

福建省崩岗侵蚀与治理模式探讨

阮伏水

(福建省水土保持委员会, 福建 福州 350001)

摘 要: 根据野外调查和定点径流泥沙资料, 对福建省崩岗分布特征、内在物质基础、侵蚀动力机制、产沙模数等进行了探讨, 提出了崩岗治理模式, 并就典型实例进行了分析。
关键词: 崩岗; 侵蚀; 治理模式
中图分类号: X43 文献标识码: A

崩岗是我国南方最严重的土壤侵蚀类型, 它是丘陵岗地上由水力、重力相互作用形成的一种特殊侵蚀地貌类型, 是坡地沟谷发育的高级阶段。崩岗在福建省分布较广, 崩岗产生大量的泥沙, 埋没农田, 淤积江河湖库, 加剧区域生态环恶化和旱涝灾害的发生。下面根据福建省普查和近年在安溪官桥等地的实验, 就崩岗侵蚀现状、过程机理和治理模式进行探讨, 为加快福建崩岗治理提供科学依据。

1 分布特征

根据调查, 全省共有 6 714 处崩岗, 总沟壑面积为 2 632 hm², 分布于 38 个县市(区), 主要分布于安溪、长汀、永春、诏安、上杭、宁化等县。约有 2/3 的崩岗仍处于活动状态, 崩塌频繁。全省已治理的崩岗占 37. 42%; 未治理的占 62. 58%。

1. 1 不同海拔高度分布特征

多数崩岗集中于海拔 50~ 500 m 的丘陵区, 占 85%, ≤50 m 的台地和> 500 m 的中低山较少分布。这种分布特征主要是由于不同海拔风化壳厚度和人类活动程度不同所致。海拔< 50 m 的台地面积小, 且多被开发为农地, 因坡度较小, 不利于崩岗的发育; 海拔> 500 m 中低山因坡度普遍较大, 风化壳较薄, 且人类活动相对较小, 也不利于崩岗的发育。海

拔在 50~ 500 m 的丘陵区, 其风化壳厚度较大, 人类活动频繁, 坡地植被容易受到破坏, 特别是花岗岩丘陵盆地区, 极易引发崩岗侵蚀, 分布状况见表 1。

表 1 不同海拔高度崩岗侵蚀分布				
Table 1 Distribution of slump-gully in various elevation				
海拔高度 m	≤50	50~ 200	200~ 500	> 500
面积比例%	2	22	63	13

1. 2 不同坡度分布特征

崩岗主要发生在中坡和陡坡, 而缓坡和急陡坡则较少分布, 见表 2。其分布特征主要取决于不同坡度人类活动程度和风化壳厚度。

表 2 不同坡度崩岗侵蚀分布				
Table 2 Distribution of slump-gully in various inclination of slope				
坡度	≤10°	10°~ 25°	25°~ 35°	> 35°
面积比例%	2	22	63	13

1. 3 不同坡向崩岗分布特征

不同坡向崩岗分布如图 1 所示, 发生在朝南向的崩岗占总数的 43. 39%, 发生在北坡的崩岗仅占 26. 34%, 这主要是由于朝南是向阳坡, 风化壳发育

收稿日期(Received date): 2003- 09- 11; 改回日期(Accepted): 2003- 11- 20。
基金项目(Foundation item): 本项目为福建省科委重点攻关课题“福建省崩岗沟侵蚀规律与治理模式研究”一部分。
作者简介(Biography): 阮伏水(1962-), 男, 1995 年毕业于华东师范大学区域地理专业, 获理学博士学位, 高级工程师。多次获省、部级科技进步奖。1999 年享受政府特殊津贴。[Biographical Notes: Dr. Ruan, born in 1962, is a senior engineer of soil and water conservation and regional geography. E- mail: Ruanfs@ 263. net]

