

台湾山坡地区开发为高尔夫球场 对水土保持之影响

郑新兴*

陈文福

(中兴大学水土保持学研究所·台湾台中市)

摘 要 近年来台湾地区经济蓬勃发展,高尔夫球场之辟建亦随之兴起,5年内增加约50座球场,含此新增之50座共84座之总面积约计5 291hm²。然而台湾岛屿之地形,大部份山丘陡峻,平地却又人口密集,可建球场面积相当有限,这种高经济运动休闲之产物,为因应需求,自然往山坡地发展,台湾由于地形及气候特殊,球场开发期间,脆弱的山坡地被重机械如推土机、怪手等作业下,大量的表土常因雨季的来临严重冲蚀,而造成下游地区的土砂灾害及环境的冲击。

鉴于高尔夫球场之开发对水土资源之冲击,其影响程度为何,可由球场开发之前、中、后三个时期加以比较。其中施工中对水土保持之影响最大;球场完成开始营运后对水土保持之影响则较不显著。然由于大规模破坏原有地形、地貌,长期而言对当地水文及生态环境影响究竟如何则有待进一步长期观察、监测、研究的必要。

关键词 水土保持影响 高尔夫球场 山坡地 小区域水文 生态系统

Soil and Water Conservation Impact of Constructing Hillslope Land to be Golf Courses in Taiwan

Sin-hing Chung Wen-fu Chen

(Institute of Soil and Water Conservation, Chung Hsing University, Taichung Taiwan)

Abstract The economical development is prosperous in Taiwan recently. The constructing of golf courses is also aroused. There are about fifty golf courses increased in recent five years and the total area of eighty four golf courses is 5291 hm², including the new increased fifty. Because Taiwan is a tropical island and most of the hillslope land is steep. Nevertheless, the plane area is densely populated and farmed thus the land for constructing golf courses is extremely limited. For the demand of the golf courses, it is a big trend to construct hillslope land to be golf courses. Due to the special topographic and climatic situation, the hillslope land is badly damaged by bulldozers during constructing golf courses. A large amount of top soil will be washed off and it will cause serious sediment disaster and environmental impact.

Owing to the impact of the soil and water resources caused by golf courses, the influence can be divided into three periods: before, during, and after construction. In comparison, the

① 收稿日期 1995-05-10 ※台湾水利局副局长。

soil and water conservation is much more impacted during the constructing period than before and after the constructing period. After golf courses have been constructed and begin to operate, the influence is less obviously. Since it did a great change to the primary hillslope land and that would cause great damage, it is necessary to do further observation, detection and research to see how the long period influence for the local hydrology and ecosystem will be.

Key words soil and water conservation impact golf courses hillslope land local hydrology ecosystem

1 前言

台湾地区依1994年所颁布水土保持法,山坡地面积共有2 653 870hm²约占全岛面积2/3,平地面积仅占1/3。由于近年来人口增加,经济快速发展,都市扩张及社会型态的改变,在有限的平地利用已趋近饱和情况下,山坡地的各种农业及非农业开发行为如种植高冷蔬菜、高山茶、温带果树、槟榔、大面积坡地社区开发、工厂及大型游憩场所设立、高尔夫球场辟建等,为因应实际需求正如蚕食般地往山坡地发展,因台湾岛屿位于环太平洋造山带上,地形陡峻及地质脆弱,加上集中在夏季的台风豪雨侵袭,原本脆弱而敏感的山坡地,在开发期间一旦移去植被,地面被大量开挖扰动,原有自然环境之平衡状态,即遭到破坏,而加速地表侵蚀。如水土保持处理不当大量土石泥砂被洪水挟带而下,常导致巨大坡地灾害,危及下游居民生命财产安全。

近10年来(1985~1995)在诸多山坡地开发案中,尤以高尔夫球场开发所产生坡地问题最受瞩目,因高尔夫球场开发面积在60~120hm²间属大面积、大规模开发,政府为保护平地良田免于过度开发,乃于1981年颁布高尔夫球场管理规则宣示球场以设于生产为低之河川地和山坡地为原则,适逢邻国——日本高尔夫运动风气刮进台湾,其间加上台湾地价大幅波动诸多因素带动下,山坡地开发为高尔夫球场如雨后春笋般在短短5年内即增加约50座,总开发面积达5 000hm²,由于各球场开发方式大部份采全区域性同时开发,即不论原地貌如何,先砍伐森林清除所有植被,经大量挖填整地后,铺设排水及灌溉系统再全面铺设人工土壤,最后依景观造形种植花树及草皮,这种大面积人工造园方式,往往因施工不当及未切实做好水土保持措施,随雨季来临,即造成大量土石下移致灾害不断发生。

因球场开发不当所引起的坡地水土保持问题也触发了法规、环境、政策、社经及政治层面等问题,请参阅表1,其连锁性反应,在媒体广泛报导及学术界、球场业者、环保人士、政府等单位热烈讨论之下,各说各话、各执一词,由学术界针对球场开发各项问题,如环境冲击、坡地水文、地文变化的探讨,环保与反对人士的诟病与责难及球场业者的极力反驳,政府单位相关法令的修改,致使山坡地开发为高尔夫球场所牵涉的各项问题更形错综复杂,其影响层面亦相当广阔,仅就山坡地开发为高尔夫球场对水土保持重要影响因子,依前人研究结果及现况,以开发前、中、后三时期加比较分析论述;期探究山坡地开发为高尔夫球场对水土保持正负面影响,并阐述水土保持正确观念与作法,使山坡地开发在“利用”与“保育”之间取得平衡点,在兼顾水土资源保护且能合情、合理、合法、安全而有效的利用山坡地,使民众拥有更多健康的活动空间。

表1 高尔夫球场报章报导相关资讯历年出现频率统计表

| 项目 | 正面 | 负面 | 折中 | 合计 | 百分比 |
|------|---------|---------|--------|-----|-------|
| 法令 | 8(* 21) | 23(19) | 2(15) | 33 | 19.2 |
| 环境 | 4(10) | 37(31) | 1(8) | 42 | 24.4 |
| 政策政治 | 6(15) | 40(33) | 2(15) | 48 | 27.9 |
| 社经关系 | 18(46) | 15(12) | 4(31) | 37 | 21.5 |
| 其他 | 3(8) | 5(4) | 4(31) | 12 | 7.0 |
| 合计 | 39(23) | 120(70) | 13(17) | 172 | 100.0 |

* :表百分比(资料来源:陈紫娥,1994)

2 球场开发前

一个高尔夫球场开发案是否能够成功,与开发前是否做过周详审慎的规划有关,所应考虑的因素及影响层面甚为庞杂。从市场供需量调查评估、场址选定、环境冲击评估、水文、气象、地文等资料调查以及相关法规之限制与配合、球道配置及球场细部规划设计,施工前防灾措施规划,营运管理规则…等,开发前周详的调查评估、规划设计,乃是做好水土保持,确保坡地安全,减少灾害的第一要务。因台湾高尔夫球场开发早期承袭日本,后学美国作法,故本土相关研究及文献不多,近几年因山坡地球场开发之案件急速成长,法令来不及因应又不够完备,在部份业者急利追求下,滥垦、超挖致灾害频仍(见表2.1)。继而暴发球场弊案在媒体及反对者大加挞伐之后,受到社会各界的关注,政府行政部门与学术界乃开始进行有关高尔夫球场开发对水土保持问题之影响研究(见表2.2),并举办高尔夫球场与槟榔园对水土保持之冲击研讨会等,已有部份初步成果报告(1992,水土保持与集水区经营研讨会论文集汇编)。

表2.1 高尔夫球场历年发生灾害记录表

| 时间 | 位置 | 内容及损失情形 |
|-------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 77年7月 | 桃园县 | 1. 芦竹第一球场兴建造成坑子角地区水患,损失超过1亿元。 |
| 78年7月 | 新竹县 桃园县 | 1. 杨梅第一球场因780730之大雨淹没农田、道路、房屋,已私下和解。 |
| 78年7月 | 新竹县 | 1. 山上见球场山下成泽国,“730”水患损失四亿余,湖口居民控告长安高球场毁损索赔。 |
| 78年9月 | 台北县 桃园县 | 1. 北滨高尔夫球场土石流失,东华高球场也因水保差,损坏农民土地。 |
| 79年7月 | 台北县 | 1. 北滨高球场下游农民抗议农田灌溉水源遭破坏,北滨球场人员缺席。 |
| 79年8月 | 台北县 | 1. 开发高球场又出纰漏,水土保持不良两度淹没农田,2. 北滨、东华土石流失。 |
| 79年8月 | 彰化县 | 1. 八卦山麓南峰高尔夫球场未做好水土保持造成灾害。 |
| 80年6月 | 台北县 桃园县 | 1. 高场泥沙淹没西瓜田,北滨球场急派推土车清理路面,瓜田被淹约2hm ² 。 2. 龟山旧路村洪患找出祸首,东方高球场难辞其咎,山坡土石伴随豪雨直冲房舍、农田、工厂,村民损失惨重。 |
| 82年6月 | 苗栗县 | 1. 苑里水灾严重,民众指向非法超挖之球场,全国高球场难辞其咎。 |

