

# 環境に配慮した新機能性斜面緑化工法

## —岩盤斜面とモルタル吹付け斜面への適用—

原 裕<sup>1</sup>・鬼塚克忠<sup>2</sup>・原真由美<sup>3</sup>・吉武茂樹<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 博(工) 日本建設技術株式会社 (〒847-1201 佐賀県東松浦郡北波多村大字徳須恵1417-1)

E-mail:hara@nkg-net.co.jp

<sup>2</sup>正会員 工博 佐賀大学理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

<sup>3</sup>日本建設技術株式会社 (〒847-1201 佐賀県東松浦郡北波多村大字徳須恵1417-1)

岩盤斜面の緑化再生から自然への回復が建設工事の大きな課題となっている。廃棄物の再資源化・再利用を目的として、建設廃材として排出される板ガラスや、容器包装の空ビン等のガラス廃材を原料として多孔質連続間隙を有し吸水・保水性に優れた新素材である発泡廃ガラス材を開発した。斜面勾配 $G=0.3\sim 0.5$ の岩盤斜面やモルタル斜面を緑化する場合に、発泡廃ガラス材をセメントに埋め込んだボードをモルタル吹付け斜面に千鳥状に設置し、植物生育基盤材に発泡廃ガラス材を10%混合したものを吹付けた。このボードは保水材として植物への水分供給源と、地下水や雨水による基盤材のすべりや剥離を抑止するストッパーの役目として使用したもので、緑化再生への補助材としている。

**Key Words :** waste glass material, recycling, slope-vegetation, bedrock-slope, mortared-slope

### 1. はじめに

山間部に高速道路や鉄道を造ったり、宅地開発などの造成工事、また、採石場跡地や建設盛土材採取跡地などの斜面は裸地として形成される。その斜面は一般的に土砂・礫質土や岩盤であったりする場合がほとんどで、特に岩盤斜面の緑化再生から自然への回復が建設工事の大きな課題となっている。

今回報告する施工事例および実証試験は、建設廃材や容器包装の廃ガラス材を再資源化した多孔質連続間隙構造の軽量で強固な新素材ミラクルソル(以後発泡廃ガラス材という)を用いて斜面緑化を実施したものである。施工事例としては、吹付け工法の植物生育基盤材に10%混合したものと板状のセメント製品に発泡廃ガラス材を埋め込んだものを岩盤斜面の緑化再生に適用したものである。実証試験としては、岩盤斜面にモルタル吹付けを施工している箇所に、新機能性緑化工法としてミラクルボードソイルストップ工法(以後MBSS工法という)によりモルタル斜面緑化を2003年6月27日に実施した。

発泡廃ガラス材を有効利用することにより、植物の生育に必要とされる基盤内の間隙を保持することによって、草木・木本類の生育を助長し、植物の早期生

育を促進させ良好な根系の発育が期待できる。発泡廃ガラス材は多孔質で連続間隙構造を有しているため吸水性に優れており、長期にわたり保水性に富む斜面が緑化形成される。

モルタル吹付けを行った斜面のグレーゾーンをグリーンゾーンに改良することにより、道路や宅地開発地であれば運転者の視覚回復と安らぎ感を与える事が出来る。また、CO<sub>2</sub>の削減などにより地球温暖化現象の緩和にも貢献出来る。

### 2. 発泡廃ガラス材の構造および特徴

発泡廃ガラス材は、多数の内部間隙を有し、軽量かつ堅固であり、比重0.3~1.5に、また、粒径の調整もできる。また、製造条件により、間隙が互いに独立して存在する独立間隙構造のものと、間隙が連続して存在する連続間隙構造のものを製造する事が出来る。写真-1、写真-2に連続間隙構造の発泡廃ガラス材を示す。岩盤緑化に使用する吸水性の発泡廃ガラス材は、比重が0.4の素材を用いる。素材の構造が連続間隙構造になっており、連続する間隙内に水分を吸収するため保水性に優れている。発泡廃ガラス材の吸水試験結果は、比重0.4、粒径φ30~35mmの素材を用い