厚,同时,福建是亚热带海洋性季风气候,主风向是由海洋方向来的南风 and 东南风,降雨动力大,给崩岗的形成造成有利的客观条件。

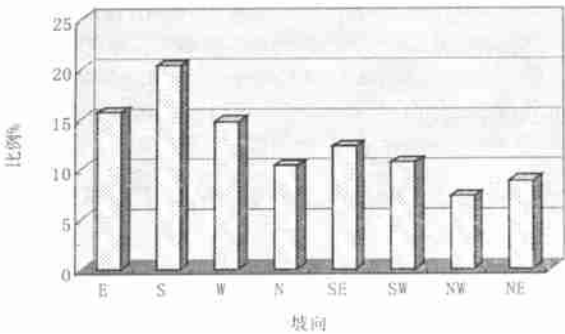


图 1 不同坡向崩岗沟分布特征

Fig. 1 Distribution of the slump gully in various exposure

1.4 不同母岩分布特征

通过对崩岗侵蚀风化壳母岩的统计结果可以看出(表 3),崩岗主要分布在花岗岩地区,占全省的 84.7%。其它岩类风化壳发育的崩岗仅占 15.3%。这主要是由不同母岩发育的风化壳厚度和抗侵蚀能力不同所致。

表 3 不同母岩崩岗侵蚀分布

Table 3 Distribution of Slump Gully in Various Parent Rocks

岩性	花岗岩	安山岩	片麻岩	砂泥岩	紫色岩	其它岩类
面积比例%	84.7	3.4	0.9	6.7	2.2	2.1

2 物质基础和诱发因素

疏松深厚的花岗岩风化壳是崩岗侵蚀的物质基础和内在原因。特别是燕山早期第三阶段第三次侵入形成的粗晶粒黑云母花岗岩^{2(3)c}风化壳最深厚,在山间盆地、谷地低丘陵地带,厚度多在 10 m 以上,最厚的可达 70 m 以上。福建省崩岗侵蚀最严重的区域如安溪官桥和龙门、长汀河田、诏安官陂、永春达埔等均为这类岩体出露区。深厚的风化壳为足以引发重力侵蚀的临空面的形成提供了物质基础,特别是风化壳中抗侵蚀性极弱的深厚砂土层的存在使坡地沟谷得到充分发育,这是花岗岩地区崩岗侵蚀比其他母岩地区严重的重要原因^[1]。

崩岗因其类型和成因不同,发展的规律也不尽相同。据调查,福建省崩岗形成外部因素有植被破

坏、滑坡和基建等,分别占 70.4%、29.0% 和 0.6%。绝大多数崩岗的发育主要是因为坡地植被遭受破坏,径流直接冲刷裸露地表,由小沟逐渐演变而来。从崩岗发生的历史看,绝大多数是近代和现代发育的,基本上与近百年来的自然植被遭受破坏的历史相吻合。

3 侵蚀的动力机制

径流和重力相互作用是崩岗发育的主要动力。重力作用产生的崩坍是崩岗侵蚀的主要形式。一个崩岗在地貌形态上主要包括沟头、沟壁、沟头崩积体、沟床(沟道)以及出口处的洪积扇等要素,这些地貌部位在重力和水力作用下的侵蚀或堆积过程,便构成了整个崩岗的侵蚀过程。下面以安溪官桥试验区资料进行分析。

官桥试验区位于官郁和碧一两村交界处长垄小流域,为典型花岗岩坡地沟谷发育地貌。平均年降雨量约为 1 650 mm。小流域面积为 24.25 hm²,区内为燕山早期黑云母花岗岩发育的赤红壤丘陵,坡度为 15°~30°。试验区植被覆盖率仅 5%~35%,其主要为“小老头”马尾松(*Pinus massoniana*)等。区内崩岗 28 个,沟壑面积 7.4 hm²,占小流域面积的 31.42%。区内修建有 3 个装置自记水位仪的拦沙坝和谷坊及其淤积观测桩。同时在崩岗口设置径流沉沙池和自记水位仪,测定其径流和产沙量。

3.1 沟头与沟壁的重力崩坍

随着径流的冲刷,沟谷不断下切,临空面增高,使原来平衡的孔隙力释放,导致沟壁顶部产生平行于临空面的裂隙,在遇到降雨时,土体就会沿着某一裂隙崩坍。崩坍的结果使新裸露的土体在孔隙力和其他外应力作用下,产生新的裂隙系统的递级发展,为下次崩坍创造条件。径流冲刷和崩坍过程交替进行,促使崩岗不断扩大。

