मस्यौदा

पहिरो वर्गीकरण तथा जोखिम

सहयोगी पुस्तिका

२०८१

प्रतिबद्ध

Funded by European Union Humanitarian Aid

People in Need

CSRC आत्मनिर्भर केन्द्र

SWN Scott Wilson Nepal

Save the Children

लेखन/सम्पादन:

एस. डब्लु. नेपाल प्रा. लि. (स्कट् विल्सन नेपाल,/ एस. डब्लु. एन)

पो. बक्स. नं.: ४२०१, ८९ कृष्ण धारा मार्ग

महाराजगञ्ज, काठमाडौं, नेपाल

फोन नं.: +९७७ १ ४५१००६६/ ४५११११५६

आवरण चित्र: डी. एफ. आइ. डी. / उन्नत गोरेटो कार्यक्रम र प्रतिबद्ध परियोजना अन्तर्गत गरिएको बायो- इन्जिनियरिङ कार्य

अस्वीकरण: यो पुस्तिका युरोपेली आयोगको आर्थिक सहयोगमा सञ्चालित परियोजना अन्तर्गत तयार गरिएको हो । यसमा व्यक्त गरिएको राय र विचारहरू लेखकका निजी हुन र यसले युरोपेली आयोगका विचारको प्रतिनिधित्व गर्दैनन्। यस प्रतिवेदनको विषयवस्तुका लागि न त युरोपेली आयोग वा अनुदान दिने निकाय जिम्मेवार छन् ।

विषय सूची

पृष्ठभूमि 1
परिच्छेद 1 पहिरोको पहिचान र यसको वर्गीकरण 2
परिच्छेद 2 पहिरोको पहिचान र वर्गीकरणको सामान्य रूपरेखा 3
परिच्छेद 3 पहिरो जोखिम वर्गीकरण विधि 6
परिच्छेद 4 पहिरो र यसको कारण 8
४ (१) पहिरो बारे सामान्य जानकारी 8
४ (१) (१) पहिरोका विभिन्न भाग 8
४ (१) (२) पहिरोका प्रकार 9
४ (१) (३) पहिरो जानुका केही मुख्य कारणहरू 12
४ (२) माटोको पहिचान 12
४ (२) (१) माटोको प्रकार 12
४ (२) (२) आकार अनुसार माटोका कणको वर्गीकरण 13
४ (२) (३) माटो परीक्षण गर्ने विधि 13
परिच्छेद 5 पहिरो नियन्त्रणका उपाय 15
५ (१) उपयुक्त न्यूनीकरण उपायहरू पहिचान 15
५ (२) सिभिल तथा बायो- इन्जिनियरिङ प्रविधिको प्रयोग 15
५ (३) सिभिल इन्जिनियरिङ प्रविधि 17
५ (३) (१) पर्खालको संरचना (Wall Structures) 17
५ (३) (२) नियन्त्रण बाँध (Check Dams) 20
५ (३) (३) मान्द्रे बार (Wattle fence) 22
५ (३) (४) ढुङ्गे बालिस्ट (Stone bolster) 23
५ (३) (५) चिरिएको ठाउँ पुर्ने (Crack sealing) 25
५ (३) (६) सतह ढाक्ने (Slope cover) 25
५ (३) (७) जुटको जाली (Jute netting) 26
५ (३) (८) तार जाली (Wire net) 26
५ (३) (९) ढुङ्गा छपाइ (Stone Pitching) 27
५ (३) (१०) सतह नाली (Surface Drains) 27
५ (३) (११) उपसतह नाली (Sub-surface Drain) 28
५ (३) (१२) गरा प्रणाली (Terracing) 29

५ (४) बायो- इन्जिनियरिङ प्रविधि 32

५ (४) (१) तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्ने (Horizontal lines of grass plantation) 32

५ (४) (२) छड्के लाइनमा घाँस रोप्ने (Diagonal lines of grass plantation) 34

५ (४) (३) ब्रस लेयरिङ्ग (Brush layering) 36

५ (४) (४) पालिसेड (Palisade) 37

५ (४) (५) फशीन (Fascine) 39

५ (४) (६) जीवित छेकबार (Live check dam) 40

५ (४) (७) रुख वा बुटा रोप्ने (Tree and shrub planting) 42

५ (४) (८) बाँस रोप्ने (Bamboo planting) 44

५ (४) (९) घाँसको बिउ छर्ने (Seed broadcasting) 44

५ (४) (१०) रुख वा बुटाहरूको बिउ रोप्ने (Tree and Shrub seeding) 45

परिच्छेद 6 बायो - इन्जिनियरिङ लागि बिरुवाहरूको छनोट 46

६ (१) बिरुवाहरू बीच प्रतिस्पर्धा 47

६ (२) सिभिल संरचना र बिरुवाको अन्तर सम्बन्ध 48

६ (२) (१) समय क्रममा संरचनाको क्षमतामा परिवर्तन 48

६ (२) (२) विभिन्न सिभिल तथा वनस्पतिका संरचनाको समायोजन 49

६ (३) बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिको छनौट 49

परिच्छेद 7 पहिरोको अनुगमन 53

७ (१) वर्षा मापन यन्त्र (Standard Rain Gauge) 53

७ (२) एक्सटेन्सोमिटर (Extensometer) 54

७ (३) चिरो अनुगमन (Crack Monitoring) 55

७ (४) मुभिङ पेग (Moving Peg) 57

परिच्छेद 8 सान्दर्भिक पुस्तिकाहरू 58

अनुसूची 1 पहिरो जोखिम विश्लेषण (Landslide Risk Analysis) 59

अनुसूची 2 पहिरो प्रकोप विश्लेषण (Landslide Hazard Analysis) 62

अनुसूची 3 दैनिक वर्षा मापन (Standard Rain Gauge) तालिका 65

अनुसूची 4 दैनिक एक्सटेन्सोमिटर (Extensometer) मापन तालिका 66

अनुसूची 5 दैनिक चिरो अनुगमन (Crack Monitoring) मापन तालिका 67

अनुसूची 6 मुभिङ पेग (Moving Peg) मापन तालिका 68

अनुसूची 7 पहिरो अध्ययन विधि 69

तलिकहरुको सूची

तालिका 1 पहिरोका प्रकार 9
तालिका 2 पर्खालको किसिम र एकअर्का बिचमा तुलना..18
तालिका 3 बायो - इन्जिनियरिङका लागि उपयुक्त केही बिरुवाहरूको नामावली 46
तालिका 4 सँगै हुर्कन सक्ने जातका बिरुवाहरू 47
तालिका 5 वनस्पतिका तथा इन्जिनियरिङ संरचनाहरूको समरूपता 49
तालिका 6 समस्या र समाधान 50
तालिका 7 प्राविधिक विश्लेषणको उदाहरण 50
तालिका 8 उपयुक्त प्रविधिको छनोट 51

चित्रहरुको सूची

चित्र 1 पहिरोको वर्गीकरण तथा न्यूनीकरण उपायको सामान्य रूपरेखा 3
चित्र 2 पहिरोका विभिन्न भाग 8
चित्र 3 पहिरोका प्रकारहरू 10
चित्र 4 माटो परिक्षण विधि 14
चित्र 5 ग्याबियन जाली पर्खाल संरचना 17
चित्र 6 सुक्खा ढुङ्गा पर्खाल 18
चित्र 7 ग्याबियन जाली पर्खाल निर्माण 19
चित्र 8 टेवा पर्खाल र बायो – इन्जिनियरिङको एकीकरण 20
चित्र 9 नियन्त्रण बाँध 20
चित्र 10 नियन्त्रण बाँधको डिजाइन 21
चित्र 11 नियन्त्रण बाँध र बायो – इन्जिनियरिङको एकीकरण 22
चित्र 12 मान्द्रे बार 22
चित्र 13 ढुङ्गे बालिस्ट 24
चित्र 14 चिरिएको ठाउँ पुर्ने 25
चित्र 15 सतह ढाक्ने कार्य 26
चित्र 16 जुटको जाली 26
चित्र 17 तार जाली 27
चित्र 18 ढुङ्गे नाली 28
चित्र 19 पक्की नाली 28
चित्र 20 फ्रेन्च ड्रेन 29
चित्र 21 गरा प्रणाली 29
चित्र 22 गराको प्रकार 30
चित्र 23 तेर्सो लाइनमा घाँस रोपेको 33
चित्र 24 कन्लोमा घाँस रोपेको 33
चित्र 25 सडकको छेउ छेउमा घाँस रोपेको 33
चित्र 26 छड्के लाइनमा घाँस रोपेको 34
चित्र 27 ब्रश लेयरिङ्ग 36
चित्र 28 पालिसेड 37
चित्र 29 फशीन 39
चित्र 30 जीवित छेकबार 41
चित्र 31 रुख वा बुटा रोपेको 42
चित्र 32 बाँस रोपेको 44
चित्र 33 सजीव र निर्जीव संरचनाको अन्तरसम्बन्ध 48

चित्र 34 मानक वर्षा गेज (Standard Rain Gauge) 54
चित्र 35 एक्सटेन्सोमिटर (Extensometer).. 55
चित्र 36 चिरो अनुगमन (Crack Monitoring).. 56
चित्र 37 मुभिङ पेग (Moving Peg) 57

पृष्ठभूमि

नेपाल हिमालय पर्वत शृङ्खलाको मध्य भागमा अवस्थित छ । हिमालय पर्वत शृङ्खलामा अवस्थित नेपाल संसार कै सबैभन्दा अग्लो पहाड र सक्रिय भुईँचालो क्षेत्र पनि हो । यो क्षेत्रको कमजोर भौगर्भिक बनावट वर्षायामको निकै छोटो समयमा पर्ने मुसलधारे वर्षा, नदी कटान, ठाडो र भिरालो जमिन, वन विनाश, जथाभाबी खेती गर्ने प्रचलन, डढेलो तथा पछिल्लो समयमा बिना इन्जिनियरिङ मापदण्डग्रामीण सडक निर्माण गर्ने कारणले गर्दा पहिरो जाने क्रम बढ्दो छ । नेपालले पहिरोकै कारण वर्षेनी ठुलो जनधनको क्षति भोग्दै आएको छ । विपद् पोर्टलको तथ्याङ्कलाई आधार मान्ने हो भने सन् २०११ देखि सन् २०२५ सम्म नेपालमा घटेका कुल ४,२८५ पहिरोका कारण करिव १,८८२ जनाको मृत्यु तथा रू. दुई अर्ब भन्दा धेरैको क्षति भएको देखिन्छ ।

पहिरोको जोखिम कम गर्न सो पहिरो बारे विस्तृत जानकारी र अध्ययन आवश्यक हुन्छ। पहिरोलाई बुझ्न र नियन्त्रण गर्न केही आवश्यक प्रक्रिया पूरा गर्नु पर्ने हुन्छ। त्यसपछि मात्र त्यस पहिरो न्यूनीकरणको प्रारूप (डिजाइन) र लाग्ने लागत अनुमान तय गर्न सकिन्छ। यस पुस्तिकाले पहिरोको वर्गीकरण गर्न, कस्तो प्रकारको पहिरोमा गाउँ/नगरपालिका आफैले काम गर्न सक्छन् र कुन पहिरोको लागि उच्च प्राविधिक दक्षता र बढी लागत आवश्यक पर्छ र सोको लागि थप श्रोत/साधन खोज्नू पर्ने हुन्छ भन्ने सामान्य अनुमान दिन मद्दत गर्छ। यो पुस्तिकाको मुख्य उद्देश्य निम्न अनुसार रहेको छः

- पहिरो जोखिम अध्ययन तथा प्रकोपको वर्गीकरण गर्ने
- उपयुक्त न्यूनीकरण उपाय पहिचान गर्ने
- गाउँ/नगरपालिकालाई पहिरो न्यूनीकरण उपायहरू कार्यान्वयन गर्न मद्दत गर्न न्यूनतम ज्ञान दिने र त्यसको कार्यान्वयनका लागि सीप विकास गर्ने