* 灾害记录仅限于报载者,未包括实际调查及灾害发生而自行和解者。(资料来源:陈紫娥,1994)

表2.2 高尔夫球场开发对水土保持之影响

| 题目 | 执行人 | 目的 |
|---------------------|-------|-------------------------------------------------------------|
| 高尔夫球场滞洪设施之研究 | 段 锦 浩 | 1.检讨球场开时各种防灾措施之有效性,2.探讨滞洪设施之功效。 |
| 高尔夫球场开发地区沈砂池设施效率之探讨 | 陈 树 群 | 1、调查球场现有沈砂池之沈砂效率,2、由实际试验进行最佳沈砂池之设计。 |
| 高尔夫球场设置水文环境影响评估之研究 | 陈 信 雄 | 1、探讨高尔夫球场开发对土砂生产之影响。 2、探讨高尔夫球场开发对水文环境之影响。 |
| 高尔夫球场植生管理对水土保持冲击之研究 | 林 信 辉 | 1、分析球场施工与经营期间,植生管理对水土保持冲击之影响。 2、建立本省高尔夫球场适用之植生草种与维护管理方式。 |
| 高尔夫球场地草保肥及省水管理技术应用 | 杨 秋 忠 | 1、研究提升球场草种、土壤之保肥、保水技术。 2、建立球场草皮之施肥与省水管理手册。 |

(资料来源:游繁结,1994)

兹将球场开发前所应考虑的重要因素及影响层面与水土保持较相关者摘要论述如下:

2.1 市场供需量调查评估

台湾高尔夫球场因受日本消费族群影响较深,其消费型态与经营理念颇相类似,球场开发累计成长曲线图也极为相近,(如图1与图2)。

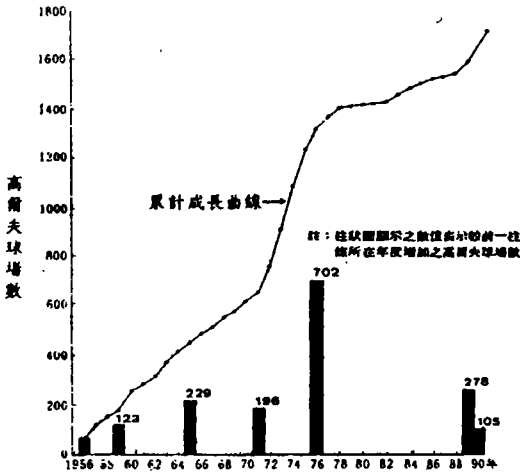


图1 日本高尔夫球场数及累计成长曲线图(公元)
(资料来源:谷山,1991,日本列岛)

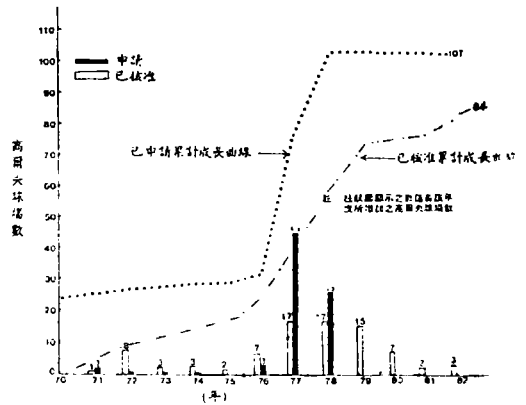


图2 台湾地区历年申请及已核准
高尔夫球场数及累计成长曲线图

由图1与图2显示,台湾高尔夫球场成长现象,受高尔夫球人口急速上升之压力,一窝蜂抢建热潮现象亦相当明显,只是台湾脚步比日本约慢15年左右,其成长曲线在抢建后同样有趋缓现象,可能因台湾与日本同是多山之岛国,在地形气候上相类似,球场开发急速发展,市场供需失调,遂产生环境严重冲击及水土灾害所致,其间与房地产价格涨幅曲线也关系密切。依目前台湾已核准者有84座,近50座营运中,依人口比例42万人才有一座球场,比例上远逊于平均每6.7万人即拥有一座的日本,应颇具发展潜力(陈紫娥,1994),惟因政府暂停受理申请及限制愈趋严格之下,为符实际需求,势必得再修法而引发下一波的热潮,是故如不妥善规划与引导,水土保持灾害终究仍不可避免。

尽管球场需求日盛,可供建球场土地,在球场有一定开发条件下,自有其交集,额外需求当然

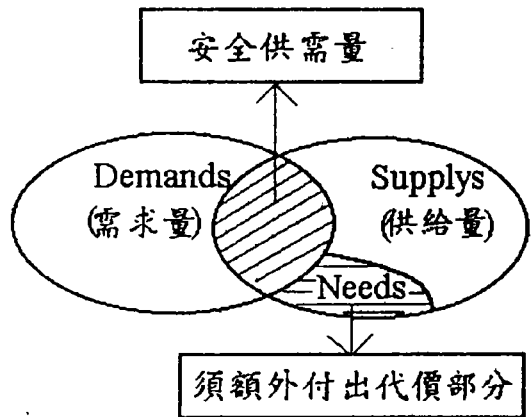


图3 高尔夫球场供需量关系图

得付出代价,如图3所示:

2.2 场址选定与球道配置

球场之制式规格及配合人体工学、安全之需要,球道总长度约6 000m,宽度约30~50m,坡度15%为宜之限制,及造园景观之需求:如林带配置,水体设置,种植花草等,常需由自然环境迁就球场设计之基本原则,以欧、美、纽之位于地势平坦区开发与台湾、日本之山坡地整建相比较,开发过程雷同;然所承受之环境冲击强度及水土流失程度有别,因台湾及日本需大规模改变地貌所致,也即肇致灾害之问题所在(陈紫娥,1994)。

故如以最少的挖填及较小地形地貌改变量来配合球场基本设计,其原为场址选定与球道配置之最佳化选择,以之做为球场特色,可将坡地灾害减至最低。目前台湾高尔夫球场为方便土地取得,节省土地成本及配合法令中林地、农牧用地比率之限制,大部分以等

级较低之荒野地,林地为主。由中兴大学水土保持系林信辉教授等,从台湾全省84座球场中,依不同开发时间、地点、选取包括北部地区13座、中部 7座、南部 6座、东部 2座,共计28座;调查出球场开发前土地利用比率如图4所显示之,高尔夫球场地之开发多选择以荒野地、次生林地为主,乃因选择高低起伏较大之荒野地及保育较差之次生林、相思林可节省土地成本,但相对地要付出更大的开发风险及更高的开发工程费用。又原本地利较差之荒野地、林地开发为绿草如茵的球道,也未尝不是一件好事,然对环境的改善,水文的改变,皆有其正负面的评价。当然场址选定不当,过量的挖填,再好的水土保持处理其效果也是有限的。

2.3 高尔夫球场相关法规之演进

自1981年政府颁布《高尔夫球场管理规则》,开放设立申请,如表2.3,台湾高尔夫球场之管制,因缺少法源依据,各相关机构均依其职责随时代及发展背景,相继颁布行政命令予以规范,并修法因应之如表2.4,显示政府单位为国土保安及土地永续利用所做的努力。各行政命令公布时间、主要内容及可能产生的问题如表2.5。从宣示设于生产力低之河川地和山坡地为原则,至禁止在重要水库,水源、水质、水量保护区设立及开发区内总平均坡度不得超过40%等。林林总总,其主要精神仍在于林农地目开发比例及坡度之限制,以避免大量挖填扰动破坏原有地形、地貌,均与坡地水土保持与预防坡地灾害息息相关。这些法规归纳起来不外乎使山坡地的利用达到自然生态的平衡,国土资源的适切利用,防止土砂危害,土壤冲蚀,水资源污染及下游环境敏感区之安全维护等(陈紫娥,1994)。

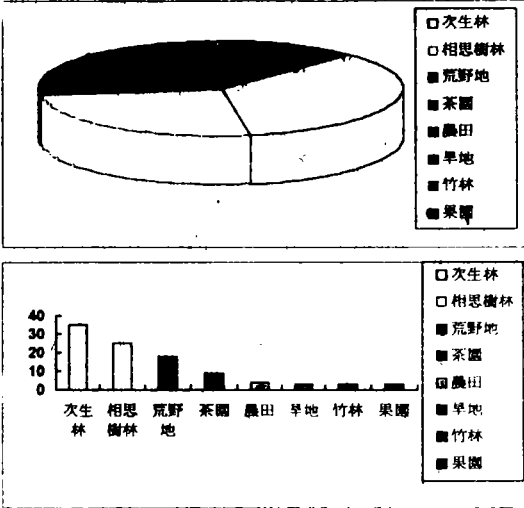


图4 台湾全省28座高尔夫球场之统计调查
(资料来源:林信辉、陈意昌,1993)

