接原有堤防及低水护岸上游段,限于经费及用地取得等因素,其设计标准断面采用石笼工施工,通水断面以能通过 50 年频率洪水为原则,该石笼工法估计工程寿命可达 10 年以上,与方案二构思之原则相符。至有关本工程复建工法及相关设计图说如图 4、5 所示,完工后全貌如照片 3 所示。

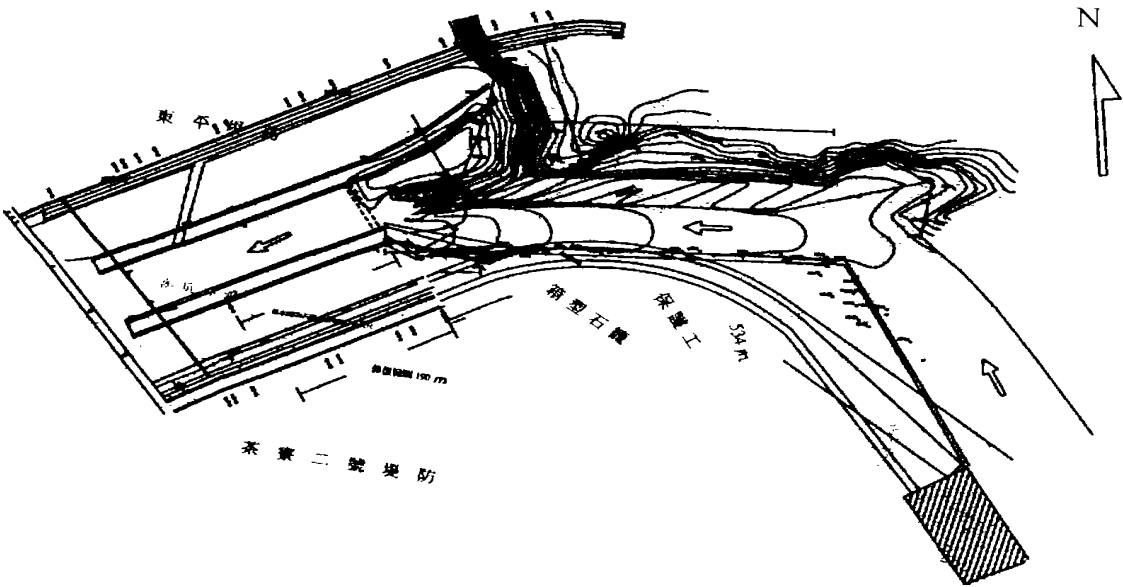


图 4 头汴坑溪—江桥上游河道复建工程平面示意图

4.2 复建工程水理演算

经考量震灾后复建时效及工程经费,本河道复建以箱型石笼工为主体工程并配合河道疏浚及远运弃方一并施工。由于震灾后河道复建标准断面系由原疏浚排水道尽量予以扩大,故复建后河道通水断面究能通过何种频率流量洪水量,是水利工程师应当关切问题,应作妥适检讨以作为防汛之参考。由于本河道复建工程已于 2000 年 8 月完工,兹利用已完成复建河道相关水文数据演算如后:河道顶宽约 70 m、底宽约 55 m、高度约 7 m、斜坡比为 1 1.5、能

量坡降  $S = 0.00327$ 、粗糙度  $n = 0.04$ ,求得断面积  $A = 437.5 \text{ m}^2$ ,湿周  $P = 80.24 \text{ m}$ ,仍依照 Manning 公式推算出流量  $Q = 1937 \text{ cms}$ 。基于河道复建后通水断面所能通过流量高达 1 937 cms,亦即可通过 50 年频率流量(50 年频率流量为 1 880 cms),虽未达大量溪治理原则之严苛标准,但在有限经费下能作如此妥适之规划设计,诚属难能可贵!惟河道完成后,仍需在汛期加强河川巡防,如有急需应急保护或疏浚之必要时,再作妥当之处置即可。