पहिरोको जोखिम न्यूनीकरण गर्ने उपाय समेटी तयार गरिएको यो पुस्तिकाले पहिरो के हो, कस्तो प्रकारको हुन्छ, कसरी जान्छ र पहिरो जोखिम न्यूनीकरणका लागि उचित विधिको छनौट गर्न सहयोग गर्दछ । यो पुस्तिकाले विश्वमा तथा नेपालमा दशकौं अघि सफल रूपमा प्रयोग भएको बायो इन्जिनियरिङ पद्धतिको उपयोग गरी भिरालो जमिनमा जाने साना स्तरका पहिरो जोखिम कम गर्न र निर्माणजन्य भूक्षय कम गर्न सहयोग गर्दछ ।

परिच्छेद 1

पहिरोको पहिचान र यसको वर्गीकरण

पहिरो जोखिम न्यूनीकरणका उपायहरू तव मात्र प्रभावकारी हुन्छन् जव पहिरोको सहि पहिचान र वर्गीकरण भएको हुन्छ । तसर्थ, पहिरो जोखिम न्यूनीकरणका उपाय तय गर्नु पूर्व पहिरो के हो, यो कस्तो प्रकारको हुन्छ र कसरी जान्छ, पहिरोले ल्याउने समस्या कस्तो हुन्छ भन्ने जानकारी आवश्यक हुन्छ। पहिरो सँग सम्बन्धित जानकारीको अध्ययन पछि मात्र उचित न्यूनीकरणका उपाय अपनाउन सकिन्छ ।

पहिरोजन्य जोखिमको अध्ययन बहु-विषयगत विधा हो ।यसको अध्ययन र न्यूनीकरणका उपाय तय गर्न भूगर्भविद् (जियोलोजिस्ट), भू-प्राविधिक, जलविज्ञ (हाईड्रोलोजिष्ट), बायो-इन्जिनियरिङ विशेषज्ञ, आर्थिक-सामाजिक विश्लेशक आदि जनशक्तिको परिचालन गरि पहिरोको विस्तृत सूचना सङ्कलन र यसको विश्लेषणको आवश्यकता पर्दछ।

पहिरो प्रकोपको तह (Landslide hazard level) र संकटासन्न समुदायको अध्ययन गरी पहिरोको जोखिम (Landslide Risk) पत्ता लगाइन्छ । जोखिमको आधारमा पहिरोको प्राथमिकता निर्धारण गरिन्छ । प्राथमिकता क्रममा बढी जोखिमयुक्त पहिरोको न्यूनीकरणका उपाय तय गर्दा प्रकोपको तह ((जस्तै: अति उच्च, उच्च, मध्यम, कम वा अति कम) लाई मुख्य आधार लिइन्छ ।तुलनात्मक रुपमा उच्च प्रकोप स्तर भएको क्षेत्रहरूमा सामान्यतया पहिरो जोखिम कम गर्ने उपाय लागू गर्न उच्च प्राविधिक दक्षता तथा उच्च लागत आवश्यक हुन सक्छ भने कम प्रकोप स्तर क्षेत्रमा सामान्यतया कम प्राविधिक दक्षता तथा कम न्यूनीकरण प्रयास लाग्ने हुँदा न्यूनीकरण लागत पनि कम हुनसक्छ र सम्बन्धित समुदाय वा गाउँ/नगरपालिकाको श्रोत साधनले समेत यस्ता पहिरोको जोखिम कम गर्न सकिने सम्भावना रहन्छ।

परिच्छेद 2
पहिरोको पहिचान र वर्गीकरणको सामान्य रूपरेखा

पहिरोको प्रकोप स्तर (**Landslide Hazard level**) को आधारमा गरिने पहिरोको वर्गीकरण तथा न्यूनीकरण उपायको सामान्य रूपरेखा तल प्रस्तुत गरिएको छः

चित्र 1 पहिरोको वर्गीकरण तथा न्यूनीकरण उपायको सामान्य कार्यढाँचा

१) **पहिरोग्रस्त क्षेत्रको प्रकोप स्तर (Hazard level):** पहिरो प्रकोपको स्तर निर्धारण गर्न पहिरोग्रस्त क्षेत्रको जोखिम मूल्याङ्कन गर्नु आवश्यक हुन्छ। यस्तो मूल्याङ्कन गर्दा पहिरोग्रस्त जमिनको भिरालोपन तथा यसको स्थिरता, पहिरोको गहिराइ, माटो तथा चट्टानको प्रकार र प्रकृति, चट्टानको क्षयीकरण, भू उपयोगको अवस्था, पहिरोको इतिहास, पानी निकासको अवस्था र अन्य सान्दर्भिक पक्षको विश्लेषण गर्नु पर्दछ।

२) **प्रकोपको स्तर वर्गीकरण:** पहिरोग्रस्त क्षेत्रको प्रकोप मूल्याङ्कनको आधारमा अति उच्च, उच्च, मध्यम, कम वा अति कम प्रकोपको रूपमा वर्गीकरण गर्नुपर्दछ।

३) **पहिरो जोखिम (Landslide Risk) को आङ्कलन:** पहिरोले सङ्कटासन्न (Vulnerable) समुदायका व्यक्तिलाई गर्न सक्ने सम्भावित जीउधनको क्षति र पहिरो ग्रस्त क्षेत्रको प्रकोप (Hazard level)को स्तरको आधारमा पहिरो जोखिम (Landslide Risk) को आङ्कलन गर्नु पर्दछ ।

४) **उपयुक्त न्यूनीकरण उपायहरूको पहिचान:** पहिरोग्रस्त क्षेत्रको प्रकोप स्तर र जोखिम को आधारमा, उपयुक्त न्यूनीकरण उपायहरू पहिचान गर्नुपर्दछ । तत्काल गर्नुपर्ने बढि जोखिम ग्रस्त ठाउँको पहिचान गरि प्राथमिकता निर्धारण गर्ने र गाउँ/नगरपालिकाको आफ्नै श्रोत-साधनबाट कार्यान्वयन गर्न सकिने र नसकिने (उच्च प्राविधिक दक्षता, बढि लागत वा पहिरोको अत्यन्त जटिल प्रकृति) पहिरोको वर्गीकरण गर्नुपर्दछ । तत्काल पहिरो न्यूनीकरण गर्नुपर्ने बढि जोखिम ग्रस्त ठाउँमा गाउँ/नगरपालिकाले निम्न कार्यहरू गर्नु पर्दछ:

- साना प्रकृतिका सिभिल इन्जिनियरिङ संरचनाहरू जस्तै टेवा पर्खाल, भिरालोपनाको जोखिम घटाउन गरा (Terracing) बनाउने आदि भिरालो-पना स्थिरीकरणका उपाय।
- घाँस, बुट्यान तथा रुख रोपण, जीवित छेक बाँध (Live Check Dam) आदि जस्ता बायो-इन्जिनियरिङ्ग उपाय।
- पानी निकासको लागि सतह र सतह मुनी नाली निर्माण।
- जोखिम संवेदनशील भू-उपयोग योजना बनाई उच्च जोखिम र प्रकोप-ग्रस्त क्षेत्रको पहिचान र तदनुरूप सुरक्षित विकास निर्माण कार्य र बस्ती विकास।

५) **न्यूनीकरण उपायको लागत र सम्भाव्यता मूल्याङ्कन:** पहिरो ग्रस्त क्षेत्रको प्रकोप स्तरको आधारमा पहिचान गरिएका न्यूनीकरण उपायको लागत र सम्भाव्यता मूल्याङ्कन गर्नुपर्दछ। यस्तो मूल्याङ्कन गर्दा गाउँ/नगरपालिकामा श्रोतसाधनको उपलब्धता, आवश्यक प्राविधिक विशेषज्ञता, र सम्भावित सामाजिक र आर्थिक प्रभावहरूको विश्लेषण समावेश गर्नु पर्दछ ।

६) **पहिरो जोखिम न्यूनीकरण योजना:** जोखिम स्तर र न्यूनीकरण उपायको मूल्याङ्कनको आधारमा, पहिरो न्यूनीकरण योजना तयार गर्नुपर्छ ।यो योजनाले पहिरोको जोखिमलाई कम गर्न वा यसको प्रभावलाई न्यूनीकरण गर्नका लागि निम्न कुराहरू समावेश गर्नु पर्दछ:

- प्रकोप स्तर र कार्यान्वयन गरिने न्यूनीकरण उपायको विवरण र नक्सा,
- न्यूनीकरण उपायको कार्यान्वयनको लागि समयरेखा,
- न्यूनीकरण उपाय कार्यान्वयन गर्न आवश्यक साधन, श्रोत र बजेट,
- न्यूनीकरण उपाय कार्यान्वयन गर्न जिम्मेवार व्यक्ति वा संस्थाको जिम्मेवारी,
- न्यूनीकरण उपायको प्रभावकारिता मूल्याङ्कन गर्न अनुगमन र मूल्याङ्कन योजना।

७) **न्यूनीकरणका उपाय कार्यान्वयन:** न्यूनीकरण योजनामा उल्लेखित न्यूनीकरण उपायलाई समयरेखा अनुसार कार्यान्वयन गर्नुपर्छ।

८) **न्यूनीकरण उपायको प्रभावकारिताको अनुगमन र मूल्याङ्कन:** पहिरोको कुनै पनि सङ्केत पत्ता लगाउन पहिरोग्रस्त क्षेत्रको अनुगमन गर्ने र कार्यान्वयन गरिएका न्यूनीकरण उपायको प्रभावकारिता मूल्याङ्कन गर्नुपर्दछ। मूल्याङ्कनको आधारमा, तत्कालै गर्नुपर्ने मर्मत सम्भारका कार्य गर्नुपर्दछ।

समग्रमा, प्रकोप तथा जोखिम स्तरद्वारा गरिएको वर्गीकरणमा आधारित पहिरो न्यूनीकरण उपायको विधिले प्रभावित क्षेत्रमा पहिरोको जोखिम कम गर्न वा यसको प्रभावलाई न्यूनीकरण गर्न मद्दत गर्दछ ।

परिच्छेद 3
पहिरो जोखिम वर्गीकरण विधि

नेपालको राष्ट्रिय विपद् जोखिम न्यूनीकरण तथा व्यवस्थापन प्राधिकरणको "Technical Guidelines to Conduct Field Investigation of Settlements Affected by Landslides" ले पहिरो सम्मुख बस्तीको जोखिम स्तर तिन वर्ग (वर्ग १, वर्ग २, वर्ग ३)मा विभाजन गरिएको छ । वर्ग १ पहिरो भन्नाले सानो र सामान्य प्रकृतिको पहिरो बुझिन्छ । यस्ता पहिरो नियन्त्रण गर्न सतहको पानी व्यवस्थापन र वृक्षारोपण जस्ता सरल प्रविधिहरू प्रयोग गर्न सकिन्छ ।वर्ग २ पहिरो भन्नाले मध्यम प्रकृतिका पहिरो जुनलाई उपयुक्त न्यूनीकरण वा रोकथामका उपायहरु प्रयोग गरिएमा नियन्त्रण गर्न सकिन्छ । वर्ग ३ भित्र पर्ने पहिरोहरु ज्यादै जोखिमयुक्त हुन्छन् । यस्ता पहिरोको विकल्प भनेकै सम्मुखमा रहेका बस्तीहरुको स्थानान्तरण र पुनर्स्थापना हो । सामान्यतया, अधिकांश पहिरोहरू वर्ग २ मा पर्दछन् र यी पहिरोहरूलाई उपयुक्त न्यूनीकरण उपायहरू अपनाएर व्यवस्थापन गर्न सकिन्छ ।