表2.3 申請設立高爾夫球場流程

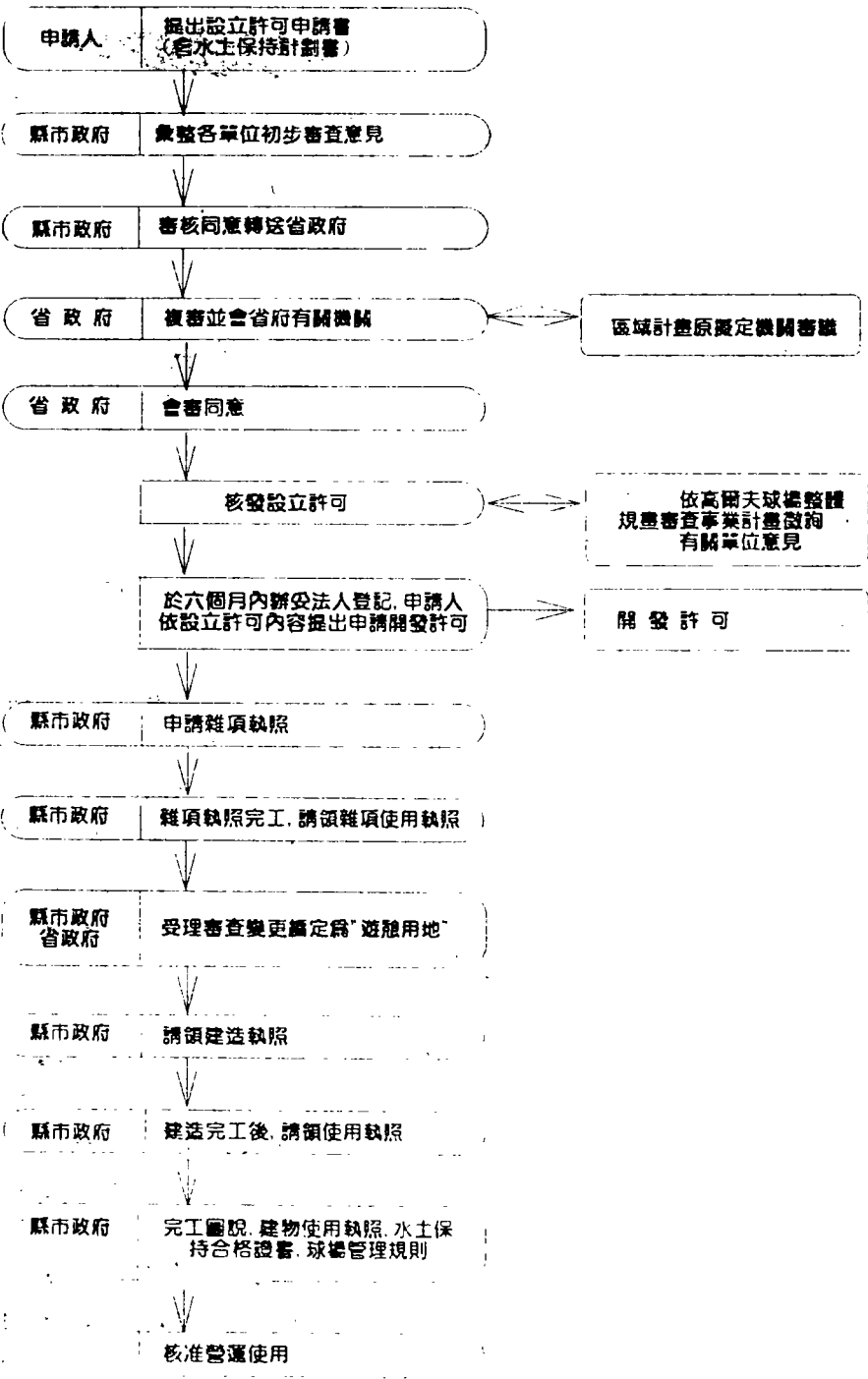


表2.4 山坡地环境保育相关法令及目标

| 法规 | 保护目的 | 所能达成之目标 | 通过日期 |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 山坡地保育利用 条例及施行细则 | 国土保安、保护自然 生态景观、涵养水源。 | (1)防止灾害;(2)自然景观 之维护;(3)保护水资源 | 6609307 60630 修正 |
| 森林法及其 施行细则 | 保育森林资源 | 发挥森林公益 及经济效益。 | 210915 741213第四次修正 |
| 野生动物保育法 农业发展条例 及其施行细则 | 保育野生动物 维护环境敏感 地区之利用 | 维护自然生态之平衡。 限制土地超限利用, 防止土砂危害。 | 620903 750106第二次修正 |
| 水土保持法 | 促进土地合理利用。 | 保育土地资源, 涵养水源,减免灾害。 | 830527 831021 修正 |
| 山坡地开发 建筑管理办法 | 基地安全、集约开发、 自然文化之保存。 | 1.基地及环境影响地区之安全; 2.自然文化(包括史迹)景观之保存。 | 720707 790214 修正 |
| 山坡保留地开发 管理办法 | 自然生态、安全。 | 开发而不妨碍国土保安、环境资源保育。 | 791030 |
| 非都市土地高尔夫 球场开发审议规范 | 自然生态、水源涵养、 文化资产及安全。 | 1.水源、水质、水量保护区得以维护;2.自然生态得 以受到保护;3.文化资源得以保存;4.避开环境敏 感区,安全得保障。 | 791030 |
| 非都市土地山坡地住 宅社区开发审议规范 | 同上。 | 同上。 | |
| 区域计划 及其施行细则 | 土地及天然资源 之保育利用。 | 人口及产业活动之合理分布,以加速并健全经济发 展,改善生活环境,增进公共福祉。 | 630131 |
| 自来水法及其施细则 | 水源、水质之保护。 | 水源涵养区获得保护。 | 55117 |
| 矿业法及相关法规 | 公共安全。 | 景观维护以及预防崩塌或滑动。 | 190526 670414 第十次修正 |
| 水利法 | 水资源之利用 | 水资源合理利用 | 310707 721218 第四次修正 |

(资料来源:陈紫娥,1994)

表2.5 针对高尔夫球场之土地及环境相关法令问题说明表

| 公布 时间 | 球 场 数 | 标 准 | 颁布之法令 | 主 要 内 容 | 结果及其可能 产生之问题 |
|-------------------|---------------|-----|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1967 | 7 | — | 行政命令 | 国防理由(密件):球场开阔空间有利敌人伞兵降落;禁止辟建。 | 1. 地方政府未知,继续辟建 |
| 1967 ~ 1988 | 15 ~ 29 | — | 都市土地使用 管制规则 | 1.各种使用地之变更编定原则;2.球场 属“游憩”用地;3.土地使用地变更编定 面积在10hm ² 以上者,应先征得各该区 域计划原拟定机关之同意。4.除特定农 业区不允许变更为“游憩”用地外,其 馀之使用地依其规则规定办理变更编订。 | 1.其他土地变更为游憩用地有 其限制 |
| 1981 | 24 | — | 高尔夫球场管 理规则 | 1.开始纳入管理;2.球场设于生产力低 之河川地和山坡地为原则;3.设立时应 附土地取得情形;4.完工时应检同各项 文件,山坡地者需有该管水土保持主管 机关检查合格之证明;5.擅自兴建或扩 建者撤销。 | 1.已完成之球场办理补证手续, 然无法提3、4左项之证明;2.此 期并无新球场之申请;3.业者对 补正问题不积极。 |
| 1983 | 27 | 9 | 行政命令 | 1.非都市土地一般农业区、山坡地保育 区已编定之农牧用地或都市计划保护 区、未实施区域计划之田、旱地目土地 者,其1~12等则之农地不得做为球场, 其使用13~26等则的田、旱地目土地, 不得超过球场面积10%。 | 1.限制农业生产用地之移用;2. 位处于都市边缘之山坡地,大部 份之编定皆为农牧用地;3.林业 用地可弹性标准;4.已完成之球 场办理补证时无法提出土地取 得之证明及水土保持机关检查合 格证明;5.业者对补证问题不积 极;6.新申请案件少。 |
| 1989 | 103 | 58 | 行政命令 | 1.特定农业区,不得设置球场;2.一般 农业区:农牧用地不得超过10%;3.山 坡地保育区:农牧用地(坡度<55%)不 得超过球场申请面积之50%,其中田地 目不得超过10%;4.国有林班地、实验 林、保安林,不得设置;私有地不受限 制;5.各使用区之林业用地坡度>55% 或易崩、易冲蚀之危急区,经主管机 关同意,报请核可即可(林业法第6条)。 | 1.对农牧用地之使用稍有放宽; 2.位处于都市边缘之山坡地,大 部分之编订皆为农牧用地;3.坡 度较陡处可有条件标准;4.新申 请案件突增,而申请所附之书图 与实际开发情况大异其趣,业者 采取敷衍的态度;5.完工后与原 申请不符,无法变更用地及取得 合格证明,因而无法取得开放许 可。 |