表 1 方案(A)、(B)之异同及比较

项目	设计原则及工程经费						
	堤线布置	设计标准	标准断面	计划河宽	高滩绿美化	工程寿命	工程经费
方案(A)	依照公告水道治理计划线	通过 100 年频率洪水	堤防工	210 m	有	100 年	4 亿
方案(B)	配合现况	通过 50 年频率洪水	石笼工	70 m	无	10 年	5000 万

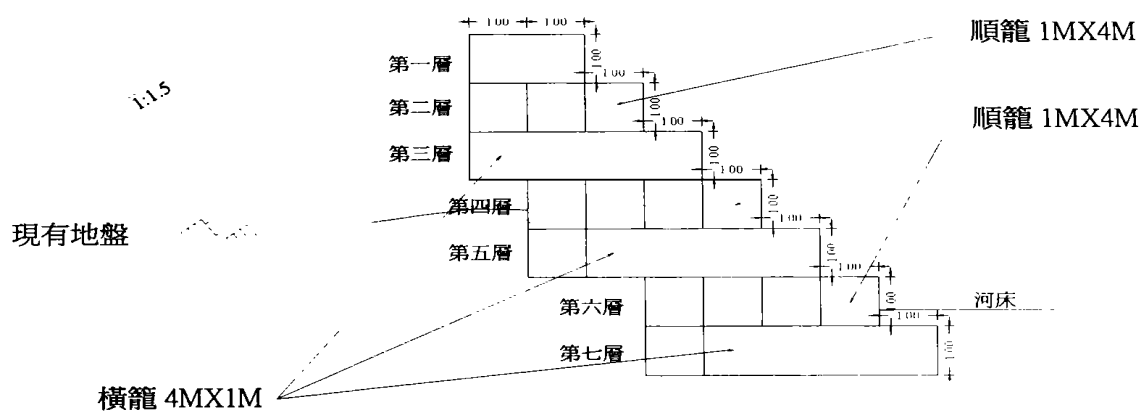


图 5 头汴坑溪—江桥上游河道复建工程箱型石笼示意图



照片 3 头汴坑溪—江桥上游河道复建工程竣工全貌

## 5 结 论

(1) 头汴坑溪—江桥上游约 500 m 处因“9·21”震灾崩落于河道中土石方, 围于经费筹措等因素至今仍未清除, 其数量高达 100 万  $\text{m}^3$ , 严重阻碍排洪, 建议有关单位以有价物料方式办理标售, 既可节省公帑减轻财政负担, 又可达到物尽其用及疏浚河道之双重目标。

(2)地震后河道其复建工程业于2000年8月完

成, 惟其工程设计系以石笼工法配合河道疏浚一并施工, 工程寿命约仅 10 年。由于该河道通水断面经水理演算估约通过 50 年频率洪水, 与大里溪治理计划设计标准相较仍有不足。为防洪考量, 长远目标仍应以达成通过 100 年频率洪水及两岸施作堤防方式办理, 以确保该地区免受洪患威胁。

(3) 本复建工程位属太平市头汴坑溪上游段, 该地区山明水秀, 实为一良好休憩活动场所。由于该河道计划河宽高达 210 m, 两岸高滩十分广阔将可充

分规划绿美化设施并配合施作低水护岸工程,以提 供当地居民休闲活动之好去处。

致谢: 本文研究期间,承蒙“经济部”水利处与水利处第三河川局提供相关资料,中兴大学土木工程学系卢昭尧教授不吝指正,研究生吴传伟、江升峰协助资料之汇整与分析工作,使本文顺利完成,特此致谢。

参考文献:

[ 1 ] 台湾省水利局. 大里溪治理计划先期规划[ R ]. 1989.  
[ 2 ] 台湾省水利局. 大里溪治理计划先期规划总报告[ R ]. 1989.  
[ 3 ] 台湾省水利局. 大里溪水系治理基本计划[ R ]. 1989.  
[ 4 ] 台湾省政府水利处. 台湾重要河川[ R ]. 1999.  
[ 5 ] 水利处. “9 · 21”震灾水利设施灾害及处理总结报告[ R ].  
[ 6 ] 林呈,孙洪福. 见证“9 · 21”(上)集集大地震[ Z ]. 2000.  
[ 7 ] Chow, V. T., Open channels hydraulics[ M ]. 1959.  
[ 8 ] 颜正平. 天灾地变与防灾减灾[ J ]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 2~6.  
[ 9 ] 李咸享. 台北市震度微区图在建筑防灾之运用[ J ]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 50~54.