यस विधिमा पहिरोग्रस्त समुदायको जोखिमको स्तर थाहा पाउन प्रकोप र संकटासन्नताको मूल्याङ्कन गरिन्छ र वर्ग-२ (CAT-II) मा परेका समुदायलाई तीन भागमा (वर्ग २क, वर्ग २ख, वर्ग २ग) उप-वर्गीकरण (Sub-categorize) गर्दछ। पहिरो जोखिम मूल्याङ्कनको लागि प्रयोग हुने प्रश्नको सूची अनुसूची 1 मा राखिएको छ। यस विधिले ० देखि ५ को स्केलमा प्रकोप र संकटासन्नतालाई वर्गीकरण गर्दछ र समग्र जोखिम स्तरको मान पत्ता लगाउन प्रकोप र सङ्कटासन्नतालाई गुणन गर्दछ। यहाँ प्रस्तुत गरिएको जोखिम मापन विधिले प्रकोपलाई पनि अति कम, कम, मध्यम, उच्च वा अति उच्च जस्ता ५ वटा वर्गमा वर्गीकरण गरेको छ। समुदाय स्तरमा पहिरोको प्रकोप मूल्याङ्कनका आधार निम्नानुसार छन्:

- पहिरोको भिरालोपन (Landslide slope)
- पहिरोको गहिराई (Failure Depth)
- चट्टानको क्षयीकरण (Weathering)
- भौगोलिक अवस्था (Geological condition)
- भू-उपयोग ढाँचा (Land use pattern)
- पानी निकासको अवस्था (Drainage characteristics)
- पहिरोको इतिहास (Landslide history)
- पहिरोको जीवन प्रगति (Landslide life progression)

माथि उल्लिखित प्रकोप मूल्याङ्कनका आधार तथा सङ्कटासन्नता मुल्याङ्कन (पहिरोले समुदायमा गर्न सक्ने सम्भावित जिउधनका क्षति) का आधारमा पहिरोको जोखिम थाहा हुन्छ र पहिरोको जोखिम वर्गीकरण (**अनुसूची 1**) गर्न सकिन्छ । पहिरोको प्रकोप स्तरको आधारमा, उपयुक्त न्यूनीकरण उपायहरू पहिचान गर्नु पर्दछ । प्रकोप स्तरबाट उचित न्यूनीकरण उपाय निश्चित गर्नको लागि **अनुसूची 2** मा दिइएको तालिका "पहिरो प्रकोप विश्लेषण (Landslide Hazard Analysis)" प्रयोग गर्नु पर्दछ। त्यसपछि

उपयुक्त न्यूनीकरणको उपायको विस्तृत डिजाइन तथा लागत अनुमान सम्बन्धित क्षेत्रका प्राविधिक विशेषज्ञले तयार गर्नुपर्दछ ।

प्रकोपको स्तर निकै न्यूनदेखि मध्यमसम्म भएमा गाउँ/नगरपालिकाका अनुभवी इन्जिनियर वा प्राविधिकबाट पहिरो न्यूनीकरण उपायको विस्तृत डिजाइन तथा लागत अनुमान गर्न सकिन्छ । यो पुस्तिकाले पहिरो प्रकोपको स्तर निकै न्यूनदेखि मध्यमसम्म भएका र गाउँ/नगरपालिकाका अनुभवी इन्जिनियर वा प्राविधिकबाट पहिरो न्यूनीकरण उपायको डिजाइन तथा लागत अनुमान तथा सोको कार्यान्वयन गर्न सहजीकरण गर्दछ । उच्च र अति उच्च प्रकोप भएका पहिरोग्रस्त ठाउँको सन्दर्भमा भने सम्बन्धित विशेषज्ञहरूबाट विस्तृत अध्ययन र विस्तृत परियोजना प्रतिवेदन बनाई पहिरो न्यूनीकरणका उपायको कार्यान्वयन प्रक्रियामा जानु पर्दछ ।

परिच्छेद 4
पहिरो र यसको कारण

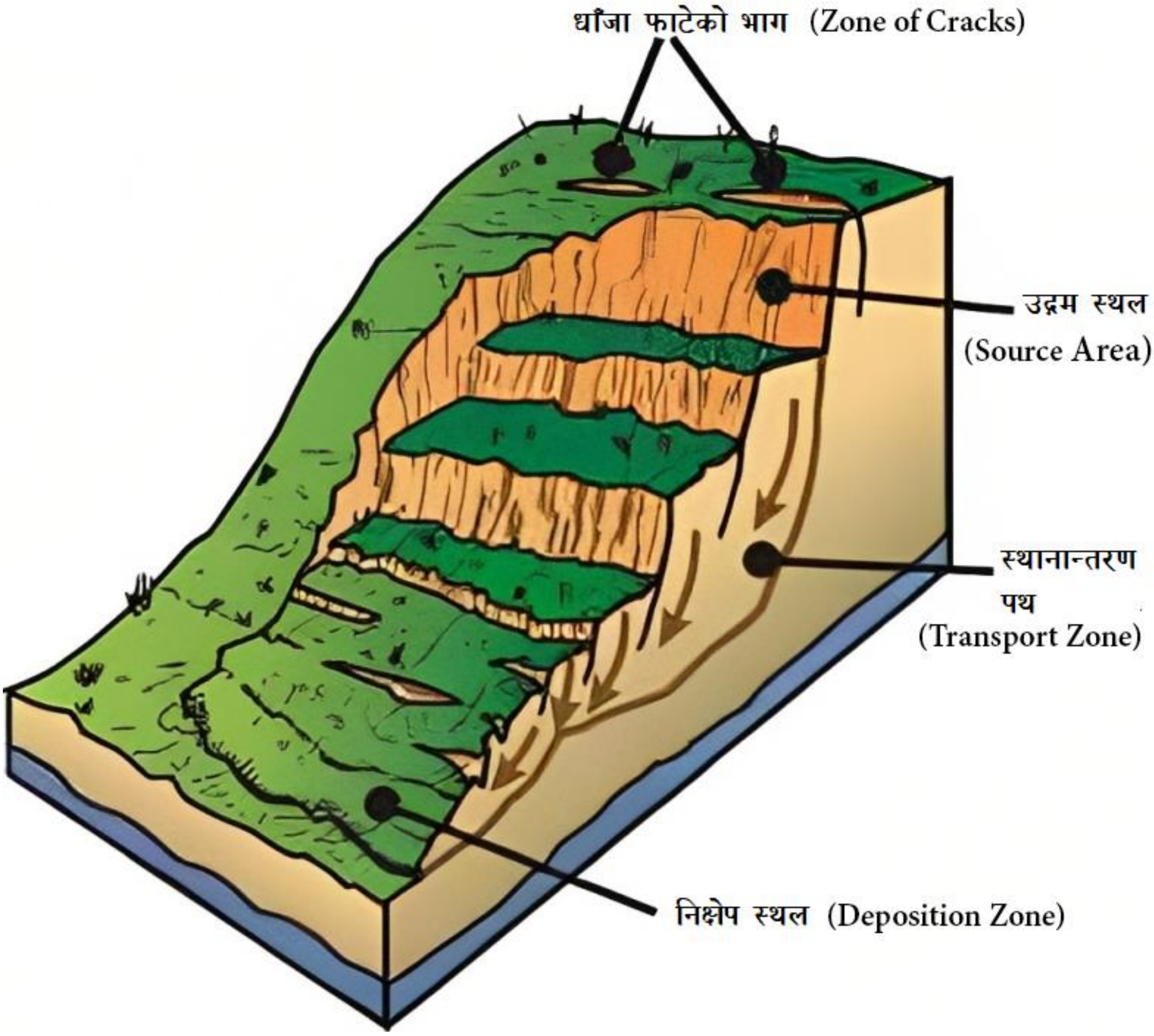
पहिरो जोखिम न्यूनीकरण गर्नलाई पहिरो बारे जान्न अत्यन्त जरुरी छ। पहिरो पहिचान गरेपछि मात्र त्यसको जोखिम कम गर्ने उपाय निश्चित गर्न सकिन्छ।

यस परिच्छेदमा पहिरो, पहिरो जानुका कारण र माटोका पहिचान बारे सामान्य जानकारी प्रस्तुत गरिएको छ । यस बारेको विस्तृत विवरणको लागि यो पुस्तिकाको अन्तिममा राखिएका पुस्तकको सूचि हेर्नु होला।

४ (१) पहिरो बारे सामान्य जानकारी

४ (१) (१) पहिरोका विभिन्न भाग

चित्र 2 पहिरोका विभिन्न भाग



पहिरो जाने जमिनको अस्थिरताका विभिन्न भाग हुन्छन् तिनलाई प्रस्टसँग छुट्टाउन सकिन्छ (चित्र 2)। मोटामोटी रूपमा तिनलाई निम्नअनुसार चार भागमा विभाजन गर्न सकिन्छ:

१. धाँजा फाटेको भाग (Zone of Cracks)

पहिरो झरेको ठाउँको माथि र कहिलेकाहीं वरिपरि धाँजा वा दरार वा चिरा देख्न सकिन्छ। चित्र 2 मा धाँजा फाटेको भाग देखाइएको छ। यस्ता धाँजाबाट वर्षा याममा पानी भित्र छिर्छ र पहिरो पुनः सक्रिय हुन् मद्दत गर्दछ।

२. उद्गम स्थल (Source Area)

यो पहिरोको माथिल्लो भाग हो । यहाँबाट पहिरो झर्ने क्रम सुरु हुन्छ र खुकुलो ढुङ्गा-माटो क्रमशः तलतिर झर्दै जान्छ ।

३. स्थानान्तरण पथ (Transport Zone)

यो सतह पहिरो झर्दै गरेको भाग (उद्गम स्थल) को ठीक तलतिर हुन्छ । यदि माथिबाट पहिरो झर्ने क्रम रोकियो भने यो भाग स्थिर हुन सक्छ र समय बित्दै जाँदा बोट बिरुवा आफैं पनि उम्रेर आउन सक्छन्।

४. निक्षेप स्थल (Deposition Zone)

यो ठाउँमा पहिरो जाँदा माथिबाट झरेका ढुङ्गा, माटो र झारपात थुप्रिएर रहेका हुन्छन् । यो भाग पनि अस्थिर हुन सक्छ ।

४ (१) (२) पहिरोका प्रकार

पहिरो जाँदा तल झर्ने पदार्थ र पहिरोको गतिको किसिमको आधारमा पहिरोलाई निम्न अनुसार वर्गीकरण गर्न सकिन्छ ।

तालिका 1 पहिरोका प्रकार

गतिको किसिम (Types of movement)		पदार्थको किसिम (Types of material)		
		माटो (Earth)	गेग्रान (ढुङ्गा माटो) (Debris)	चट्टान (Rock)
खस्नु (Fall)		माटो खस्नु (Earth fall)	गेग्रान खस्नु (Debris Fall)	चट्टान खस्नु (Rock Fall)
ढल्नु / ढल्कनु (Topple)		माटो ढल्नु / ढल्कनु (Earth Topple)	गेग्रान ढल्नु / ढल्कनु (Debris Topple)	चट्टान ढल्नु / ढल्कनु (Rock Topple)
चिप्लनू (Slide)	स्थानान्तर (सीधा) (Translation)	माटो सीधा चिप्लनू (Translational Earth Slide)	गेग्रान सीधा चिप्लनू (Debris Slide)	चट्टान सीधा चिप्लनू (Rock Slide)
	घूर्ण (वक्राकार) (Rotation)	माटो वक्राकार चिप्लनू (Rotational Earth Slide)	गेग्रान वक्राकार चिप्लनू (Rotational Debris Slide)	चट्टान वक्राकार चिप्लनू (Rotational Rock slide)

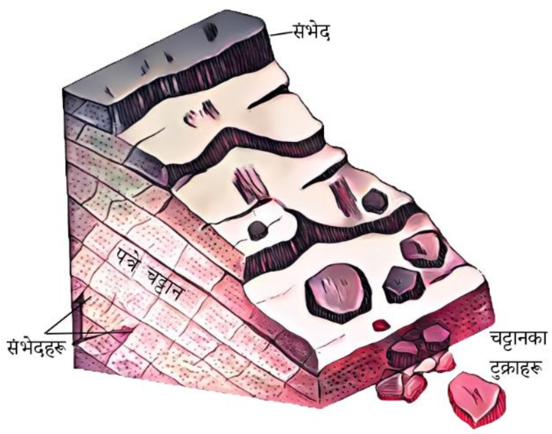
गतिको किसिम (Types of movement)	पदार्थको किसिम (Types of material) माटो (Earth)	गेग्र्यान माटो) (Debris)	(ढुङ्गा चट्टान (Rock)
विभिन्न प्रकारको मिश्रित गति (A combination of movement)	जटिल पहिरो (Complex Slide)		