续表2.5

| | | | | | |
|------|-----|----|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1989 | 103 | 58 | 行政命令(山坡地重大开发行为环境影响评估范围及作业准则) | 1. 将环境说明书纳入审查程序。 | 1. 避免环境破坏;2. 球场申请设立,均需办理环境评估之规定 |
| 1990 | 107 | 73 | 行政命令(非都市土地高尔夫球场开发规范) | 1. 重要水库、水源、水质、水量保护区,限制或有条件禁止兴建;2. 平均坡度超过55%以上地区,其面积的80%土地应维持原始之地形地貌,为不可开发区。3. 挖、填方高度超过20m且可能影响相邻地区安全者,应作深层滑动分析。 | 1. 球场申请案冻结;2. 对水源地加以限制;3. 对坡度陡峭之敏感地区加以限制;4. 陡坡区主要为林业用地,另可开发申请地又加一层限制 |
| 1991 | 107 | 79 | 行政命令(高尔夫球场使用农业用地审查要点) | 1. 特定农业区、森林区之农业用地不得使用;2. 都市计划农业区内之农业用地不得使用;3. 各种使用分区之国有林事业区林地、保安林地及试验用林地不得使用;4. 山坡地保育区之农牧用地其使用面积不得超过申请设置总面积60%;5. 山坡地保育区之林业用地及未编定使用地类别前适用林业用地管制之土地,其使用面积合计不得超过申请设置面积30%;6. 一般农业区农牧用地,其使用面积不得超过申请设置总面积10%;7. 于山坡地设置高尔夫球场,除依有关规定外,其范围内全部土地总平均坡度不得超过40%。 | 1. 球场之申请案仍冻结中;2. 放宽山坡地保育区内之农牧用地;3. 林业用地限制加强;4. 陡坡地有比例限制利用。 |
| 1994 | 107 | 83 | 行政命令(高尔夫球场管理规则修订) | 1. 权责归属明确;2. 球场之开发及营运应重视对环境之影响,并以整体规划分区开发为原则;3. 高尔夫球场设置面积之上、下限之规定。 | 1. 球场之申请案件配合各相关部会所定之限制。 |

* 提出申请累计数 ** 已标准申请设立数 (资料来源:陈紫娥,1994)

2.4 施工前防灾措施规划与设置

由于山坡地全面开挖,削平山头及填平谷地,常未就区内水系合理分区进行,故应确实掌握当地水文、地文资料预估最大降雨量、渗透量、暴雨流出量、土壤冲蚀量等,于施工前妥善规划拦砂、沉砂、滞洪等临时或永久设施。这一切的防灾措施,即是控制开发区内的水、土不致异常流出区外而造成灾害。

台湾本岛地形、气候特殊、年平均雨量约2 500cm,集中在夏季(5~10月),敏感而脆弱的山坡地在豪雨侵袭下,已是先天不足,如果加上滥挖滥垦的后天失调,其发生灾害的机会必然增加,综览近年来台湾山坡地开发为高尔夫球场的情况,则有先天不足,后天失调的普遍现象。然只要水土保持计划及防灾措施规划得宜并确实执行,台湾山坡地适度的开发,即使在先天不足的情况下,其负面效应未尝不能减低到社会可以接受的程度。

以上各节乃就台湾高尔夫球场现况以开发前所应考虑与水土保持较相关之因素,如:市场需求、场址选定、球道配置、相关法规及防灾措施等做整合性的描述。重点乃在剖析现况做为将来山坡地开发为高尔夫球场,于开发前所应考虑水土保持重要影响层面及因素之参考。

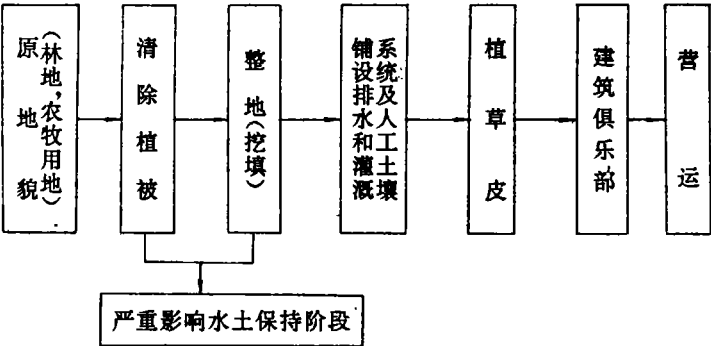
3 球场开发中

高尔夫球场开发中阶段可谓整个开发案的重头戏,其间所发生的种种情况变化,如地形、地貌的转变,生态环境的变迁、水土的流失等,最为激烈,亦是灾害最可能发生,最受争议的一环。

由从球场开发申请提出《设立许可申请书》内规定,需含水土保持计划书,至开发完成时附水

水土保持合格证书以申请标准营运,整个开发过程当可视为大规模坡地水土保持处理工程,如开发不当或未按各阶段所需水土保持计划分期分区进行施工,滥垦滥挖的结果,每逢台风豪雨下游即泛滥成灾。球场之开发步骤如下表3.1,其中以清除植被及整地二项对水土资源之冲击及影响最大,尤其现有球场之施工,为求作业方便,大都未能按核定计划分期分区施工,而占全区皆伐整地方式,致使裸露面积增大,大量扰动土层,使影响层面更形剧烈。

表3.1 高尔夫球场开发步骤



兹根据前人相关性研究结果及现况,就球场开发中地表裸露阶段对水土资源的冲击及影响简要论述如下:

3.1 对水资源环境之影响

由于开发区全面皆伐整地,除去原有植被,扰动土层破坏水文循环体系,如图3.1、图3.2。以致减少蒸发散量与截留量,降低入渗容量及土壤蓄水量,缩短集流时间而增加迳流量,地下水位随之变化,分述如后:

表3.2 都市化程度与截流量、蒸发散量之关系

| 项目 | 林地 | 都市化(50%) | 都市化(100%) |
|----------|----|----------|-----------|
| 降雨(in) | 40 | 40 | 40 |
| 截留量(in) | 4 | 3 | 2 |
| 蒸发散量(in) | 15 | 12 | 2 |

3.1.1 减少蒸发散量与截留量 依据 Whiteley (1976)之研究,蒸发散量与截留量随坡地都市化程度而减少,其变化情形如下表3.2。

蒸发散量与截留量,往往随开发型态及原地面植被状况而异(何智武,1992)。球场开发中地表完全裸露情况与林地相比较,可视为完全都市化状况,如场区已全面植草覆盖则将可视为半都市化情况,由上表显示林地与完全都市化情况差异甚大。

表3.3 人渗透量与土地利用情况之关系

| 渗透率 | 阔叶林 | 针叶林 | 草生地 | 砍伐地 | 崩塌地 | 步道 |
|----------|--------|---------|--------|--------|--------|------|
| 平均(mm/h) | 372 | 246 | 191 | 160 | 99 | 11 |
| 范围(mm/h) | 87~395 | 104~387 | 24~281 | 15~289 | 22~193 | 2~29 |