(上接第 9 页)

述如下: OM 25 为 DOS 的最终版本, 是在 GNU gcc 编译程序下所发展, 可在 DOS/ WIN95/ WINNT 下执行。OM 30 为发展中的版本, 是在 BCB 3.0 编译程序下所发展, 目前已完成大部分功能, 可在 WIN95/ WINNT 下执行。OM 20 为 Linux 的版本, 由于在 Linux 上程序执行的效能较高, 某些需大量分析的程序才移植到 Linux 上。系统画面包括: (1) 程序主选单( menu ): 为功能模块之分类; (2) 程序次选单( sub - menu ): 为功能模块下之程序集; (3) 单一程序: 执行次选单之程序选项。

目前 OM 提供之功能如下: (1) 坡度、坡向空间分析, 向量资料网格化; (2) 边界处理、属性编码、套叠分析、图形展示; (3) 集水区自动划分、集水区特性分析; (4) 高入渗区及泥岩区之缓冲带配置、土石流评估; (5) AGNPS 资料分析、集水区坡面土壤流失量( USLE ) 及泥砂产量估算; (6) 卫星影像波段组合、增扬、边界处理; (7) 公用程序及不同资料格式转文件等之分析。OM 30 对图档之展示有两种: 1.

WinGrid 为系统内建之图形展示程序, 可展示由 OM 30 所分析的各类图档, 除展示图档之外, 并能对图文件之属性资料进行统计及显示属性之信息。2. 由 ArcView 软件展示, 由于 ArcView 为一功能强大的 GIS 查询展示软件, 本程序集可直接连结 ArcView 软件, 利用其查询展示的功能, 展示 OM 所分析的各类图档。

## 7 结 语

集水区农业污染之分析, 应以集水区为单元, 利用泥砂递移率及滨水区植生缓冲带之配置理念, 划定集水区环境敏感区位, 针对敏感区位回收造林管制农业污染源, 可避免污染物对水质的污染, 减少农地或其它用地的损失。除了植生缓冲带之配置外, 集水区主要潜在污染源之农作区内, 应落实耕地保育措施, 避免非点源污染物之汇集成点源污染而危及溪流之生态环境。

参考文献:

[ 1 ] 林昭远. 集水区植生缓冲带之配置[ M ]. 台湾水土保持, 1998. 1~4.  
[ 2 ] 陈玉麟. 世界农药之现况[ C ]. 农药安全研讨会论文集, 1992. 1~12.  
[ 3 ] Joy O’Laughlin and George H. Belt. Functional approaches to riparian buffer strips design[ J ]. Journal of Forestry, 1995, 29~32.  
[ 4 ] Puvis, A., Hoehn, J. P., Sorenson, V. L., and Pierce, F. J. Farmers response to a filter strip program: results of a contingent valuation survey[ J ]. Journal of Soil and Water Conservation 1989, (44): 501~504.  
[ 5 ] 庄作权. 利用放射化学及地球化学方法追踪德基水库集水区之泥沙来源[ J ]. 水土保持研究, 1995, 2(3): 2~7.  
[ 6 ] 周天颖, 等. 集水区土地利用监控模式[ J ]. 水土保持研究, 1995, 2(3): 40~44.  
[ 7 ] 李铁民. 台湾地区水库集水区治理成效评估方法[ J ]. 水土保持研究, 1995, 2(3): 16~23.  
[ 8 ] 林昭远. 数值地形模型应用于集水区规划与整治之研究[ J ]. 水土保持研究, 1999, 6(3): 37~42.