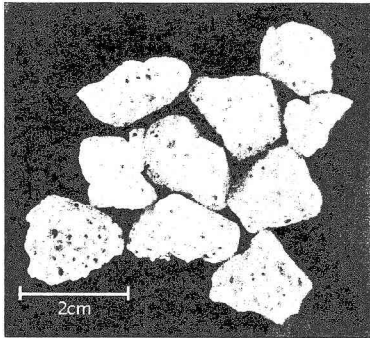


写真-1 連続間隙構造の形状

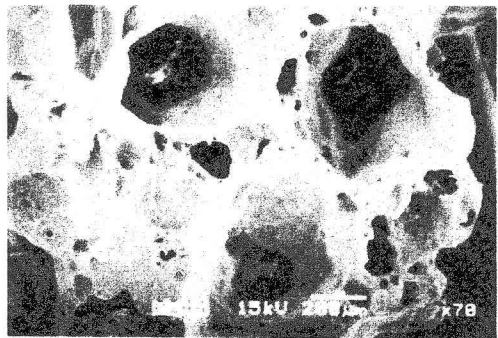


写真-2 連続間隙構造の顕微鏡写真 (70倍)

た。水を入れたビーカー内に発泡廃ガラス材を浸水させ、湿潤質量を24時間毎に連続3日間測定した。2日目以降の湿潤質量は、水中に投入して数秒後には多孔質の連続間隙内に急速に吸水されるため、1日目のものとほぼ同じ値を示した。吸水量は、同一試料を用いた3個の平均で質量比の135.3%であった。

吸水性の発泡廃ガラス材を生育基盤材に混合すると、保水性が向上し、植物の初期生育が良好なことが実証されている。

を混合しないもので草丈59cm、混合率5%で71cm、10%で127cmであった。混合率10%では、混合しないものと比較すると約2.2倍の草丈であった。メドハギの場合、混合しないもので38cm、混合率5%で53cm、10%で63cmであった。混合率10%のものは、混合しないものより約1.7倍の草丈を示した。試験結果から、ミラクルボールを10%混合した場合にバミュダグラスおよびメドハギともに生育状態は良好であった。施工後75日についても同様の結果が得られた。当地

### 3. 礫混じり土斜面での実証試験

1997年8月1日に、湿式吹付け工法にて約250m<sup>2</sup>の実証試験を実施した。斜面は3～5mの高さで、地質は第三紀層の砂岩礫を混じえた崩積土で構成されている。ミラクルボールを混合した厚層基盤材を用いて、ミラクルボール緑化工法により緑化を行い、植物生育の追跡調査を実施した。

厚層基盤材(植生基盤材・肥料・粘着材・種子)にミラクルボール(粒径φ5～25mm)を混合しない場合と、5%、10%、20%混合した場合での施工後の植物の生育比較を行った。施工後40日および75日のバミュダグラスとメドハギの生育状況を図-1、表-1、写真-3に示す。

施工後40日のミラクルボール混合率による草丈を比較した。バミュダグラスの場合、ミラクルボール

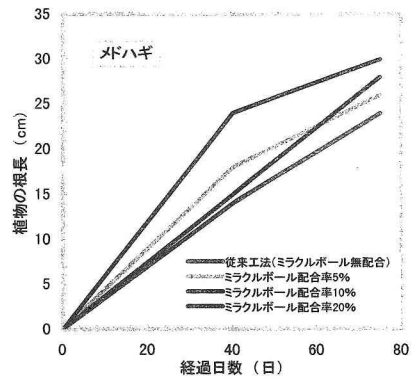
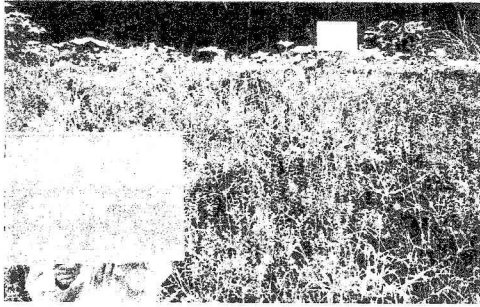