3.1.2 降低入渗容量及土壤蓄水量 在植生覆盖良好之地区,由於地表之水流速度较缓而

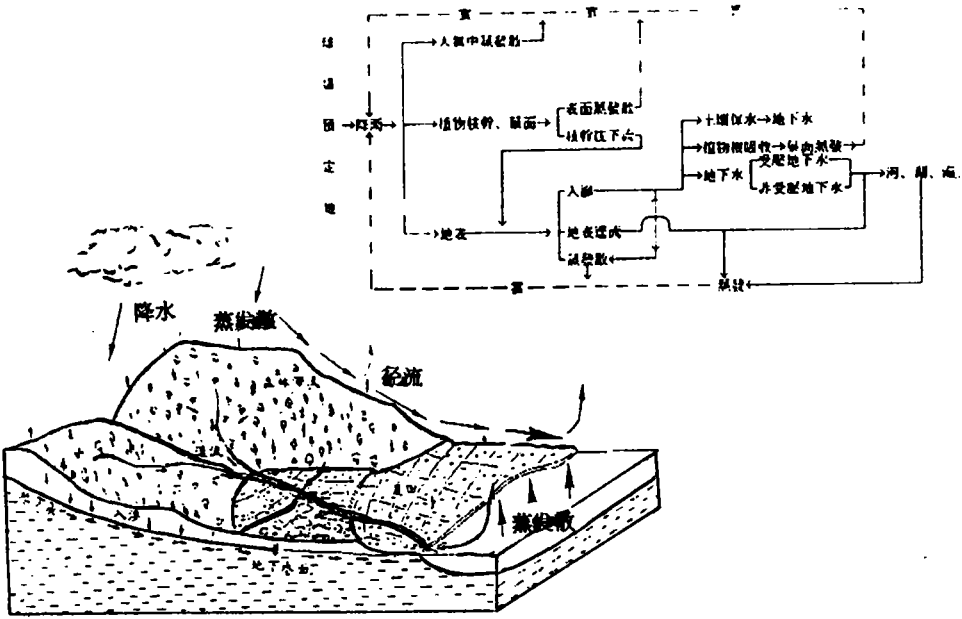


图3.1 非高尔夫球场区水文循环图

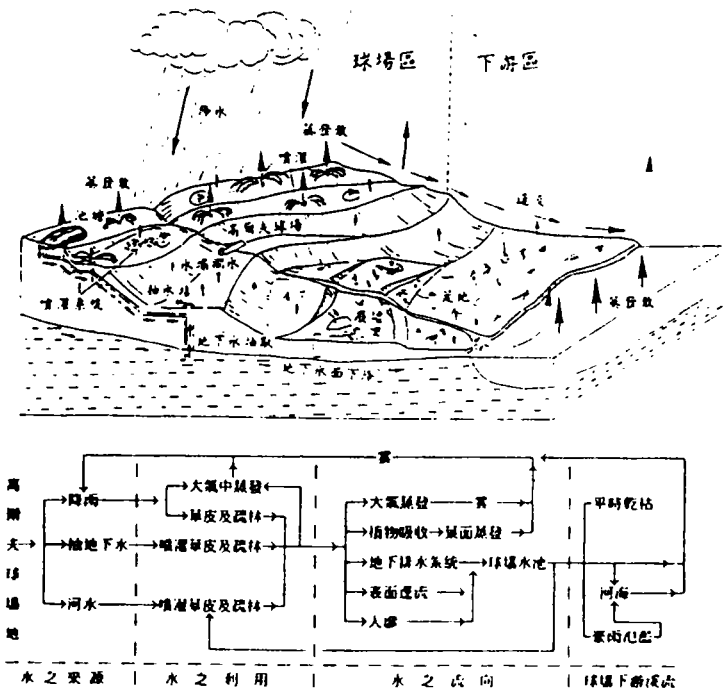


图3.2 高尔夫球场区水文循环图(资料来源:张石角,1993)

其入渗容量及地层蓄水量较大,因而迳流量减少,惟开发之后,其入渗容量则将减低,蓄水量可随之减少。入渗容量与土地利用情况之关系大致如表3.3所示(佐藤正等,1956)。

又根据日本四国农试所(1987)报告,在不同土地利用条件中,以裸地之地表迳流最高,土壤渗透量最低,而蒸散量则以林地最高。其地表迳流,土壤渗透与蒸发散量三者之比例分别为裸地

48:21:31,柑橘园17:27:56,茶园15:35:50,百慕达草地13:46:41,林地17:22:61,总之,入渗容量及土壤蓄水量虽因开发型态不同而有所差异,然一般而言,山坡地开发后约降低50%,条件较差者可能减少80%~90%(何智武,1992)。植物复杂根系可使表土之通透性良好,有利于水分渗透,故林地与草生地的渗透率皆比裸露地强(陈信雄,1992)。

3.1.3 缩短集流时间增加径流量 根据曼宁公式(Manning formula):

$$V = (\frac{1}{n})R^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$

假设水力半径 R (Hydraulic radius)及坡度 S 不变,开发前粗糙系数 n 值约为0.8,但开发之后可能降低为0.2,则流速 V 将增为原来之4倍,集流时间将减为原来之1/4,而迳流量将随之增大为原来之4倍(何智武,1992)。

根据《地球环境报告》森林雨水流出量0.4%;草地 1.9%;农田26.0%;裸露地50.4%;又据卢惠生(1983)之研究资料显示,山坡地森林替代后第一年之洪峰到达时间缩短23%。日本资料亦显示,若开发面积为1km²(100hm²)降雨强度为50mm/h,则其洪峰到达时间如表3.4所示(何智武,1992)。

表3.4 各不同开发用地之洪峰到达时间

| 用地名称 | 丘陵山林地 (开发前) | 牧场 | 高尔夫球场 | 市街地 |
|--------|----------------|------------|-------------|-------------|
| 洪峰到达时间 | 64~--69 | 48~--53 | 33~--38 | 15~--23 |
| 与开发前比较 | 1 | 0.75~--0.6 | 0.52~--0.43 | 0.23~--0.26 |

3.1.4 地下水位下降 高尔夫球场的开发对地下水影响常常不是立即而明显可见的,大量的挖填方,使得原来地下水脉被破坏,而后整地的压实,更阻断地下水位补充的路径。(陈信雄,1992)。地下水位如受前面所述,各水文因子影响开发中,以水收支平衡的观点,当然地下水位理应下降无疑;因影响地下水位之自然及人为因素甚多,如降雨量、超抽地下水等地文情况,而明确影响地下水位差异之因子,迄今尚无较具体之研究成果。需再近一步长期探测分析比较。

表3.5 林口高尔夫球场

| 项目 | 观测年 | No. 1 | No. 2 | No. 3 | No. 4 |
|-------------|------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| 地下 水位 | 1981年(开发前) | 伏流水10~30m 40m~60m 85~110m | 伏流水10~32m 70m~90m | 无伏流水 50~70m | 无伏流水 60~90m |
| | 1983年(开发中) | 伏流水20~30m 100m 以下 伏流水消失 | 伏流水20~30m 85m 以下 伏流水消失 | 无伏流水 | |
| | 1985年(开发后) | 100m 以下 | 95m 以下 | 100m 以下 | |
| 出 水 量 | 1981年(开发前) | 日出水量500t | 日出水量300t | 日出水量200t | 出水量少 |
| | 1983年(开发中) | 日出水量400t | 日出水量 200t | | |
| | 1985年(开发后) | 日出水量 150t | 日出水量100t | 日出水量100t 以下 | |

表3.6 屏东三地门之台风球场

| 项目 | 观测年 | No. 1 | No. 2 | No. 3 |
|----|-------|-----------|----------|-------|
| 地下 | 1988年 | 140~150cm | 72~88m | 140m |
| 水位 | 1992年 | 140~150cm | 100~120m | 140m |
| 日出 | 1981年 | 300t/日 | 200t | 150t |
| 水量 | 1985年 | 300t | 200t | 150t |

由台大陈信雄教授分别在南北各选一球场探测调查开发前、中、后地下水位变化情形,如图3.3,结果显示开发前、后相类似,开发中差异性较大,表3.5资料显示差异大,而由表3.6却可看出差异性不大。

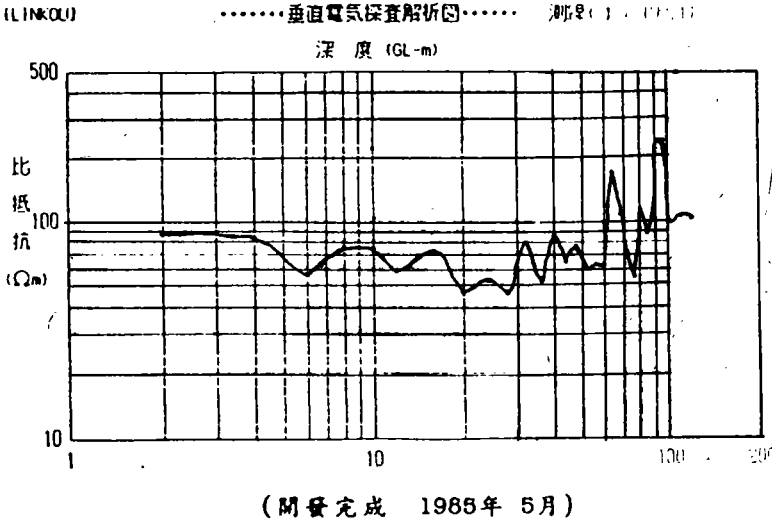
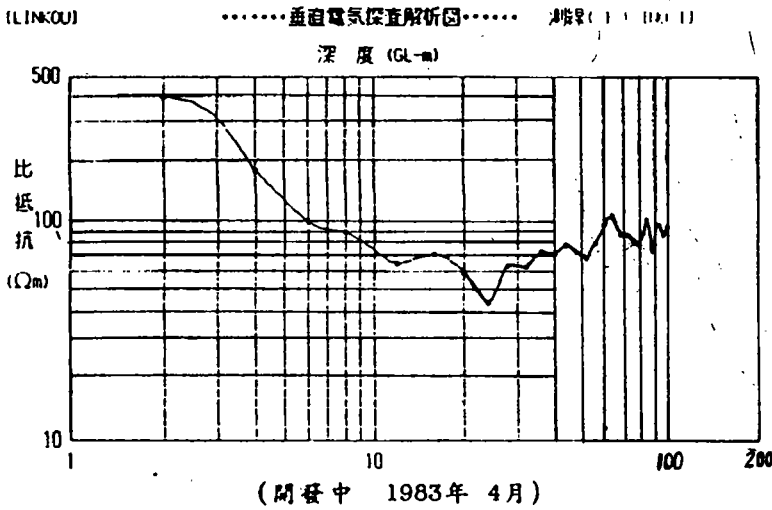
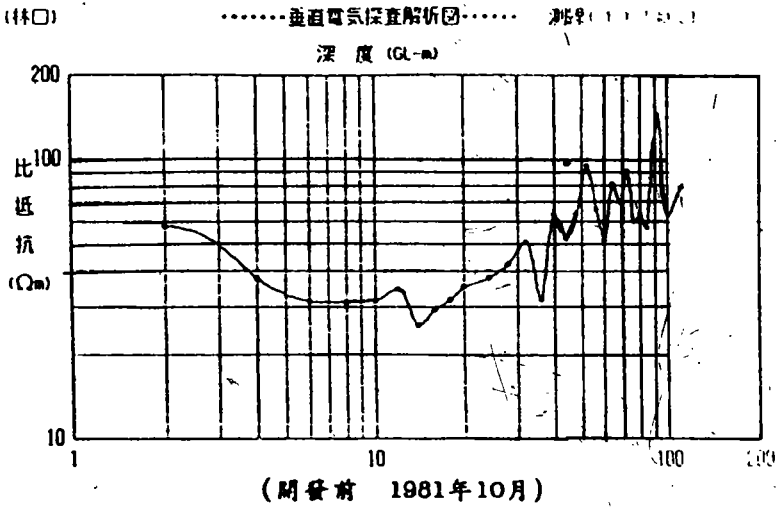