根据野外考察,崩岗的重力崩坍主要有以下几种形式:错断板状崩坍、滑坡崩坍、倾倒崩坍、拉裂崩坍和剥落等。

根据 1992-01~1994-12 布设在官桥长垄崩岗小流域的 5 个崩岗沟头标志桩观测(表 4)显示,只有第 2 号崩岗有较大规模的崩坍,崩坍达 22 处,崩坍量达 601 m³,这 22 处平均每处崩坍量为 27.32 m³,最大一处崩坍推进距离为 213 cm,崩坍量 87 m³。其他 4 个崩岗头只发生少规模的崩塌和土块剥落以

及径流冲刷,这3 a内后退38~61 cm。

从沟头和沟壁崩坍下来的物质在其底部常形成锥状崩积体。研究表明,崩积体的再侵蚀十分迅速。崩岗体的再侵蚀是崩岗侵蚀的重要组成部分。

3.2 径流和泥沙运行特征

根据1993–1995年官桥长垄崩岗试验区1号的观测资料,对崩岗径流泥沙运行特征进行分析。1号崩岗集水面积700.6 m²,其中,沟壑面积498 m²,属崩岗发育中期。

3.1.1 降雨对崩岗径流和产沙的影响

根据统计分析,可得到图2、3,由图2、3可知,随着降雨量的增多,径流量和产沙量也随之显著增加。次降雨量>50 mm的产流雨量占总产流雨量的39.22%,而产流量和产沙量则分别占各自总量56%和71%,特别是降雨量>100 mm的大暴雨,其平均次产沙量高达15 421 kg,为降雨量<50 mm平均次产沙量的38倍,可见大暴雨对崩岗侵蚀的影响。

表4 长垄崩岗头崩塌观测结果

Table 4 The measured results of slump velocity of the head of the slump gullies

崩岗 沟号	崩塌 处数	崩塌量 (m ³)	平均每处崩 塌量(m ³)	最大处崩 塌量(m ³)	沟头推进 距离(cm)
1	5	5.7	1.14	2.0	43
2	22	601	27.32	87	213
3	10	21.3	2.13	10.0	42
4	9	18.3	2.03	2.5	38
5	8	21.7	2.65	6.0	61

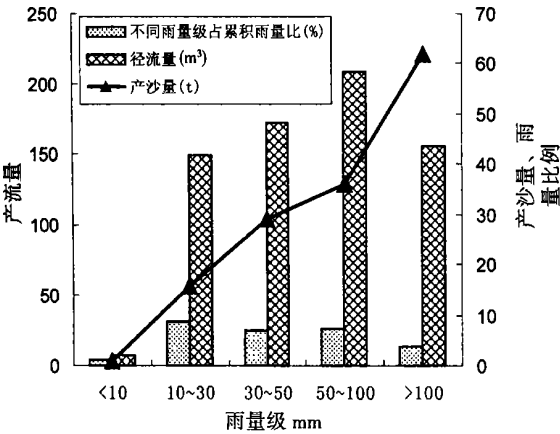


图2 不同雨量级下的崩岗沟产流和产沙量

Fig. 2 The sediment and runoff yield of the slump-gully in the various grade precipitation

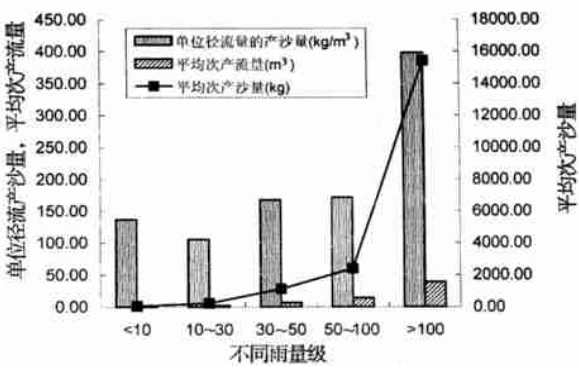


图3 不同降雨量级平均次产流量和产沙量

Fig. 3 Mean second runoff and sediment yield in the various grade precipitation

3.1.2 径流对产沙量的影响

径流是侵蚀动力,也是泥沙输移的载体,随着径流的增加,产沙量也随之增加。崩岗内的崩积体疏松,抗侵蚀力弱,沟床的石英沙层也较厚,产沙过程主要受径流输沙搬运动力的控制,径流量 $D(m^3)$ 越大,搬运能力越强,产沙量 $M(kg)$ 也越大,两者呈密切关系