साभार : भार्न्स (१९७८) / स्थलगत बायो इन्जिनियरिङ तालिम पुस्तिका, माउण्टेन रिस्क इन्जिनियरिङ यूनिट त्रिभुवन विश्वविद्यालय

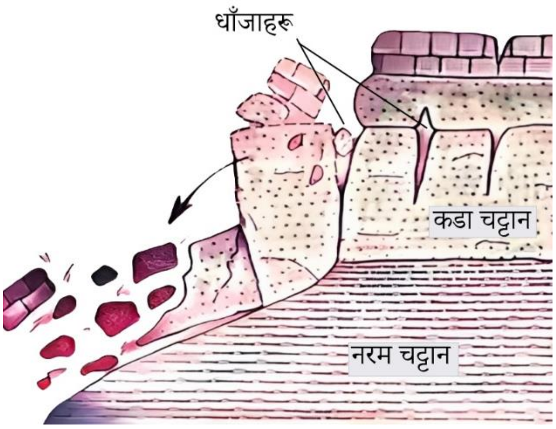
पहिरोका अन्य प्रकारहरू :

- परिक्षिप्त फैलावट (Lateral Spread)
- वहन (Flow)
  - ➢ सम्मिश्रण वहन (Debris Flow)
  - ➢ भू-वहन (Earth Flow)
- सूक्ष्म वहन (Creep)

चित्र 3 पहिरोका प्रकारहरू

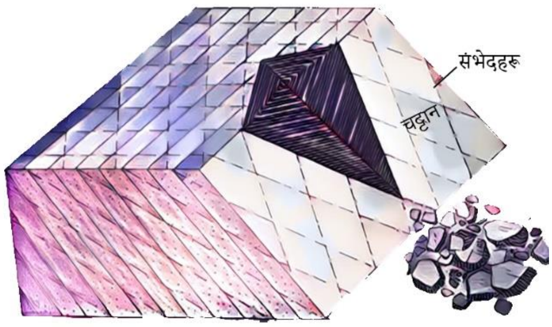


चट्टान खस्नु (Rock Fall)



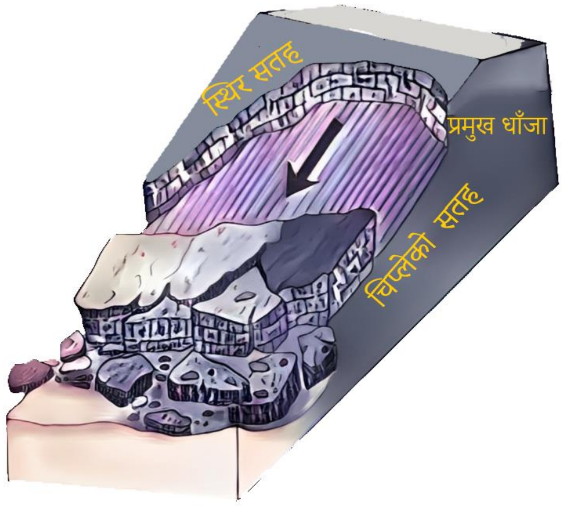
ढल्नु / ढल्कनु (Topple)

वक्राकार चिप्लनू (Rotation)



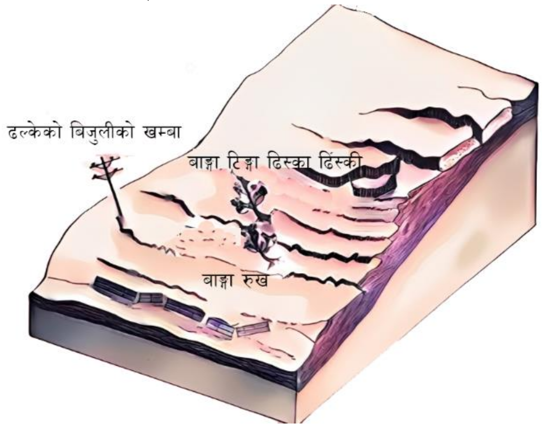
चट्टान सीधा चिप्लनू (Rock Slide) (wedge failure)

सीधा चिप्लनू (Transitional slide)

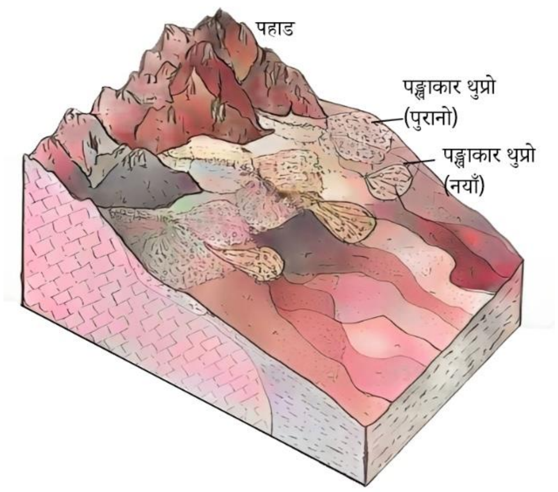


सीधा चिप्लनू (Translational slide)

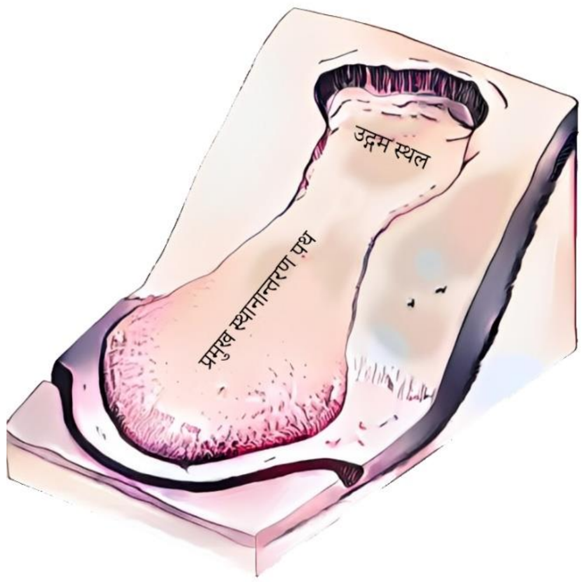
परिक्षिप्त फैलावट (Lateral spread)



सूक्ष्म वहन (Creep)



सम्मिश्रण वहन (Debris Flow)



भू-वहन (Earth Flow)

श्रोत: ग्रामीण स्तरमा पहिरोको अध्ययन र रोकथाम गर्न सहयोगी पुस्तिका, प्रा.डा. मेघ राज धिताल

४ (१) (३) पहिरो जानुका केही मुख्य कारणहरू

पहिरो प्राकृतिक कारण वा मानवीय क्रियाकलापद्वारा पृथ्वीको स्थल रूपमा आउने परिवर्तनले गर्दा जान्छ । कुनै स्थानको भौगर्भिक बनावट, हावापानी र विभिन्न मानवीय क्रियाकलापले नै पहिरो जान मद्दत गर्दछ । कमजोर भूगोलमा अत्यधिक कटान, अव्यवस्थित सडक वा भवन निर्माण गर्ने जस्ता विभिन्न मानवीय तथा प्राकृतिक कारणको अन्तरक्रियाले पनि पहिरो जाने गर्दछ । यसको कुनै एउटा मात्र प्रमुख कारण नहुन पनि सक्छ । तसर्थ, पहिरो जानुको प्रमुख कारण ठम्याउन नसकिने पनि हुनसक्छ । पहिरो जानुका केही मानवीय र प्राकृतिक कारणहरू निम्न छन्:

१. मानवीय क्रियाकलाप
- कटान कार्य (Cutting works)-(सडक, कुलो, घर, आदि बनाउँदा भूभागको फेद काट्दा वा खन्दा)
- अतिरिक्त भार थप्नु (Increasing weight / uncompacted filling materials)
- जङ्गल फाँड्ने कार्य (Deforestation)
- जमिनको भिरालोपन बढाउनु (Slope increment)-(गरा बनाउँदा, बाटो खन्दा, बाँध बनाउँदा, आदि)
- पानीको अव्यवस्थित निकास (Drainage mismanagement)
- जथाभाबी सडक निर्माण (Haphazard road construction)

२. प्राकृतिक कारण
- हावापानी (Climate)
- क्षयीकरण (Erosion)
- अपक्षय (Weathering)
- भुइँचालो (Earthquake)
- भारी वर्षा / अत्यधिक पानीको प्रवाह (Presence of water)
- नदी कटान (River cutting)

४ (२) माटोको पहिचान

४ (२) (१) माटोको प्रकार

अपक्षय (Weathering) ले गर्दा चट्टान फुट्न गई माटो बन्ने प्रक्रिया सुरु हुन्छ । सामान्यतः माटो तीन प्रकारको हुन्छ :

१) अवशेष माटो (Residual soil): यस्तो माटो चट्टानमाथि बन्छ र यताउति नबगेर आफ्नै ठाउँमा बसिरहन्छ। यस्तो माटो खन्दा, जति/जति जमिनमुनि गयो त्यति धेरै चट्टानका टुक्राहरू भेटिँदै जान्छन् र अन्त्यमा कडा चट्टान फेला पर्छ।

२) पाँगो माटो (Alluvial soil): नदी-नालाले चट्टान खियाउँदै र ओसार्दै लगेर कुनै ठाउँमा (नदीका किनारा या बीचमा) ढुङ्गा, बालुवा र मसिनो माटो थुपार्दा पाँगो माटो बन्छ। यसमा चट्टानका टुक्राहरू चिल्ला, घोटिएका र नरम हुन्छन्।

३) स्थानान्तरित माटो (Colluvial soil) : भिरालो जमिनमा पहिरो जाँदा, खोल्सा-खोल्सी र वर्षाको पानीले बगाएर ल्याएको बस्तु थुपार्दा बन्ने माटोलाई स्थानान्तरित माटो भनिन्छ। यस्तो माटोमा तीखा, धारिला र चुच्चा परेका ढुङ्गाका टुक्रा एवं बालुवा र मसिनो माटो मिलेर रहेको हुन्छ।

४ (२) (२) आकार अनुसार माटोका कणको वर्गीकरण

१) ठूलो ढुङ्गा (Boulder) : हत्केलोमा नअट्ने ।
२) सानो ढुङ्गा (Cobble) : हत्केलोमा ठिक्कसँग अट्ने ।
३) मसिनो ढुङ्गा (Pebble) : चोर औँला र बुढी औँला जोड्दा बन्ने प्वाल भित्र अट्ने।
४) कङ्कड (Granule) : चार मिलि मिटरदेखि दुई मिलि मिटर सम्मको ।
५) बालुवा (Sand) : दुई मिलि मिटरदेखि आँखाले ठम्याउने वा हातले छुँदा खस्रो लाग्ने सम्मको ।
६) सिल्ट (Silt) : हातले छुँदा खस्रो न लाग्ने तर दाँतमा रगड्दा किरिकिरी लाग्ने ।
७) चिम्ट्याइलो माटो (Clay) : अत्यन्त नरम र दाँतमा पनि किरिकिरी नलाग्ने ।

प्रायः माथि उल्लिखित विभिन्न साइजका कणहरूको मिश्रणले माटो बनेको हुन्छ ।

४ (२) (३) माटो परीक्षण गर्ने विधि

***ठूला टुक्रा भएको माटो** (Coarse-Grained Soil)*

क. आधा भन्दा बढी टुक्रा (तौलको आधारमा) आँखाले देख्न सकिने माटो

आधा भन्दा बढी ठूला टुक्रा एक मिलि मिटर भन्दा ठूला

- पानीले भिजाउँदा हातमा माटो नलाग्ने: सफा ग्राभेल (Clean Gravel)
- पानीले भिजाउँदा हातमा माटो लाग्ने: फोहोर ग्राभेल (Dirty Gravel)