图3.3 地下水探测之比电阻——深度曲线

3.2 对土石资源环境之影响

球场开发中,由于皆伐整地,改变地形地貌,大量扰动土层的结果,产生大量的松土方及不稳定的人工边坡.干旱时全区尘土飞扬,豪雨时则冲蚀成灾.因国内外以皆伐整地开发的球场为对象,针对土石冲蚀量之实际估算调查研究欠缺,且尚未颁订山坡地土砂生产量合理推算模式,到目前为止大部分以集水区泥砂产量推估模式推测,兹分述如下:

3.2.1 集水区泥砂产量推估模式 依据何智武、林俊辉(1984),由石门、德基、曾文、雾社等四座水库建立平均泥砂量推估模式为:

$$Q_s = 0.01341P^{3.23}C^{-1.43}$$

又根据何智武、林长立(1985)之研究,可用下式表示:

$$\log Q_s = K' + \alpha \log P + \beta \log C + \gamma \log S$$

式中 Q_s 为单位面积之年平均泥砂产量(t/km^2); P 为年平均降雨量($mm/1\ 000$); C 为覆盖率(%); S 为平均坡度(%); $K', \alpha, \beta, \gamma$ 则分别为地域性系数及指数.

3.2.2 开发度与泥砂产量之关系 根据何智武、段锦浩等(1986),于台南新化野外试验结果,如表3.7显示,坡地开发40%(裸露地)时,对于一场暴雨而言,其迳流量为原来未开发时之2.5~3倍,土石流失量则为原来之20~30倍, $1hm^2$ 可能产生33t之泥砂,若每年发生10场暴雨,则会造成每年 $1hm^2$ 330t 土壤流失.又参考 Dunne 及 Leopold(1978)所订不同土地利用与土壤冲蚀之关系,如表3.8.

| 表3.7 开发度与迳流系数及泥砂产量之关系 | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 开发度(%)说明 | 0 | 8 | 15 | 30 | 40 |
| 迳流系数 | 0.235 | 0.314 | 0.370 | 0.484 | 0.596 |
| 倍数 | 1.000 | 1.340 | 1.580 | 2.060 | 2.540 |
| 单位面积 泥砂产量 (t/hm^2) | 1.660 | | 5.969 | 11.810 | 33.256 |
| 倍数 | 1.000 | | 3.600 | 7.1102 | 20.030 |

| 表3.8 不同土地利用与土壤冲蚀量之关系 | | |
|----------------------|----------------------|------------|
| 土地利用 | 土壤冲蚀量($t/hm^2/yr$) | 指数 |
| 森林地 | 0.02~0.2 | 1~10 |
| 草生地 | 0.02~2.0 | 1~100 |
| 耕作地 | 10~100 | 500~5000 |
| 休耕地 | 20~200 | 1000~10000 |
| 砍伐迹地 | 50~200 | 1000~10000 |
| 开矿 | 50~200 | 2500~10000 |
| 开路 | 50~500 | 2500~25000 |

与开路情况颇相似之皆伐整地高尔夫球场,其土壤流失量值为50~500($t/hm^2/year$).另根据台大姜善鑫教授之资料(科学月刊第20卷10期),曾表示陡坡地之自然土石冲蚀量约为每年 $1hm^2$ 450t.以水文环境与台湾类似之日本为例,依其防灾调节池设计规范之规定,在开发过程中山坡地每年每公顷将产生 $150m^3$ 即约350t之土石流失量.又根据何智武、林致远(1990)模拟人工降雨试验结果显示,各种不同坡面裸露率中,迳流系数与泥砂产量在低程度开发时(0%~10%),增加趋势较缓,而在高度开发时(20%~40%),其增加趋势甚为明显,即开发度30%,乃坡地开发时之泥砂产量临界点.

3.2.3 通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation,USLE) (Wischmeier & Swith, 1978)

$$A = R K L S C P$$

式中: A :土壤流失量; R :降雨迳流因子; K :土壤可蚀性因子; L :坡长因子; S :坡度因子; C :覆盖及处理因子; P :水土保持措施.

这 USLE 公式是由自然迳流单位小区(unit plot),约10 000个小区1年(plot-years)的数据和使用人工降雨机相当于1 000到2 000个小区1年的数据统计分析而导出;这单位小区系1个长72.6 feet(22.13m),坡度9%,表面保持连续两年以上的休耕和裸露且上下耕犁之区块, L 、 S 、 C 、

P 各因子就是任何组配条件下之土壤流失和单位小区土壤流失之比值,台大范正成教授又表示,利用 USLE,在估计土壤流失,最准确的是对中等质地土壤(medium-textured soils),坡度在3%到18%之间,降雨强度在3 in/hr 以下,并且是一致的耕作及处理,离开这个范围越远,预估的误差可能性愈大。高尔夫球场在球道整型阶段,其坡面土壤质地、坡长、坡度(适宜在15%)及其一致性的处理(植草初期)。均与上述 USLE 公式较准确估计范围相类似,故如以 USLE 公式来预估高尔夫球场整地裸露期间之土壤流失量,理应相当可靠,可惜国内外以 USLE 公式来估测球场土壤流失量之研究,仍属欠缺。

3.3 球场开发中灾害之预防及其对策

山坡地球场开发阶段,由于皆伐整地,所衍生对水土资源冲击及其对下游造成水灾水患的影响是立即可见的,目前在山坡地开发最普遍被采用的防灾措施中,系以挡土墙、护坡及排水设施等项工程,一般而言,减少灾害的基本原则是将开发区内多余的降水迅速排除,而开发区外则希望延缓上游所带来多余的降水;干旱缺水时,则恰好相反;所以开发区内与开发区外,两者之冲突经常发生;是故更应积极建立缓冲区间及折衷办法以降低冲突及灾害之发生,如设置滞洪坝、沉砂池、限制开发度,避开雨季(5~10月)以分区分期施工,并研发山坡地安全施工技术 & 施工流程等。

3.3.1 滞洪坝设置 开发前、中、后之流量历线如图3.4,如以开发前后之三角历线替代如图3.5,上图斜线部份 $\Delta CP'P$ 面积为设置滞洪坝后,单位时间应蓄之水量,滞洪设施完成后其流量历线则应如图,理论上 $\Delta OP'b = \Delta OP'a - \Delta OCC'b'$ (张三郎, 1994),据以上分析在开发区内或边缘,设置滞洪坝拦取多余降水,使洪水流出量维持在未开发前之最大洪水量之下,以减少下游水患,其成效是可预期的。