$$M=136.08D^{0.987}, r=0.72, n=119$$

4 产沙模数的推算

根据官桥长垄崩岗小流域试验区观测的土壤侵蚀(表5),崩岗壑的年产沙模数可达 $6\times10^4\sim10\times10^4\text{ t/km}^2$,崩岗群发育的小流域年产沙模数达 $2\times10^4\sim3.5\times10^4\text{ t/km}^2$ 。根据锁蛟水库调查,该库建库时间为1960–03,集水面积1.0 km²,库容 $74.19\times10^4\text{ m}^3$,集水区以丘陵为主,土壤侵蚀严重,植被覆盖率仅20%左右,崩岗达30处,沟壑面积为12.47 hm²,占集水区面积12.47%。据1987年调查,库区内泥沙淤积量达 $67.88\times10^4\text{ m}^3$,淤积量占总库容的91.49%。以此推算,集水区平均年土壤侵蚀模数达34 191 t/km²(尚不计随径流外排的悬浮质泥沙量在内)。可见崩岗发育区域的产沙量惊人。崩岗产生的泥沙淹埋农田、堵塞河床,淤浅水库,使区域生态环境受到严重破坏。

5 治理模式与实例

5.1 治理思路

5.1.1 把崩岗作为一个系统来进行综合治理

首先必须控制集水坡面的跌水动力,同时,要设

表 5 安溪官桥长垄崩岗小流域实测产沙量

Table 5 The Measured sediment yield of the slump-wullies watersheds in Guangqiao of Anxi County

崩岗(小流域) 编号	集水面积 (m ²)	沟壑面积 (m ²)	崩岗个数	观测期内集水区 土壤侵蚀量(t)	集水区年土壤 侵蚀模数(t/km ²)	沟壑年产沙 模数(t/km ²)	时 间
1	700.6	498	1	145.2	68 405	95 049	1993.1~ 1995.12
2	5 072	4 447	1	1 058.1	69 538	78 906	1993.1~ 1995.12
3	242 500	73 963	23	20 985.0	21 634	67 512	1991.1~ 1994.12
4	113 400	29 484	11	4 457.07	26 202	89 394	1993.6~ 1994.12
5	31 300	10 016	4	1 608.38	34 257	98 554	1993.6~ 1994.12

注: 集水坡地(不包括崩岗)根据流失桩资料,年土壤侵蚀模数取 6 000 t/km² 计算^[2];
1992 年、1993 年、1994、1995 年的降雨量分别为 1 295.4 mm、1 472.5 mm、1 821.5 mm、1 638 mm。

法控制冲积扇物质再迁移和崩岗底的下切,以尽量减少崩积体的再侵蚀过程,从而达到稳定整个崩岗系统。为此,提出“水不进沟,土不出沟”的崩岗治理的思路。

5.1.2 治理和利用相结合治理崩岗

贫困是导致山地植被毁灭从而引发崩岗发育的主要原因,也是崩岗治理的重要障碍因素。就全省而言,崩岗多分布在贫困山区,所以必须把治理与利用结合起来,通过治理达到改善贫困山区面貌。

5.2 综合治理模式

根据以上基本思路和崩岗不同部位的侵蚀特点

和立地条件,提出以下治理措施配置(表 6)。

5.3 典型实例

5.3.1 变崩岗侵蚀区为水土保持生态区——安溪长垄崩岗治理模式

治理区为安溪官桥长垄崩岗小流域,基本情况见上文。1990 年初开始对该小流域进行综合治理。因该小流域崩岗密布,坡面破碎,坡地开发利用难度较大,为此,我们采取“上拦下堵内外绿化”的治理模式,突出生态效益为主,把拦蓄泥沙,防止崩岗产生的大量泥沙下泄和小流域植被恢复作为主要目标。