आधा भन्दा बढी ठूला टुक्रा एक मिलि मिटर भन्दा साना

- पानीले भिजाउँदा हातमा माटो नलाग्ने: सफा बालुवा (Clean Sand)
- पानीले भिजाउँदा हातमा माटो लाग्ने: फोहोर बालुवा (Dirty Sand)

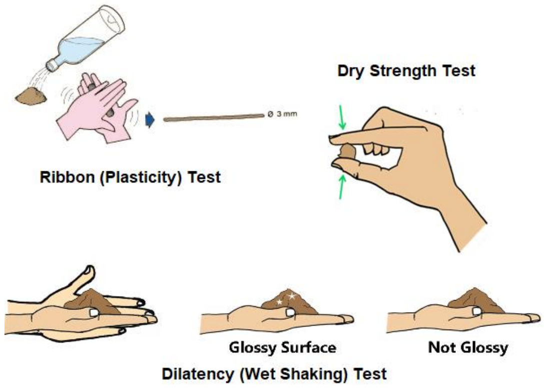
***साना टुक्रा भएको माटो** (Fine-Grained Soil)*

ख. आधाभन्दा बढी टुक्रा (तौलको आधारमा) आँखाले देख्न नसकिने माटो

- माटोलाई पानीमा मुछेर करिब ३ मिलि मिटरको रोल बनाउन नसकिने: सिल्ट (Silt)
- माटोलाई पानीमा मुछेर करिब ३ मिलि मिटर मोटो र २ सेन्टि मिटर लामो रोल बनाउन सकिने: चिम्ट्याइलो माटो (Clay)

यस बाहेक, माटोको परीक्षण गर्दा, एक चिम्टी ठिक्क भिजेको माटोको मट्याङ्ग्रोलाई देब्रे हत्केलोमा राखेर दाहिने हत्केलोले हानेर दायाँ-बायाँ ५-७ पटक हल्लाउँदा (चित्र 4) पानी निस्कन्छ वा निस्कँदैन भनी जाँच्नु पर्छ । त्यसै गरी पूर्ण सुक्खा पारेको मसिनो माटोको डल्लोलाई बुढी औँला र चोर औँलाले च्यापेर फुटाल्न सकिन्छ कि सकिँदैन जाँच गरी हेर्नुपर्छ । मुछेको माटोको सानो रोललाई धारिलो चक्कुले काट्दा टलक आउँछ-आउँदैन भनी परीक्षण पनि गर्न सकिन्छ ।

चित्र 4 माटो परिक्षण विधि



श्रोतः

परिच्छेद 5
पहिरो नियन्त्रणका उपाय

५ (१)उपयुक्त न्यूनीकरण उपायहरू पहिचान

पहिरोको नियन्त्रण गर्न पहिरोलाई सोही स्थानमा गई पहिरोलाई नजिकैबाट अध्ययन गर्न जरुरी हुन्छ। पहिरोको अध्ययन गर्न **अनुसूची** *7* को विधि प्रयोग गरी **अनुसूची** 1 मा राखिएको उपकरण पनि साथमा प्रयोग गर्नु पर्छ र सो पहिरोलाई वर्गीकरण गर्नु पर्छ ।

परिच्छेद 3 मा उल्लिखित वर्गीकरणद्वारा पहिरोलाई पाँच भागमा विभाजन गरिएको छ। सो विभाजन अति कम प्रकोप देखि अति उच्च प्रकोप स्तर सम्म गरिएको छ । यस विभाजनले पहिरो न्यूनीकरणलाई केही हद सम्म निम्न रूपमा हेर्न सकिन्छ :

अति कम प्रकोप (Very Low hazard): वनस्पतिको सामान्य उपयोग गरेर नियन्त्रण गर्न सकिने पहिरो

कम प्रकोप (Low hazard): सामान्य वनस्पति उपयोगको साथमा पानी निकासको काम गरेर नियन्त्रण गर्न सकिने पहिरो

मध्यम प्रकोप (Medium hazard): सामान्य वनस्पतिको साथमा साना सिभिल-इन्जिनियरिङ संरचना निर्माण गरेर नियन्त्रण गर्न सकिने पहिरो

उच्च प्रकोप (High hazard): विस्तृत भू-प्राविधिक अध्ययन गर्नु पर्ने तथा निर्माण गर्दा पनि उच्च प्राविधिक दक्षताको आवश्यकता पर्ने र उच्च प्रविधिका संरचना प्रयोग गरेर नियन्त्रण गरिने पहिरो

अति उच्च प्रकोप (Very High hazard): विस्तृत भू-प्राविधिक अध्ययन गर्नु पर्ने तथा निर्माण गर्दा पनि उच्च प्राविधिक दक्षताको आवश्यकता पर्ने र उच्च प्रविधिका संरचना प्रयोग गरेर नियन्त्रण गरिने पहिरो वा सामान्यतः नियन्त्रण गर्न नसकिने पहिरो

५ (२) सिभिल तथा बायो- इन्जिनियरिङ प्रविधिको प्रयोग

बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिमा बोट-बिरुवाको ठूलो भूमिका रहेको हुन्छ। तर, सबै अस्थिर भूभागमा यो प्रविधि मात्रले स्थिर गर्न सक्दैन। रुख-बिरुवाहरू हुर्कन केही समय लाग्ने भएकोले त्यस्ता भुभाग वनस्पतिको प्रयोगद्वारा मात्रै सुरुमै स्थिर हुन सक्दैनन् । त्यसैले ती स्थलमा पहिरो तथा भू-क्षयको रोकथाम गर्न घाँसपात, बुट्यान वा रुख-बिरुवाहरू लगाउनु अगाडि साना स्तरका सिभिल-इन्जिनियरिङ संरचना पनि बनाउनु पर्ने हुन्छ । त्यसता केही सिभिल इन्जिनियरिङ संरचना तल दिइएका छन् ।

- फेदी पर्खाल (Toe wall)
- चिरिएको ठाउँ पुर्ने (Crack sealing)
- टेवा पर्खाल (Dentition wall)
- मान्द्रे बार (Wattle fence)

- नियन्त्रण बाँध (Check Dams)
- ढुङ्गा छपाइ (Stone Pitching)
- जुटको जाली (Jute netting)
- सतह ढाक्ने (Slope cover)
- फ्रेन्च ड्रेन (French Drain)
- तार जाली (Wire net)
- ढुङ्गे बालिस्ट (Stone bolster)
- भार वहन पर्खाल (Retaining wall)
- पक्की नाली (RCC drain)
- ढुङ्गे नाली (Stone drain)
- माटे नाली (Earthen drain)

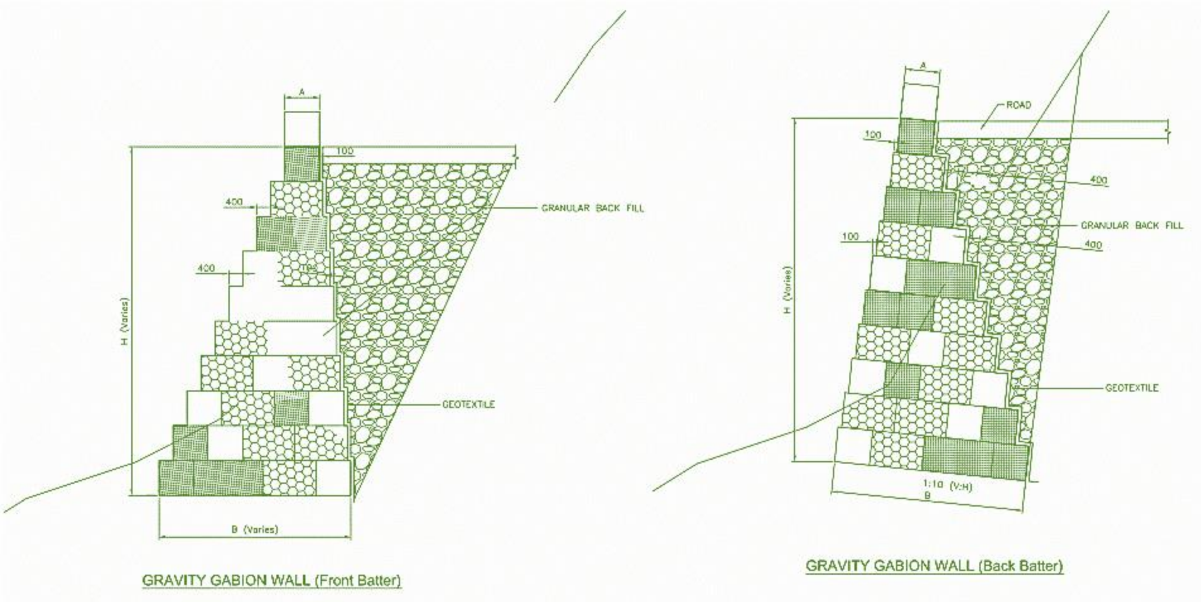
बायो - इन्जिनियरिङ प्रणालीमा साना सिभिल इन्जिनियरिङ संरचनाका साथै बोट-बिरुवाका पनि विभिन्न संरचना बनाई पहिरो तथा भू-क्षय नियन्त्रणका लागि प्रयोग गरिन्छ । त्यसता केही वनस्पति संरचनाहरू तल दिइएका छन् ।

- तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्ने (Horizontal lines of grass plantation)
- छड्के लाइनमा घाँस रोप्ने (Diagonal lines of grass plantation)
- ब्रस लेयरिङ्ग (Brush layering)
- पालिसेड (Palisade)
- फशीन (Fascine)
- जीवित छेकबार (Live check dam)
- रुख वा बुट्यान रोप्ने (Tree and shrub planting)
- बाँस रोप्ने (Bamboo planting)
- घाँसको बीउ छर्ने (Seed broadcasting)
- रुख वा बुट्यानको बीउ रोप्ने (Tree and Shrub seeding)

५ (३)सिभिल इन्जिनियरिङ प्रविधि

५ (३) (१) पर्खालको संरचना (Wall Structures)

चित्र 5 ग्याबियन जाली पर्खाल संरचना



श्रोत : DoR Standard Drawings

फेदी पर्खाल (Toe wall)

भिरालोपन कम गर्न, टेवा दिन तथा फेदीमा हुनसक्ने कटान रोक्न भिरालो जमिनको फेदमा बनाइने करिब १-२ मिटर उचाइको पर्खाललाई फेदी पर्खाल भनिन्छ। यसको प्रमुख उद्देश्य पर्खाल भन्दा माथिको भागलाई टेवा दिनु हो।

टेवा पर्खाल (Dentition wall)

नरम माटोको कटान रोक्न तथा झुन्डिएको कडा चट्टानको भाग अड्याएर राख्नको लागि बलियो चट्टानको माथि बनाइएको पर्खाललाई टेवा पर्खाल भनिन्छ। यस्ता पर्खालहरू बनाउँदा आवश्यक परेमा भित्रको पानी निकाल्ने प्वालहरू पनि छोड्नु पर्दछ।

भार वहन पर्खाल (Retaining wall)

ढुङ्गा-माटो झरेको ठाउँ भत्किनबाट जोगाउन अथवा पहिरो गएको वा जान सक्ने अस्थिर जमिन अड्याउन बनाइने संरचनालाई भार वहन पर्खाल भनिन्छ । यसको प्रमुख इन्जिनियरिङ कार्य टेवा दिनु हो । तुलनात्मक रूपले ठुलोसमेत हुने यो संरचना मुख्य गरेर माटोको दबाब वहन गर्नका लागि निर्माण गरिन्छ । माटोको बनावट, सतहको उँचाइ, भिरालोपन आदिका आधारमा विभिन्न खालका भार वहन पर्खालहरू (जस्तैः सुक्खा ढुङ्गाको मात्र, ढुङ्गा र सिमेन्टको जोडाई भएको, ग्याबियन जालीमा ढुङ्गा भरेको वा पक्की/प्रवलित) प्रयोग गर्न सकिन्छ । जग राख्ने जमिन बलियो भएको खण्डमा मात्र भार वहन पर्खालको निर्माण गरिन्छ । यदि जग कमजोर भएमा पर्खाल लड्ने र भत्कने सम्भावना हुन्छ ।