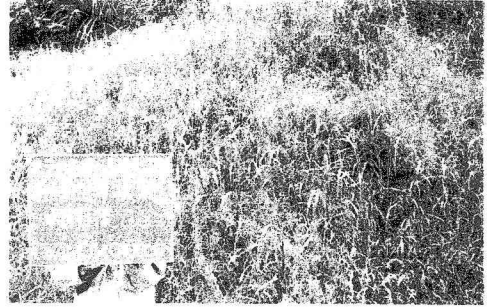
図-1 日数による植物の生育状況の比較

表-1 礫混じり土における植物生育比較表

混合率(%)	経過日数	40日後 (cm)						75日後 (cm)						
		茎 長		根 長		最大長の合計	最小長の合計	茎 長		根 長		最大長の合計	最小長の合計	
		最大	最小	最大	最小			最大	最小					
バミュダグラス	厚層基盤材のみ	40	27	19	11	59	38	103	5	15	11	118	16	
	廃ガラス材	(5%)	55	30	16	14	71	44	115	60	17	10	132	70
		(10%)	102	52	25	15	127	67	127	61	21	18	149	79
		(20%)	—	—	—	—	—	—	100	70	15	13	115	83
メドハギ	厚層基盤材のみ	24	11	14	9	38	20	28	16	24	15	52	31	
	廃ガラス材	(5%)	35	20	18	16	53	36	32	21	26	19	58	40
		(10%)	39	25	24	20	63	45	33	27	30	21	63	48
		(20%)	—	—	—	—	—	—	30	18	28	21	58	39

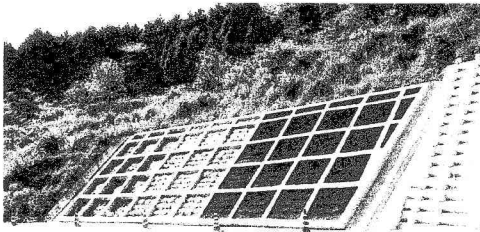


従来工法 (ミラクルボール0%)



ミラクルボール10%混合

写真-3 植物の初期成育状況の比較 (施工後40日)



左側から、法枠施工状況、土嚢設置状況、厚層基盤材吹付け状況

写真-4 施工過程 (H11.5完成)



周辺の植物と良く調和した斜面状況

写真-5 植物の生育状況 (施工後5年経過)

のような礫混じり土の場合は、ミラクルボール10%混合が最適である<sup>1)</sup>。

1999年5月に施工したミラクルボール緑化工法の施工事例を写真-4、写真-5に示す。湧水量が多い斜面において、現場吹付け法枠工の内部に現地発生土と発泡廃ガラス材を混合した土嚢を設置することにより湧水処理を行った事例で、湧水による斜面の侵食防止と保水性に富むミラクルボール緑化工法の植生基盤としての効果がある<sup>2)</sup>。

#### 4. ミラクルボードの特徴

写真-6にミラクルボードの形状を示す。ミラクルボードは、板状のセメント製品に吸水性の発泡廃ガラス材を埋め込んだものである。岩盤斜面に設置することにより、厚層基盤材がすべり落ちるのを抑止する効果があると同時に、ボードに埋め込んだ発泡廃ガラス材の吸水・保水効果により植物への水分供給ができる。ボードは2本のボードピンで岩盤に対して水平に固定する。その上からラス金網を張り、ミラクルボール10%混合した生育基盤材の吹付けを行う。使用したミラクルボード(8.0×50.0×1.0cm)には、比重

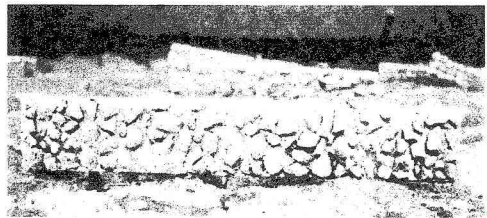


写真-6 ミラクルボード

0.4、粒径15～40mmのものを使用している。ミラクルボードとミラクルボールは、原料がガラスであるため化学的に安定しており、地盤に悪影響をおよぼす有害物質の溶出もなく、耐久性に優れた製品であり、軽量であるため施工性にも優れている。

#### 5. 岩盤斜面でのMBSS工法による施工例

1998年3月に道路改良工事に伴う切土斜面において、ミラクルボードおよびミラクルボールを混合した生育基盤材を用いて岩盤緑化を実施した。斜面は第三紀層の砂岩で構成されており、保水性が悪く、1:0.5の切土勾配となっており、生育基盤材吹付け後の保水