主要治理措施: 1) 坡面治理。针对坡地不同植

表 6 崩岗综合治理模式

Table 6 The Suggested control models of the slump-gully

部 位	侵蚀特点	立地条件	工程措施	生物措施
集水坡地	坡面浅沟发育,以面蚀为主,浅沟沟底以射流冲力为主	表土层已全部消失,红土层尚存或粗砂土层出露,土壤干旱瘠薄,表层沙化,酸性强	距沟头一定距设置等高沟埂,以导定坡地径流,防止沟壁迭水	如立地条件较差,采取草灌乔多树种,建立乔灌草结合的水土保持林;在坡度较缓、红土层残存的坡地可开发成茶果园;在等高沟埂上种植牧草,如宽叶雀稗等,加以保护
沟头(沟壁)	坡面跌水等导致的重力崩塌为主	粗沙土层或碎屑层出露,土壤贫瘠。	如崩岗发育处于晚期,沟壁较矮,可进行削坡,开成台地等	可种植藤类覆盖;如有进行削坡,可种植林、竹、茶、果等,但需种牧草加以覆盖
崩积体	降雨溅蚀和沟蚀,小型切沟发育,土体抗侵蚀力弱,土壤侵蚀速度快	土体疏松、贫瘠,表层水分条件较差	以台地或短间距山边沟为宜	香根草带+ 竹类或果茶+ 牧草
沟道	下切和淤积交替进行,是径流泥沙运行的通道	表土为石英沙层,养分缺乏,但水分条件较好	在关键部分修筑谷坊群	根据具体情况,可种植香根草带+ 竹类,修建谷坊后可逐步开发为农田,谷坊上种植草类,加以保护
冲积扇	淤积为主	细沙、粉沙与粗沙层理明显,养分缺乏	在沟口较窄的地方修建拦沙坝	根据具体情况,可种植竹类,修建谷坊后可开发为农田

被类型和立地条件,主要采取马尾松(原有)+大叶相思+小毛豆+石决明+杨梅+大相思、湿尾松+大叶相思+香根草等草灌乔混交治理。2)沟壑治理。种植深根性的香根草带,草带间种植藤枝竹和经济效益较高的绿竹或麻竹,部分套种湿地松和桉树等。在崩岗内修建了21座谷坊,在小流域干流及其重要支流修建3座拦沙坝,以防止崩岗产生的大量泥沙下泄。冲积扇的生物治理以竹草为主。

治理效益。2000—12调查表明,坡面经过治理,植被覆盖率显著提高。除坡地顶部之外,其余植被覆盖率均达到60%以上,坡面中下部植被覆盖率均达到80%以上,整个崩岗小流域植被覆盖率比1990年增加50%~90%。许多地带性的灌木和耐阴的灌草已侵入,群落已演替到较高水平。随着坡地植被的生长,土壤肥力也得到明显提高,坡地平均有机质含量比原来提高了0.9%,蓄水能力明显增强。修建的3个拦沙坝和21座土石谷坊到1998年已全部淤满,拦沙量达 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。沟谷植被得到明显恢复,大部分沟壑植被覆盖率达65%以上,小叶赤楠、石斑木、野漆、黄瑞木等已侵入,植物群落演替从阳性向阴性植物发展。由于整个小流域环境得到改善,许多动物(如野兔、野鸡、蛇、鸟类)已侵入。该小流域群落已成为福建省侵蚀坡地植被重建的典范。

5.3.2 变崩岗侵蚀区为经济作物区

1. 永春达埔乡狮峰治理模式

狮峰小流域是永春县严重的崩岗侵蚀区,面积 $1\,491 \text{ hm}^2$,区内共有崩岗108处,沟壑面积达 18 hm^2 ,土壤贫瘠,为花岗岩风化的沙质红壤,母质层出露,崩岗侵蚀严重,小流域平均年侵蚀模数达 $9\,734 \text{ t/km}^2$,局部区域达 $3.8 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 。1985年开始,采取以种麻竹为主的植被与工程措施相结合,“上截、下堵、削坡内外绿化”的崩岗治理模式:在坡顶种植水土保持林,坡面种植茶叶、芦柑等,并修建排水沟,在崩岗内和沟口修建土石谷坊,在崩岗崩积锥和沟底种植麻竹。

该治理模式显示出较好的生态和经济效益。到2000年,种植麻竹面积达 218 hm^2 ,形成了林、果、竹共生一体的良好植被,有效地控制了崩岗的发生和危害,植被覆盖率由治理前的19.3%提高到治理后的85%,年土壤侵蚀模数减少到 453 t/km^2 。以种竹为突破口的崩岗治理模式在该县已得到大面积推广,成为当地农民重要的收入来源。