3.3.2 设置沉砂池 大量的土石冲刷,如以临时的简易自然沉砂池或建造成永久式的人工沉砂池来控制土石流失,可有效的减少下游土石灾害。依据陈树群(1994)有关高尔夫球场沉砂相关研究指出,沉砂池的长度设计可由下式表示:

$$L = \frac{KQ}{BVg}, L = K \left(\frac{H}{Vg} \right) U$$

式中: L: 沉砂池长度(m); K: 沉砂池设计系数1.5~2.0; Q: 计算流量量(CMS); B: 沉砂池宽度

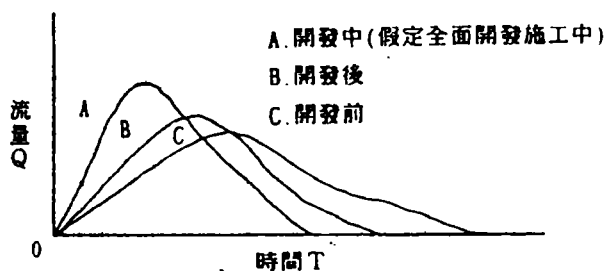


图3.4 开发前、中、后之流量历线

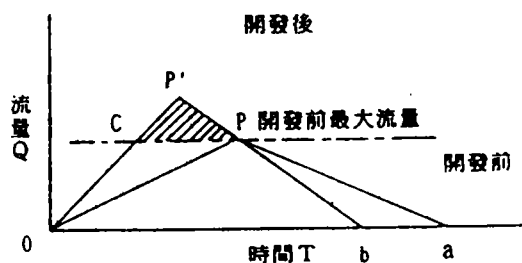


图3.5 开发前、后流量三角历线

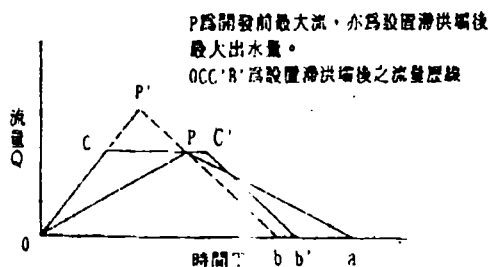


图3.6 设置滞洪池后之流量历线

(m); V_g : 最小粒径之沉降速度(m/sec); H : 沉砂池之平均水深; U : 沉砂池内之平均流速(0.15~3.0m/sec)

沉砂池的宽度采原河宽的3~5倍为佳,深度不宜大于3m,以利清淤,其形状多采长方形或分成多室栅隔型为宜,又简易沉砂池其长度 L 与深度 D , 在 $L/D < 10$ 流况产生回流现象时因砂率较佳。如将原本长度很长沉砂池加以区隔,亦可达到较好的沉砂效果。

3.3.3 限制开发度、避开雨季以分区分期施工 台湾雨季大都集中在夏季5~10月,全省雨量时空分配不均,对水资源之应用而言,是其缺点,然对球场开发而言,却可避开雨季利用其干旱时期赶紧施工;究竟坡地灾害发生的主因系暴雨冲击松动的表土所引起的砂土洪流。以开发区平均坡度来限制开发度并残置林带建立缓冲保护区,依山坡地之敏感度分区分期,甚至分年施工,皆是降低灾害,安全开发的重要措施。

3.3.4 研发施工技术及规范与妥善的流程安排 为避免山坡地开发所造成的灾害,必须在法令规定有所突破,建立一套完整的监督检查制度(吴辉龙,1994)。科技化的重型开发机械配合优良的施工技术遵循施工规范与检查制度,以迅速有效的施工程序及步骤追求施工品质,亦是减低坡地灾害的重要法宝。一般而言推土机、挖土机等重机械作业手,多无水土保持观念,亦无坡地保育施工技术训练,可说是坡地灾害的最大祸首。

综上所述,山坡地开发为高尔夫球场在开发期间对水土资源之冲击及负面影响是可以肯定的,但在“自然环境及资源保育与开发球场孰重”的争论里,以取得“开发”与“保育”之平衡观点,不得不各自退一步思考其存在的空间,从而以保育的胸怀,关爱大地的心态及水土资源永续利用的理念,来谈开发条件,则因开发所带来的各项冲击及负面影响在理论上和技术上当可减低至可接受的程度。

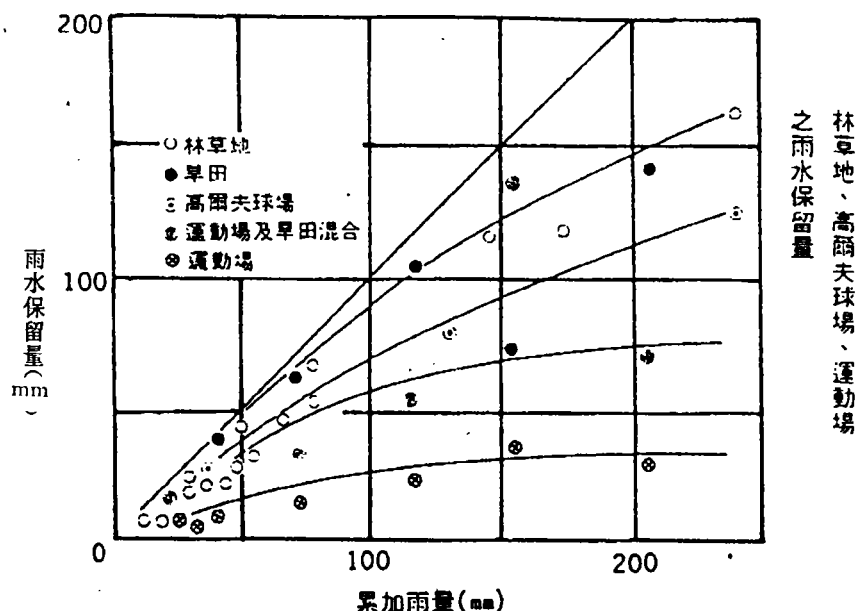
4 球场开发后

开发期间山坡地经过开肠剖肚式的翻搅。球场内之发球台、球道、果岭、沙坑、水塘、林带、景观花台、林木、休息区、排水及灌溉系统等设施,依球场设计师匠心独运的剪裁布置,其造型于焉产生。在铺设人工土壤,全面植草覆盖后,一片绿油油的景象,遂展现出另一崭新风貌;而进入开发后阶段,与开发前、开发中之二时期景象,形成一强烈对比。大体而言,符合并依照水土保持计划施工之球场开发行为,亦可谓大规模的坡地水土保持处理工程。在一般常用的水土保持处理工程及边坡稳定的项目里,包括平台阶段、山边沟、宽阶阶段、敷盖护坡、草类植生护坡、排水工程、跌水.....等。在球场开发过程中一一被派上用场。原本荒野地或陡坡林地,转变为坡度较缓具备表面、地底排水系统及可操控的灌溉系统的半都市化人工园地,表面上看来似乎改善了环境景观也扩大了人类活动的空间,然因大面积、大规模的改变原始地形地貌,而其间的转变,如生态系统的影响、水文、地文环境的冲击等,也相对提供了“保育”与“利用”争论的空间。然开发后的情况大都给予较多正面评价,其影响层面仍需透过学理上的探究及现况的比较,始能做更深入、详尽的论述。本章节即针对球场开发后对水土资源的影响,以前人研究及现况佐证之。

4.1 对水资源之影响

水乃球场的命脉,草皮为维持良好的生长,注重水分供给与多余水分的排除,尤其在下雨过后,冀能迅速恢复可击球状况,故球场的灌溉系统及排水系统均应相当完善,换言之草皮因其本身为浅根系作物,本身水资源涵养功能不大,雨水保留量相当有限,如图4.1。是故常需借助建造大型水塘以收集多余雨水,平日需水时则可由此抽取灌溉,所以球场水体的设计除满足景观上的

需求,更要能兼具蓄水、灌溉等多项功能。台湾现有球场大都水体仍嫌不足,调节池之容量有限,无法储蓄足够水量以供灌溉,大都需以抽取地下水补注(占42%),如图4.2,这对当地地下水资源却有相当负面的影响。



資料來源：杉山、田中，1989，丘陵地開發に伴う流出變化

图4.1 林草地、高尔夫球场、运动场之雨水保留量曲线图

然由于球场内具备良好的排水系统及灌溉系统,场区内可好似一独立之水文循环系统,降落于球场及其附近地区的雨水被球场拦截并且循环使用后,部份由草皮花树及水体蒸发散掉,而部分由草皮渗透,有些由水体渗漏为地下水,而可成为地下水补注量。因水乃球场之命脉,在其涓滴细水不得浪费情况下,对水资源利用而言,则可促进其利用率。虽有部份学者认为球场为使草皮常绿,经常维持湿润状态而达到蒸发散潜能,故其蒸发散量相当高,可能较高于森林蒸发散量,如 Penman(1948)所言,在土壤水分充分供给的情况下,草皮之单位面积蒸发散量是所有植被中最大者。然由日本京都大学农学部福岛等(1986)(简碧梧译,1994),在森林区与高尔夫球场草地区,就全年水收支量检讨,实际量测结果,森林区及草地区之年蒸发散量分别为836.2mm,536.7mm,亦即草地年雨量之蒸发散量较森林区域少约

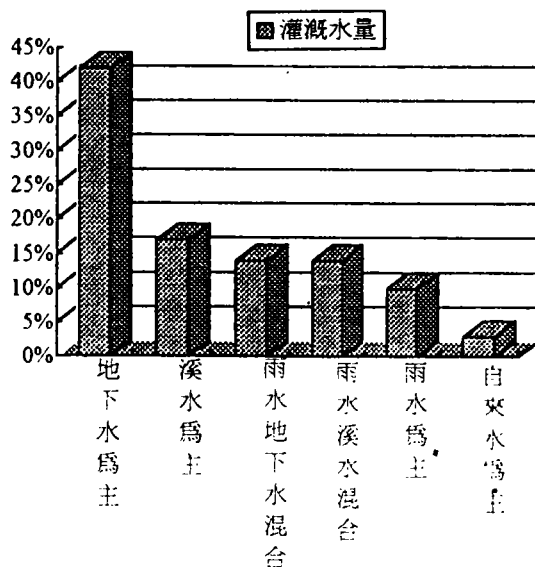


图4.2 台湾高尔夫球场不同灌溉水量之柱状图
(资料来源:林信辉、陈意昌,1993)