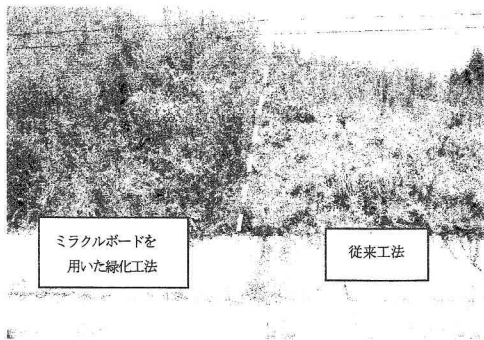


写真-7 従来工法との比較

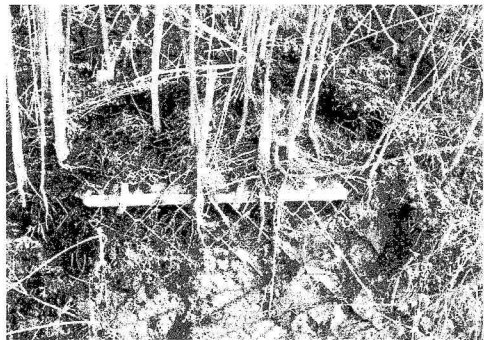


写真-8 植物根の状況

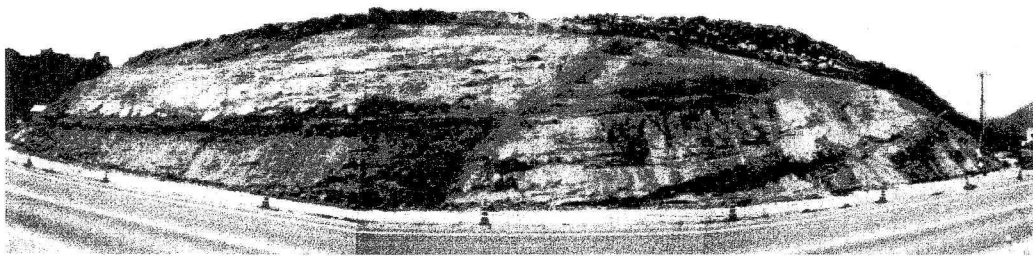


写真-9 施工前の岩盤斜面の状況



写真-10 施工後の斜面状況 (約2年3ヶ月経過)

と厚層基盤材の剥離やすべりが懸念された。雨水の浸透により岩盤斜面から厚層基盤材がすべり落ちることを抑止するとともに保水性の向上を目的としてミラクルボードを1枚/㎡間隔で千鳥状に設置した。斜面全体の保水に対しては、礫混じり土斜面での実証試験により、生育基盤材に保水材としてミラクルボールを10%混合した。

施工後12ヶ月ぐらいから、周辺の在来種であるアカメガシワやオニタビラコ等の侵入が確認されるようになった。厚層基盤材は、いずれも厚さ7cmであるが、従来工法は真珠岩を焼成したものを保水材として用いた。写真-7は5年5ヶ月後の従来工法との比較状況である。写真右側の従来工法と比較すると、左側のミラクルボードを用いた工法では根もしっかり活着し、植物の生育は良好である。ミラクルボードを用いた工法

では、生育基盤材の剥離は見られず、植物の生育も順調である。ハギ類の生育が旺盛で、かつ在来種の生育もよく順調に経過している。コケが斜面全体に繁茂しており、発泡廃ガラスにより常に保水されている効果が現れている<sup>3)</sup>。

2002年12月に植物根の伸張状況を調査した。根を傷つけないように厚層基盤材を除去し、根の伸張状況を観察した。施工後4年8ヶ月経過した時点での植物根(ハギ類)の状況を写真-8に示す。茎系はφ6~25mm、根茎は最大でφ12mm程度に成長し、支持根が岩盤に向かって伸びている。また、側根や細根も発達しており、厚層基盤材の剥離やすべり防止に効果を発揮している。在来種の侵入も活発になっており、周辺の景観によく調和している。岩盤斜面においても緑化を推進できる工法として実証された。

2002年3月にプロポーザルにて施工した砂岩の岩盤斜面の施工事例を写真-9、写真-10に示す。

## 6. モルタル吹付け斜面での実証試験

2003年6月に道路改良工事に伴って、 $G=0.3\sim 0.5$ の切土岩盤斜面にモルタル吹付けが施工されている斜面約 $100\text{m}^2$ にMBSS工法により実証試験を実施した。施工後約1年2ヶ月経過した追跡調査の結果を報告する。