2. 诏安官陂崩岗治理模式

诏安县官陂草子坝小流域是福建严重崩岗侵蚀区,流域面积 13.7 km^2 ,崩岗共有63条,崩岗形态以条形为主,坡地相对较为完整。1989年开始治理,采取以种植荔枝为重点的治理模式:对海拔300 m以上的坡面采取封、造、管措施,共完成封禁治理 640 hm^2 ,营造水土保持林 220 hm^2 ,选择速生快长的湿地松混交大叶相思;在海拔300 m以下的荒山坡地修筑梯田,种植荔枝 100 hm^2 ,种草 25 hm^2 。同时,在崩岗内修建谷坊工程,设置排水沟,种植麻竹、香蕉、荔枝等。

草子坝小流域治理崩岗后,坡地植被覆盖率达到77%;小流域年土壤侵蚀量由原来的 $3\,800 \text{ t/km}^2$ 减少到 500 t/km^2 以下。经过治理,当地农民收入明显提高,60%的农民收入来自荔枝、香蕉等经济作物。

5.3.3 变崩岗侵蚀区为多种经营区——长汀河田水东坊崩岗治理模式

长汀河田镇是中国南方最严重的水土流失区之一,其中,水东坊的崩岗侵蚀具有代表性。1983年以来,采取以生物措施为主,生物措施、工程措施和农业技术措施相结合的方法对该区崩岗综合治理,取得显著效果。具体作法是在集水坡地植树种草恢复植被,挖鱼鳞坑、水平沟截蓄地表径流;对崩岗分段采取不同的治理措施,在崩岗中部和沟口分别修建土谷坊,上段崩岗内蓄水养鱼,下段开发成农田,形成立体的多种经营模式。如予坑崩岗,1990年开始治理,在坡面种植板栗 0.63 hm^2 ,胡枝子等水保林 2.4 hm^2 ,沟道修建土谷坊,形成沟内水面达 280 m^2 ,水深平均2 m的水塘,沟内养鱼,年产鱼100~150 kg;土谷坊下段沟道开发农田 0.2 hm^2 ,种植双季稻,年产稻谷2 000 kg。沟内还栽种蔬菜、芋、薯等农作物,获得较好的经济效益和生态效益。

6 结语

崩岗主要分布在花岗岩山间盆地、谷地和低山丘陵地区,疏松深厚的花岗岩风化壳是崩岗侵蚀的物质基础和内在原因。绝大多数崩岗的发育是因为坡地植被遭受破坏,由小沟逐渐演变而成。

径流和重力相互作用是崩岗发育的主要动力,崩岗产沙量大,崩岗沟壑的年产沙模数可达 $6 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 \text{ t/km}^2$,对下游造成严重危害。

必须把崩岗作为一个系统来进行综合治理。根据“水不进沟,土不出沟”的崩岗治理思路,结合具体实际,可以变崩岗侵蚀区为水土保持生态区、经济作物区、多种经营区。

参考文献(References):

[1] Ruan Fushui *et al.* . Research on the Characteristics of the Granite Crust to Resistant - Erosion I, II[J]. *Fujian Soil And Water Conservation*, 1995, (4): 37~ 42, 1996, 1, 35~ 42[阮伏水、周伏建、聂碧娟, 等. 花岗岩风化壳抗侵蚀特征研究 I、II[J]. *福建水土保持*, 1995, (4): 37~ 42, 1996, (1): 35~ 42.]

[2] Ruan Fushui. Study on The Classification of Erosion Intensity on Granite Slopes[J]. *Journal of Fujian Normal University*, Vol. 12, 1996, 81~ 90[阮伏水. 花岗岩坡地土壤侵蚀强度分级探讨[J]. *福建师范大学学报*, 1996, 12: 81~ 90]

参加本课题的还有福建省水土保持试验站的周伏建、 荒敏、王维明等, 试验观测得到安溪县水土保持试验站的大力支持, 在此表示感谢。

Study on Slump Gully Erosion and Its Control in Fujian Province

RUAN Fu-shui

(Soil and Water Conservation Office of Fujian Province, Fuzhou, 350001)

Abstract: Based on the field survey and measured data obtained from the slope-spots and gauge stations of silt-runoff, the slump gully distribution, erosion mechanism, development and the modulus of sediment production have been conducted. The results show that the most slump-gullies lied on granite areas and the modulus of sediment yield can reach 60 000~ 100 000 t/ km²•a⁻¹, which would be critical problem. The models of protective measures for the slump gully control have been conducted and some cases study have been made.

Key words: slump-gully ; erosion; control models