तालिका 2 पर्खालको किसिम र एकअर्का बिचमा तुलना

पर्खालको किसिम	अधिकतम उचाइ	चौडाइ : उचाइ	फाइदा / सीमितता
सुख्खा ढुङ्गा (Dry masonry)	४ मिटर	१:१ देखि ०.६:१	फाइदा: पानीको निकास; लचिलोपन, अरूको तुलनामा कम खर्चिलो सीमितता: कम बलियो
ढुङ्गा - सिमेन्ट (Mortared masonry)	१० मिटर	०.७५:१ देखि ०.५:१	फाइदा: भिरालो जमिनमा पनि बनाउन सजिलो सीमितता: भासिएको थेग्न सक्दैन; पानीको निकासीमा सीमितता
ग्याबियन जाली (Gabion)	१० मिटर	चौडाइ=$\frac{१}{२}$*उचाइ+०.५	फाइदा: लचिलोपन; कमजोर जग पनि सहन्छ; राम्रो पानीको निकास; कम लगतमा बलियो पर्खाल
पक्की माटो (Reinforced Earth)	८ मिटर	डिजाइन अनुसार	फाइदा: बलियो सीमितता: खर्चिलो; तन्काइको तनाव प्राप्त गर्न गाह्रो
पक्की सिमेन्ट (Reinforced concrete)	१० मिटर	डिजाइन अनुसार	फाइदा: बलियो सीमितता: अरूको तुलनामा बदी खर्चिलो; उच्च प्राविधिक सिप चाहिने; पानीको निकासीमा सीमितता

श्रोत : Roadside Bio-engineering Site Handbook, DoR

नोट : पर्खालको डिजाइन माथि उल्लिखित सामान्य मार्गदर्शन तथा जमिनको खास अवस्था सँग अनुकूल हुने गरी प्राविधिक मापदण्ड बमोजिम गर्नु पर्छ ।

सुक्खा ढुङ्गा पर्खालका निर्माण विधि:

- 1v:3h को ढल्काइमा जग खन्नु पर्छ ।
- सबै ढुङ्गाहरू आयताकार आकारमा काट्नु पर्छ ।
- तल्लो तहका ढुङ्गाको जोडलाई माथिल्लो तहको ढुङ्गाले खप्टिनु (Overlap) पर्छ ।
- सकेसम्म ठूलो ढुङ्गा प्रयोग गर्नु पर्छ ।
- ढुङ्गाको प्रत्येक तह जगको ढल्काइसँग मिलाएर राख्नु पर्छ । त्यसो गर्दा पर्खालको बाहिरी भाग स्वतः 1h:3v को ढल्काइमा आउनेछ।

चित्र 6 सुक्खा ढुङ्गा पर्खाल

- माथिल्लो तहको लागि समतल (flat) ढुङ्गाहरू प्रयोग गर्नु पर्छ । पर्खालको माथिल्लो भागलाई माटोले छोप्नु पर्छ वा यसलाई पानी वा अन्य कारण बाट बचाउनको लागि माथिल्लो छेउमा माटोको ब्यान्ड बनाउनु पर्छ ।
- बिरुवाको जराले सुख्खा पर्खाललाई थप बलियो बनाउँछ।

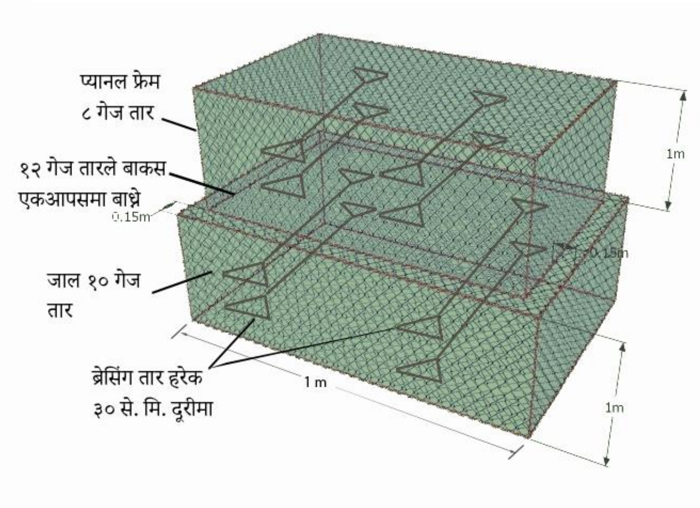
ढुङ्गाको छनोट गर्दा ढुङ्गाको उचाईको ३ गुणा भन्दा लाम्चो ढुङ्गाको प्रयोग गरिनु हुँदैन । ढुङ्गाको चौडाई कम्तिमा १५ सेमी को हुनु पर्दछ । ढुङ्गाको आकार मिलाउने वा ड्रेसिङ्ग राम्रो सङ्ग गरिनुपर्छ ।

भिरालोपना (डिग्रीमा)	उचाई (मिटरमा)	चौडाई (बेस) (मिटरमा)	चौडाई (टप) (मिटरमा)
३०-३५	१.५-२.०	१.२५-१.५	०.७५
३५-४०	२.०-२.५	१.५-२.०	०.७५-१.०
४०-४५	२.५-३.०	२.०-२.३	१.०

ग्याबियन जाली पर्खालका निर्माण विधि:

- जगको चौडाइ र उचाइको अनुपात सामान्यतः चौडाइ = $\frac{१}{२}$ x उचाइ + 0.5 मिटर हो।
- Heavily galvanised high-grade steel wire प्रयोग गर्नु पर्छ ।
- जाल (triple-twist hexagonal mesh, i.e. 2.5 complete turns) सामान्यतः 100 मिमी चौडाइ र 120 मिमी लम्बाइ हुनुपर्छ ।
- प्यानल फ्रेमहरू 8 गेज तार प्रयोग गरेर बनाइनुपर्छ, र जाल 10 गेज तारको हुनुपर्छ।

चित्र 7 ग्याबियन जाली पर्खाल निर्माण



- 12 गेज तार प्रयोग गरेर ग्याबियन बाकसहरू एकआपसमा बाँध्नुपर्छ।
- सबै ढुङ्गाको आकार 120 मिमी x 120 मिमी भन्दा ठुलो हुनुपर्छ।
- ढुङ्गा चार कुना मिलेको (Tabular and Angular) हुनुपर्छ।
- बाहिर देखिने भागमा मात्र नभई सबै ढुङ्गाहरू घनासँग (Densely packed) मिलाएर राख्नुपर्छ।
- ग्याबियन जालीमा ढुङ्गा भर्दा हरेक ३० सेन्टीमिटरको दूरीमा ब्रेसिंग तार लगाउन पर्छ ।
- ढुङ्गा भरीसकेपछि 12 गेजको तारले ग्याबियन जालीको ढक्कन बन्द गर्नुपर्छ ।
- पानी निकासमा सुधार गर्न ग्याबियन संरचनाको पछाडि कपडाको फिल्टर (filter fabric/geotextile) राखी माटो भर्नुपर्छ ।

बायो – इन्जिनियरिङमा टेवा पर्खालको उपयोग

साइटको निम्न विशेष अवस्थामा बायो-इन्जिनियरिङ र टेवा पर्खालको उपयोग गरिन्छ :

- पर्खाल पछाडि पुरेको पाखोको (backfill) सुरक्षा गर्न ।

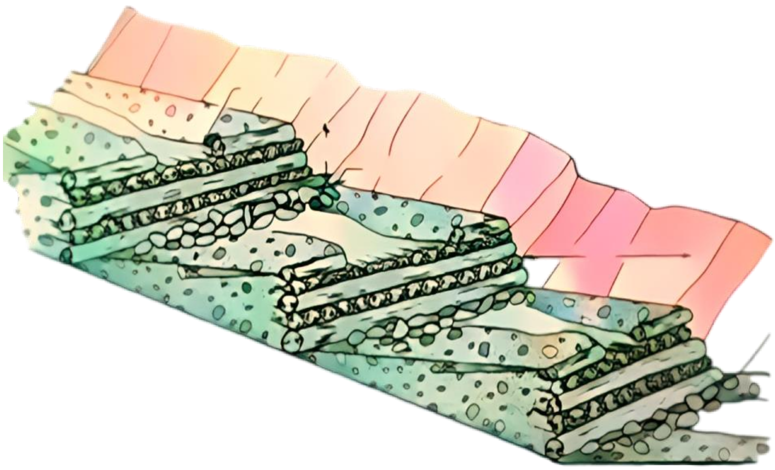
- जग र त्यसको वरीपरीको क्षय (scour) र कटानबाट (undercutting) बचाउन ।
- पर्खाल माथि घाँस, बुट्यान वा रूखहरू रोपेर पर्खालको कार्य क्षमता बढाउन ।

चित्र 8 टेवा पर्खाल र बायो – इन्जिनियरिङको एकीकरण

५ (३) (२) नियन्त्रण बाँध (Check Dams)

पानी बग्ने भिराला खोल्सी वा नालीमा पानी र माटोको गति कम गर्नको लागि बनाइएको बाँध नै नियन्त्रण बाँध हो। यस्ता बाँधले पानीको बहाब कम गर्ने हुनाले खोल्सी वा नालीको कटान कम गर्न मद्दत गर्दछ। नियन्त्रण बाँध ढुङ्गा, गिट्टी, भरिएको बालुवाको थैला, काठ, ढुङ्गा-सिमेन्ट (Mortared masonry) बाट बनाउन सकिन्छ। यस्तो नियन्त्रण बाँध खोल्सीका दुवै किनारा तथा पींधको भित्री जमिनसम्म पुग्ने गरेर र पानी बग्नको लागि निकास (Spillway) समेत राखेर बनाउनु पर्दछ। लामा र ठाडो खोल्सामा अवस्था अनुसार धेरै बाँधहरू बनाउनु पर्ने हुन सक्दछ ।

चित्र 9 नियन्त्रण बाँध



श्रोत : पहिरो स्थारिकरण र न्यूनीकरणको परिचय, USGS

नियन्त्रण बाँध बनाउने ठाउँ : खोल्सा बनिसकेको वा नालाले काटिरहेको ठाउँमा

नियन्त्रण बाँध बनाउँदा ती बीचको अन्तर (spacing) (हिडे र मुफिच, १९७३):

$$X = \frac{H_E}{K \tan(S) \cos(S)}$$

X = नियन्त्रण बाँध बीचको अन्तर (spacing)