施工方法は植物根を岩盤に誘導し活着を良くするためと、モルタル吹付背面からの降雨による地下水を厚層基盤材中に流入させることを目的として、モルタル吹付け面に $\phi 40\text{mm}$ の穴を $1\text{m}^2$ に7箇所削岩機にて削孔した。斜面清掃後、図-2に示すように、路面から $1.5\text{m}$ の高さから間伐材を用いた工法<sup>4)</sup>を利用してストッパー材の役目と厚層基盤材のすべりや剥離を抑制した。その上部は、ミラクルボード(MS-80)を2本のアンカーピンで $1\text{枚}/\text{m}^2$ で千鳥状の配置で斜面に設置した。その上から金網張工を行ない、厚層基盤材(ミラクルボール緑化工法  $t=10\text{cm}$ )を吹付けた。

図-2にミラクルボードを設置した模式図を、図-3に施工のフローチャートを、表-2に現場配合と種子配合量を示す。

写真-11にモルタル斜面にミラクルボードを設置した状況を、写真-12に施工後約1年2ヶ月経過した植物生育状況を示す。施工後約1年2ヶ月経過し、順調に緑化が進んでいることが窺える。主に、ヤマハギとメドハギの木本類の生育が良く、前年度、今年度も7、8、9月の比較的降雨が少ない時期ではあるが発芽率は良く、現在のところ初期の目的を達成し、おそらく今後毎年緑化が進捗していくものと思われる。

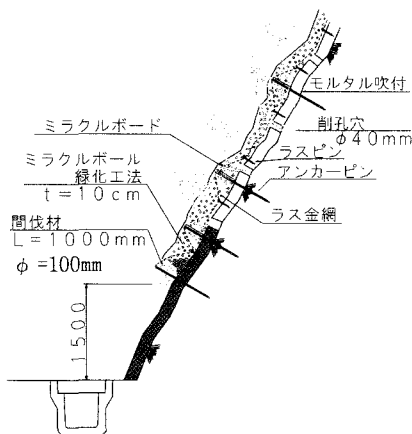


図-2 ミラクルボードの設置状況の模式図

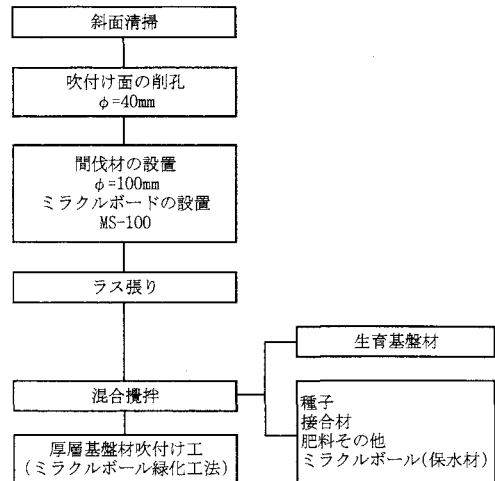


図-3 施工フローチャート

表-2 現場配合と種子配合量

材料	規格	数量	
		1 $\text{m}^3$ 当り	1 $\text{m}^3$ 当り
緑化基盤材	植生基盤材	1,818%	(4袋)160%
肥料	P・K肥料	3.0kg	0.26kg
	ハイコントロール(緩効性肥料)	3.1kg	0.27kg
粘結材	クリコートc-710(高分子樹脂)	4.0kg	0.35kg
保水材	ミラクルボール	90.9%	8.0%
種子	6種混合	1.630kg	0.1435kg

種子	1 $\text{m}^3$ 当り(g)	1 $\text{m}^3$ 当り補正(kg)
トールフェスク ピュアゴールド	8.22	0.008
バーズフット トレフォイル	13.29	0.013
コマツナギ	346.26	0.346
イタチハギ	757.58	0.758
ヤマハギ	356.13	0.356
メドハギ	148.81	0.149
計	1630.28	1.630

緑化がなされた斜面には、紋黄チョウが7月に舞うのが確認された。岩盤斜面やモルタル吹付け斜面を自然へと回復させる事は、生物の生育の場所となり、また、生態系の回復と騒音の吸収や二酸化炭素の削減等に効果があり、しのびよる地球温暖化対策と最終処分場の延命策に繋がり、廃棄物の有効利用に貢献できる環境に配慮した最新の斜面緑化工法である。