300mm。再由表3.2显示,如果将高尔夫球场草地视为半都市化情况,则其蒸发散量与林地相比较差异不大。然球场兴建完成开始营运后,为维持青翠之绿色草地,常抽取大量地下水,往往造成地下水枯竭,而大量施用农药之结果,更将造成严重之水源污染(陈文福1992)。

对于球场内大量的水塘设置,虽有因拦截降水而使下游水源枯竭之言论,然暴雨时可因有注蓄现象产生滞洪效果,而将降水留滞,提高降水使用率并可能增加地下水之补注量。至于其效果及正负面效应如何,仍需有待长期观测并作定性定量的分析探讨,以明真象。笔者认为在台湾水资源利用,不患寡而患不均,只需在球场增加水体设施,并妥善管理在雨季发挥小型水库蓄水功能,而可披泽下游及附近地区,形成共生体系,则对下游及水文循环之负面冲击可减到最低,甚至产生正面的效应,不过如何设计与管理,都有待日后深入的探讨与研究。

4.2 对土壤冲蚀量之影响

球场的良窳,其关键乃在于草皮的维护;地表的稳定性及草皮的完整性乃球场生存的必要条件,亦是球场追求的目标,球场铺了草皮之后,土壤冲蚀量比农地者为少,(Watscheke, 1991; Anouym, 1988)。由于业主投注了大量资金在这片人工园地上,必然会刻意的经营与维护管理,是故调查发现已建好之球场,藉著草皮的迅速生长及根系逐渐发达,随着球场的年龄,其地表受完整的草皮保护,稳定性亦逐年增加,这也似乎逐渐显现了水土保持处理的成果。当然,水土保持处理的逐年稳定,造成土壤冲蚀量日趋减少的现象是可以预见的(吴嘉俊, 1994);另由表3.8, Dune 及 Leopold (1978)所订不同土地利用与土壤冲蚀之关系,则显示森林地冲蚀量为 $0.22 \sim 0.2(t/hm^2 \cdot a)$,草生地 $0.02 \sim 2.0(t/hm^2 \cdot a)$,两者差异不大,但与砍伐迹地,开路开矿等地表裸露状况之土壤冲蚀量在 $50 \sim 500(t/hm^2 \cdot a)$ 相较,则差异相当明显。这也说明了草皮具有防止土壤冲蚀的功效。据农委会“高尔夫球场水土保持及农地利用稽查小组”,实地勘查台湾30余座高尔夫球场结果显示,其中数10年历史的老球场如林口、台北、清泉岗等球场均无沉砂池之设备,然因其设立时间较久,球场已与其地区生态系达成平衡,加上植生工作长年持续的进行,所以土砂灾害较少发生,一般而言老旧球场之地形地貌已趋于稳定,沉砂池需求性相对减轻(陈树群, 1994)。然而台湾球场在夏季暴雨侵袭下,其土砂流失仍属必然现象,其冲蚀量与其他山坡地在不同土地利用方式相比较之下,其危害程度为何仍需藉由完整而可信度高之估测模式及方法来测定。土壤冲蚀万用公式(USLE),一直广泛地受世界各国使用,在蔴湾利用此公式来估测球场冲蚀量之定量研究,由于公式中K、L、S、C、P各因子之订定甚为繁杂,有赖日后专家学者共同努力。笔者认为选择具代表性之集水区封闭型之球场,由沉砂池内直接估测其冲蚀量也不失为良策。

综上所述,球场在开发后营运阶段,由于它全面植生覆盖,为维持球场草皮品质,用水殷切,如水资源管理不佳以至超抽地下水补注,则将产生负面效应,至球场刻意的草皮维护致使植生覆盖良好,因而土壤冲蚀量甚低,开发后对山坡地水土保持而言具有正面的意义。

5 结论与建议

5.1 结 论

1. 本文乃针对台湾山坡地开发为高尔夫球场对坡地水土保持之各项问题及影响,就开发前、中、后三期所产生之情况,以国内外相关研究及现况做初步之论述及探讨。

2. 开发前:应确实掌握市场需求,避免供需量失调,慎选场址,做好坡地安全之球道配置,避免过度挖填,配合相关法规及确实执行开发前防灾措施,将使坡地灾害减到最低。

3. 开发中:对水土资源之冲击影响程度最大,尤其皆伐整地,故应讲求安全开发度,尽量避开

雨季,确实执行防灾措施以分区分期施工并研发开发技术及水土保持处理工程,避免水土流失而肇致坡地灾害。

4. 球场开发后:因坡地已全面植生覆盖,加上球场的刻意维护及妥善的经营管理,坡面逐渐稳定,展现坡地水土保持处理之成果及风貌,较不易造成水土保持之坡地灾害,与开发中之混沌景象比较成强烈之对比。

5. 有关山坡地开发为高尔夫球场之水文特性及地文变化之相关性研究仍有很多问题值得深入探讨,其正负面影响及效应仍需长期观测、比较,以明真象。

5.2 建议

高尔夫球运动系结合运动、休闲、交际,并能促进身心健康等多项功能而值得提倡之运动,由资料显示,先进国家如美、英、澳、日等仍在大量开发中,甚至连热带国家如泰、马、新、印等亦大量在开发中,台湾顺着世界潮流及趋势,球场之开发亦无法扼止,然球场开发中之各项弊害及负面影响是显而易见的;为免争执及促进该项运动之普及化,笔者建议:

1. 球场辟建时宜增加水体设施,提高森林保留率,避免皆伐整地,及加宽林带设置。
2. 政府应多鼓励在环境不佳之荒野地、海边、沼泽区、河川高滩地等兴建球场以改善环境并提高生活品质。甚至可仿效美国洛杉矶市之做法,以垃圾山开辟为公共球场。
3. 严格禁止在水源水质水量保护区及灾害敏感区设置球场。
4. 落实及切实执行开发各阶段之水土保持计划,实行水土保持计划之技师签证制度,要求球场设计师及施工人员、球场管理人员具备基本水土保持智识及技能。
5. 球场草皮应培养并选用适宜之乡土草种,可减少病虫害及农药用量,避免影响下游水质。
6. 政府各相关部门,应尽速修订合宜之高尔夫球之管理规则及相关法令。
7. 应用卫星及航照监测,随时掌握山坡地开发状况,以便管理,以杜非法。

谢致:本文能顺利完成,必须感谢李耀旭技正提供相关资料,郑老师皆达、林老师信辉、钱老师沧海、钟老师温清悉心指导,林文杰、赵芝良、李美芬、陈联光、叶全德、巫仲明、冯智伟、廖信诚、洪文杰、蔡宗佑、王永珍等诸位学弟妹们共同讨论及打字校稿排版上之大力协助。

参考文献

- 1 王丽珠. 世界最古老球场圣安卓卓历史记趣. 高尔夫文摘, 1993 No. 42: 38~43
- 2 何智武. 高尔夫球场之开发对下游水文环境之影响. 中华水土保持学报, 1992第25卷第3期, pp. 255~263
- 3 吴正雄. 山坡地开发之水土保持及灾害问题. 台湾水土保持, 1994 No8: pp. 27~30
- 4 吴嘉俊. 台湾水土保持因子之初步订定. 中华水土保持学报, 1994 第25卷第4期, pp. 210~216
- 5 吴嘉俊, 黄俊德. 台湾槟榔园经营与水土保持问题. 高尔夫球场与槟榔园对水土保持之冲击专题研讨会, 1992 pp. 30~33
- 6 吴辉龙. 水土保持方法, 林业特刊, 1989 No. 24, pp181~194
- 7 吴辉龙. 维护山坡地公共安全与相关政策法令. 农委会委托计划山坡地公共安全维护训练班讲义, 1994 pp. 1~6
- 8 吴辉龙. 高尔夫球场水土保持问题之探讨. 水土保持与集水区经营研讨会论文集汇编, 192pp. 273~276
- 9 易任, 王如意. 应用水文学. 1980
- 10 林信辉, 陈意昌. 台湾地区高尔夫球场草皮特性管理之研究. 杂草协会学会刊, 第14卷第二期, 1993 pp. 103~124
- 11 范正成. 台湾地区土壤冲蚀预测式之建立现况及未来. 中华水土保持学报, 第25卷第三期, 1992 pp. 343~391
- 12 张三郎. 山坡地开发之防灾措施检讨. 台湾水土保持, 1993 No. 9. : pp18~23
- 13 张石角. 基隆市集水区之特性和“都市化”问题之研究. 中华水土保持学报, 第5卷第2期, 1974 pp. 101~116