## 7. まとめ

1)発泡廃ガラス材は短時間で乾燥質量の2.4倍まで吸水する事が出来る。したがって、発泡廃ガラス材を斜面の緑化工法に使用した場合には、少雨量でも急速に吸水し保水するので発泡廃ガラス材は厚層基盤材の保水材に適している。

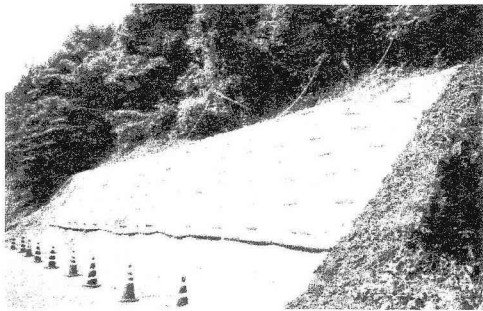


写真-11 ミラクルボード設置状況

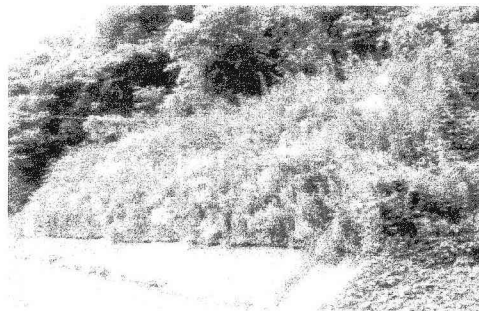


写真-12 施工後の生育状況 (1年2ヶ月経過)

- 2) 礫混じり土の斜面において、吸水・保水性の高い発泡廃ガラス材を用いた斜面緑化を行うと、従来工法よりも植物生育効果があり、特に、発泡廃ガラス材を10%混合した場合が植物の生育に極めて良好である。
- 3) 岩盤斜面でミラクルボードを使用することにより、吹付けた厚層基盤材のすべりや剥離を抑止し、保水性を高めるために厚層基盤材の安定と植物根の活着を促進させ、植物の生育を助長させる。
- 4) 斜面勾配 $G=0.3\sim 0.5$ のモルタル吹付け斜面にMBSS工法を応用したが、施工後約1年2ヶ月経過した状況は、斜面の緑化が進行し、紋黄チョウが舞う環境の創出があり、厚層基盤材のすべりや剥離もなく順調に緑化が形成されつつある。
- 5) 岩盤やモルタル吹付け斜面の自然への回復は生態系の回復と騒音の低減や二酸化炭素の削減等に効果があり、地球温暖化対策と最終処分場の延命策に繋がり、廃棄物の有効利用に貢献出来る。

#### 参考文献

- 1) 原裕, 鬼塚克忠, 横尾磨美, 桃崎節子: 発泡廃ガラス材を用いた斜面緑化工法, 地盤工学会, 土と基礎, Vol. 47, No. 10, pp. 35-38, 1999.
- 2) 原裕, 鬼塚克忠, 横尾磨美, 桃崎節子: 環境に配慮した斜面緑化の事例-発泡廃ガラス材を用いた緑化-, 土と基礎, Vol. 49, No. 10, pp. 13-15, 2001.
- 3) 原裕, 鬼塚克忠, 横尾磨美, 桃崎節子: 環境に配慮した岩盤緑化工法-発泡廃ガラス材を用いた事例-, 土木学会第39回環境工学研究フォーラム講演集, pp. 7-9, 2002.
- 4) 原裕, 鬼塚克忠, 原真由美, 桃崎節子: 環境に配慮した岩盤緑化工法-間伐材と発泡廃ガラス材を用いた実証試験-, 土木学会第40回環境工学研究フォーラム講演集, pp. 43-45, 2003.

## ENVIRONMENTAL NEW FUNCTIONAL SLOPE VEGETATION SYSTEM - THE APPLICATION TO BEDROCK-SLOPE and MORTARED-SLOPE -

Yutaka HARA, Katsutada ONITSUKA, Mayumi HARA, Shigeki YOSHITAKE

In case that the gradient of bedrock-slope or mortared-slope is  $G=0.3-0.5$ , special board (special board is made from cement and FWG with continuous void) were in placed zigzag on the slope, and then, materials of spraying thick layer with the contents of FWG of 10% is sprayed on the slope. This special board will prevent slides or exfoliate of materials of spraying thick layer due to groundwater or rainwater, they are functioning as water-holder at the same time. This special board using FWG is used for promoting of re-vegetation as an auxiliary material.