H_E = खोल्साको भुईँबाट बाँधको पानी बग्ने निकास सम्मको प्रभावकारी उचाइ

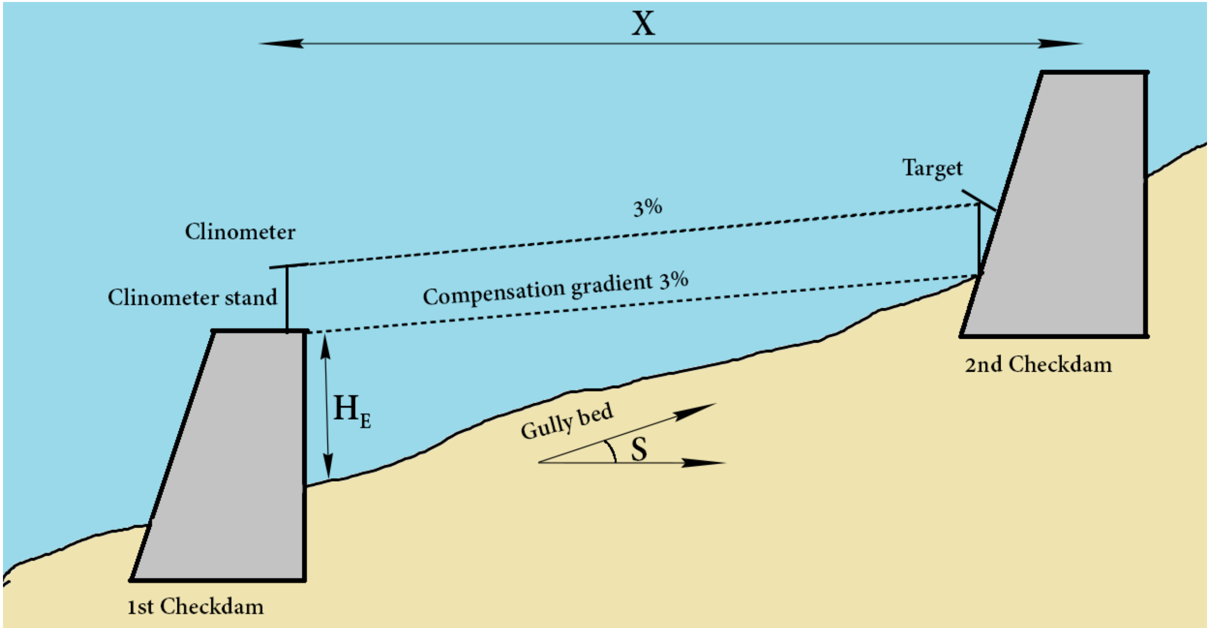
S = खोल्साको भिरालोपन (Slope of gully floor in degree)

K अचरराशी हो, यसको मान निम्न हुन्छः

K= ०.३, जब tan(S) <= ०.२

K= ०.५, जब tan(S) > ०.२

चित्र 10 नियन्त्रण बाँधको डिजाइन



बायो – इन्जिनियरिङमा नियन्त्रण बाँधको उपयोग

नियन्त्रण बाँधको कार्यलाई प्रभावकारी बनाउन बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिको निम्नानुसार प्रयोग हुन्छः

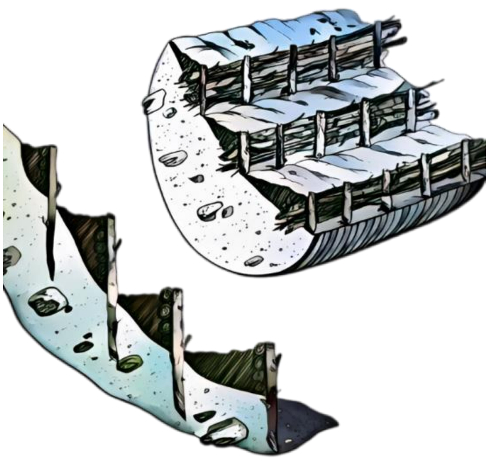
- नियन्त्रण बाँध माथि पुरेको माटो र खोल्सीको भुइँ (backfill and gully floor)संरक्षण गर्ने।
- नियन्त्रण बाँधको जग र त्यसको वरीपरीको क्षय (scour) र कटानबाट (undercutting) सुरक्षा गर्ने।
- सिभिल नियन्त्रण बाँधहरू (Civil check dams) बीच जीवित नियन्त्रण बाँध (Live check dams) निर्माण गरी, गल्लीमा पानीको वेग कम गर्ने।

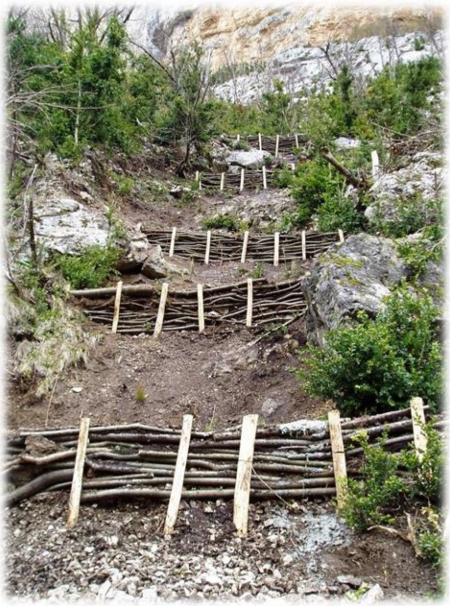
चित्र 11 नियन्त्रण बाँध र बायो – इन्जिनियरिङको एकीकरण

५ (३) (३) मान्द्रे बार (Wattle fence)

भिरालो सतहमा माटोको सूक्ष्म वहन भएको छ वा माटोको लेदो बग्ने गरेको छ भने सो प्रक्रिया रोक्न र भिरालोमा साना-साना गराहरू बनाउन बाँसका किला (घोचा) ठाउँ-ठाउँमा गाडेर ती किलाहरूलाई बाँसकै भाटाहरूले मान्द्रो जस्तै बुनेर संरचना तयार गरिन्छ जसलाई मान्द्रे बार भनिन्छ। माथिबाट खसेका वस्तुहरू यो बारभित्र पर्दछन् र यो बिस्तारै भरिएर जमिनको भिरालोपन कम हुँदै जान्छ र बिस्तारै गराहरू पनि बन्दछन्। यसमा प्रयोग हुने बाँस दुई वर्ष पनि नटिक्ने हुनाले बिरुवाहरू तुरुन्तै हुर्काइहाल्नु पर्दछ ।

चित्र 12 मान्द्रे बार





श्रोत: Soil Bioengineering for Slope Stabilization and Site Restoration, Polster and David, Erosion control on forest soils with vegetation, under global change, Vennetier et al.

कार्य: मान्द्रे बारले माथिबाट खसेका वस्तु समात्ने (Catch) कार्य गर्छ । यो बिस्तारै भरिएर जमिनको भिरालोपन कम गर्न र बिस्तारै गराहरू बनाउन मद्दत पुग्दछ ।

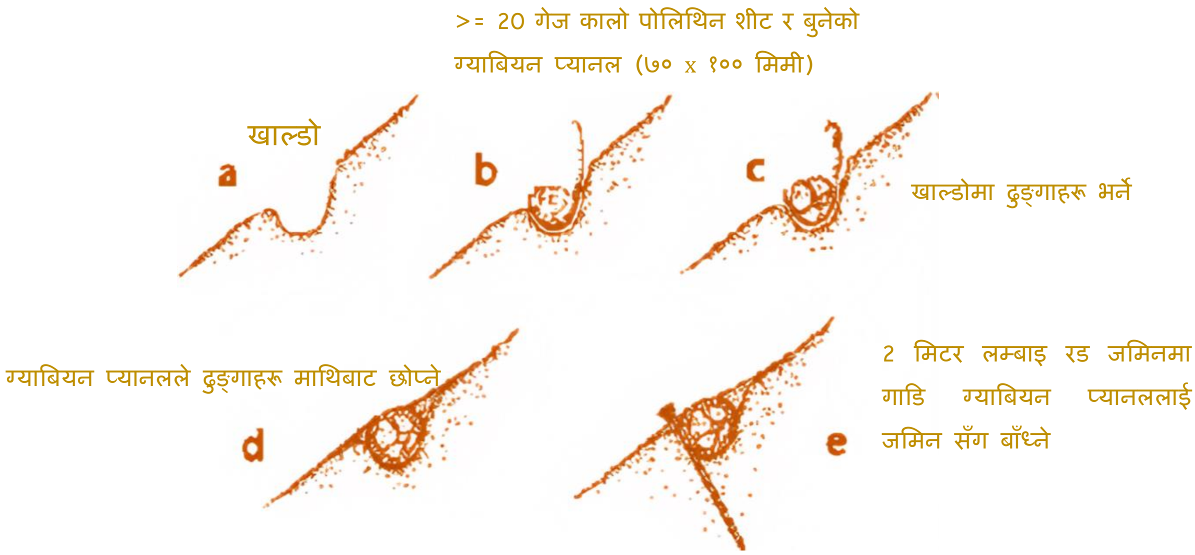
उपयुक्त स्थान: अधिकतम ३०° सम्मको जमिन

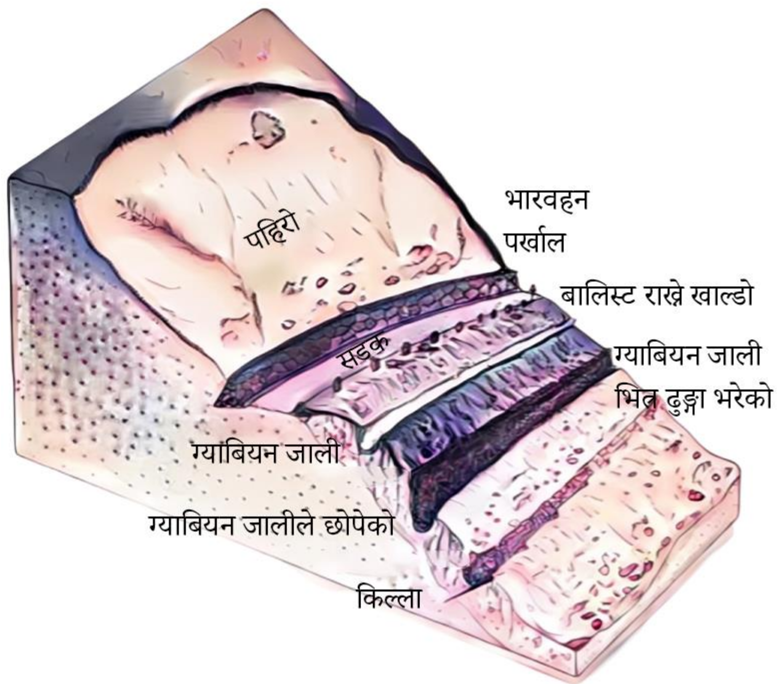
एक आपस बीचको दूरी: करिब 4 देखि 5 मिटर दूरीमा मान्द्रे बारहरू राख्नुपर्दछ ।

५ (३) (४) ढुङ्गे बालिस्ट (Stone bolster)

भिरालो जमिनलाई खण्ड-खण्ड बनाएर टुक्र्याउन र जमिनमाथि भएका ढुङ्गा-माटोलाई तल झर्न नदिन, भिरालो सतहमा छड्के वा तेर्सो गरेर खनेको खाल्डोमा ग्याबियन जाली राखी त्यस भित्र ढुङ्गा भरेको बेलनाकार संरचनालाई ढुङ्गे बालिस्ट भनिन्छ । यसले छरिएर बगेको पानीलाई एउटै ठाउँमा ल्याउन पनि मद्दत गर्छ । यो प्रायः माटो झरेको क्षेत्रमा प्रयोग गरिन्छ ।

चित्र 13 ढुङ्गे बालिस्ट





श्रोत : पहिरो स्थारिकरण र न्यूनीकरणको परिचय, USGS

कार्य : खोल्साको क्षय र बढ्ने क्रम (scour and gullying) रोक्न मद्दत गर्ने । कवचको काममा साना नाला बढ्न नदिने र कटान कम गर्न ।

सामग्री

- बुनेको ग्याबियन जाली;
- 16 मिमी फलामे दण्डी 2 मिटर लम्बाइमा काटिएको;
- ढुङ्गा;

- खाडल खन्न र ग्याबियन तारसँग काम गर्नका लागि आवश्यक औजार;
- हतौडा (Sledge hammers);
- खाडलहरू लाइन गर्न बाक्लो (20 गेज भन्दा बढीको) कालो पोलिथिन शीट ।

एक आपस बिचको दुरी:

ढुङ्गे बालिस्ट बिचको दुरी सामान्यतः निम्न अनुसार हुन्छः

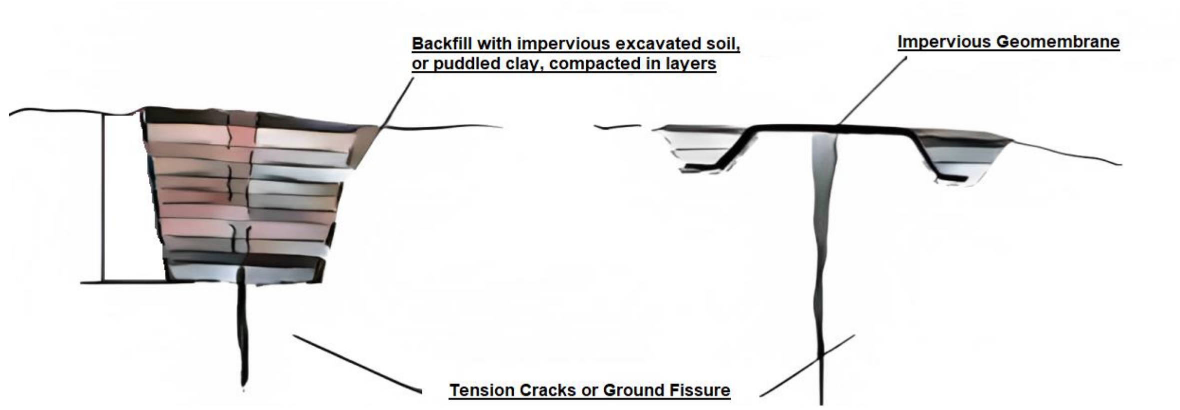
१) भिरालोपन ३०° भन्दा कम : २ मिटर

२) भिरालोपन ३०° देखि ४५° : १.५ मिटर

५ (३) (५) चिरिएको ठाउँ पुर्ने (Crack sealing)

जमिनमा विभिन्न कारणले ठुला चिरा पर्न सक्छ। त्यस्ता चिरामा पानी छिर्नाले चिरा बढ्दै गई पछि धेरै ठुलो बन्न सक्छ र पहिरो पनि निम्त्याउन सक्छ। तसर्थ, त्यसलाई ढुङ्गा र माटोले पुरेर भिरालोको सतह मिलाउनाले त्यस ठाउँको प्रकोपलाई कम गर्न सकिन्छ ।

चित्र 14 चिरिएको ठाउँ पुर्ने

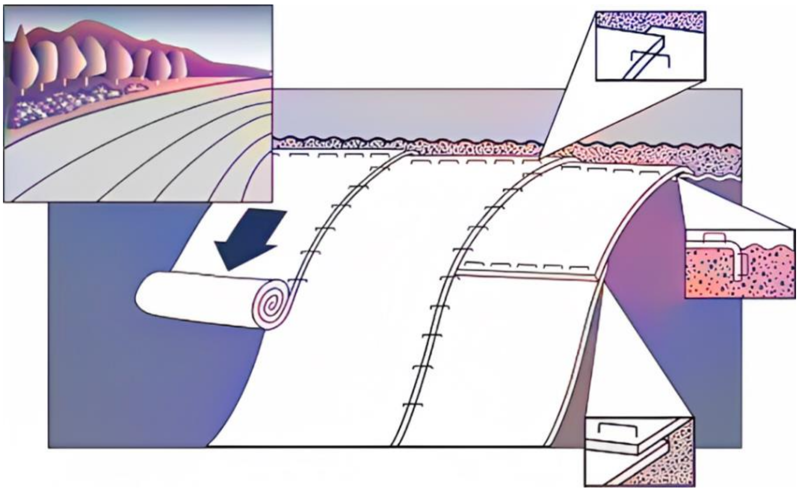


श्रोतः www.larimit.com/mitigation_measures

५ (३) (६) सतह ढाक्ने (Slope cover)

पानी पर्ने बित्तिकै त्यो पानी जमिनले सोस्ने र त्यसले अत्यधिक नोक्सान पुऱ्याउने क्षेत्रमा सतह ढाक्ने कार्य गरिन्छ । यस्तो सतहमा चुनाको घोल छर्कने तथा प्लास्टिकले छेक्ने जस्ता कार्यहरू गर्न सकिन्छ ।

चित्र 15 सतह ढाक्ने कार्य

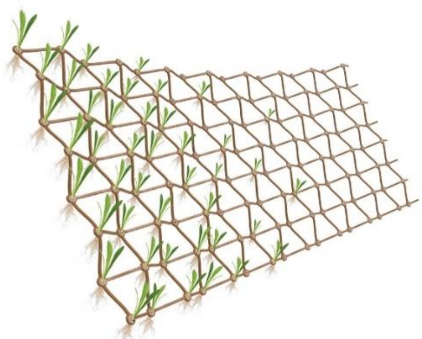


श्रोतः Slope Protection, R. W. Sarsby

५ (३) (७) जुटको जाली (Jute netting)

भर्खरै काटिएको अथवा निक्कै भिरालो नाङ्गो जमिनमा बिरुवा हुर्काउन सजिलो बनाउन तथा वर्षाको पानीले बगाउने साना-साना कणहरूलाई अड्याएर राख्न जुटको जालीले भिरालो सतहलाई छोपिन्छ। एक चोटि जुट भिजेपछि सुक्न धेरै समय लाग्ने हुनाले निकै भिरालो तथा बलौटे जमिनमा यसको ओसिलोपनले बिरुवा हुर्कन मद्दत पुग्छ। पछि त्यही जाली कुहिएर बिरुवालाई मलको काम पनि दिन्छ। बीउलाई छापो हाल्ने घाँस, पराल आदि अड्काउन पनि यो जालीको प्रयोग गर्न सकिन्छ। यसका लागि जालीका प्वालहरू भने अलि ठुलो हुनु पर्छ।

चित्र 16 जुटको जाली



श्रोतः www.goldenpin.org

५ (३) (८) तार जाली (Wire net)

शिला पतन वा शैल पतन (ठूला ढुङ्गा झर्ने) हुने ठाउँमा पहिरो जानबाट रोक्न तार जालीको प्रयोग गरिन्छ । त्यसै गरी ढुङ्गाहरू टुक्रा-टुक्रा भएर निस्कने चट्टानै चट्टान भएको क्षेत्रमा पनि तार जाली प्रयोग गरेर सो प्रक्रिया कम गर्न सकिन्छ ।

चित्र 17 तार जाली

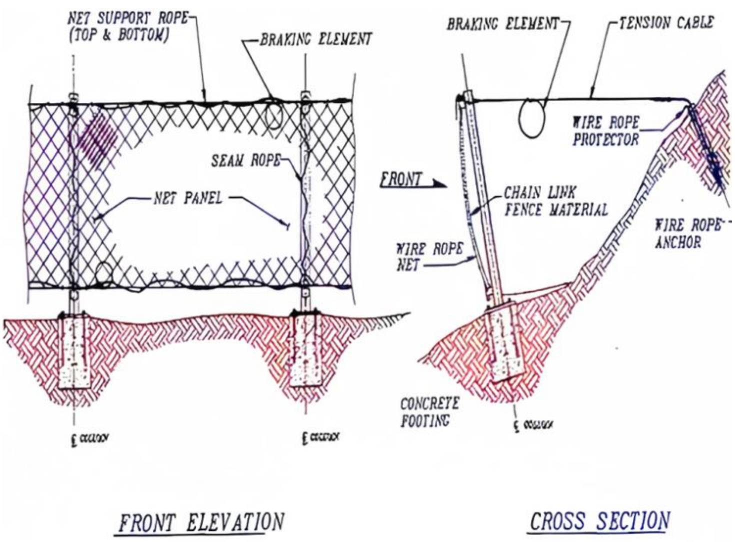


Figure 1 - Typical Layout, Wire Rope Net Barrier System

श्रोतः Wire Rope Net Rockfall Barriers, 911metallurgist

५ (३) (९) ढुङ्गा छपाइ (Stone Pitching)

जमिनको क्षयीकरण रोक्न, खोल्साहरूलाई गहिरिनबाट जोगाउन तथा नालीको बग्ने सतह बलियो पार्न ढुङ्गा छपाइ गरिन्छ । यो संरचना पानी तर्काउनका लागि बनाइने नालीहरूमा पनि प्रयोग गरिन्छ । तर ठुलो क्षेत्रमा ढुङ्गा छाप्ने कार्य अप्राकृतिक मात्र नभई बढी खर्चिलोसमेत हुने भएकाले त्यसको विकल्पमा अन्य बायो - इन्जिनियरिङ विधि अपनाउनु उपयुक्त हुन्छ।

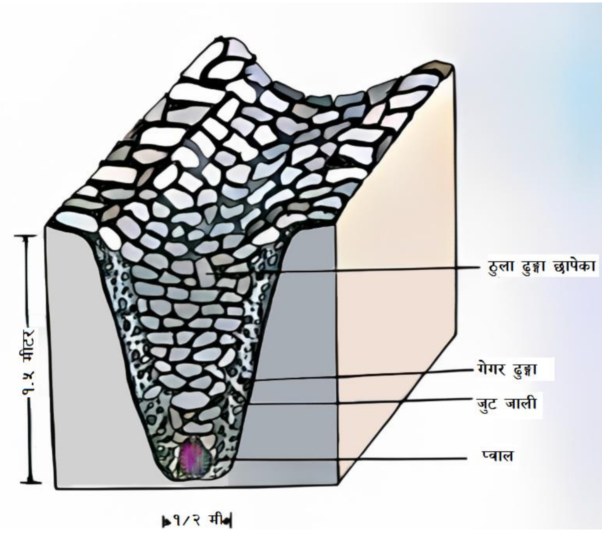
५ (३) (१०) सतह नाली (Surface Drains)

जमिनको सतह वा केही गहिराइमा भएको पानी तर्काउन विभिन्न किसिमका नालीहरू बनाइन्छन्। जस्तै- ढुङ्गे नाली, पक्की नाली, माटे नाली, फ्रेन्च ड्रेन इत्यादि।

ढुङ्गे नाली (Stone drain)

ढुङ्गे नाली बनाउँदा पहिले खाल्डो खन्नु पर्छ र त्यसलाई जुटको जाली वा बोराले ढाक्नु पर्छ । यसो गर्दा जमिन भित्रको पानी पनि सजिलै नालीमा आउँछ। जुटको जाली वा बोरामाथि मसिनो ढुङ्गा र बालुवाको एक तह (करिब १० -२० सेन्टिमिटर) राख्नु पर्छ । अनि नालीको सबैभन्दा गहिरो भागमा एउटा प्वाल राखी त्यसमाथि क्रमैले ठुला ढुङ्गा भर्दै जानुपर्छ। नालीको छेउछेउमा भने मसिनो ढुङ्गा र बालुवा भर्नु पर्छ । सबैभन्दा माथितिर पानी जानलाई ढुङ्गा छापेको कुलेसो बनाउनु पर्छ।

चित्र 18 ढुङ्गे नाली

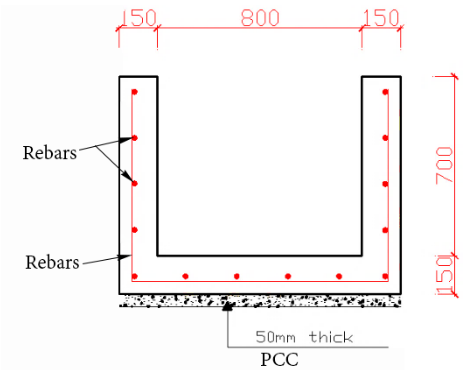


श्रोत: स्थलगत बायो इन्जिनियरिङ तालिम पुस्तिका, त्रिभुवन विश्वविद्यालय, माउण्टेन रिक्स इन्जिनियरिङ यूनिट

पक्की नाली (RCC drain)

पक्की नाली बनाउँदा सम्बन्धित विशेषज्ञहरूको परामर्श लिएर फलामे छड, बालुवा, गिट्टी र सिमेन्टको सम्मिश्रणबाट बनाइन्छ। यस्तो नाली अरूभन्दा बलियो भएता पानी बडी खर्चिलो र उच्च प्राविधिक सिप चाहिने हुनाले अति आवश्यक स्थानमा मात्र प्रयोग गर्दा राम्रो हुन्छ।

चित्र 19 पक्की नाली



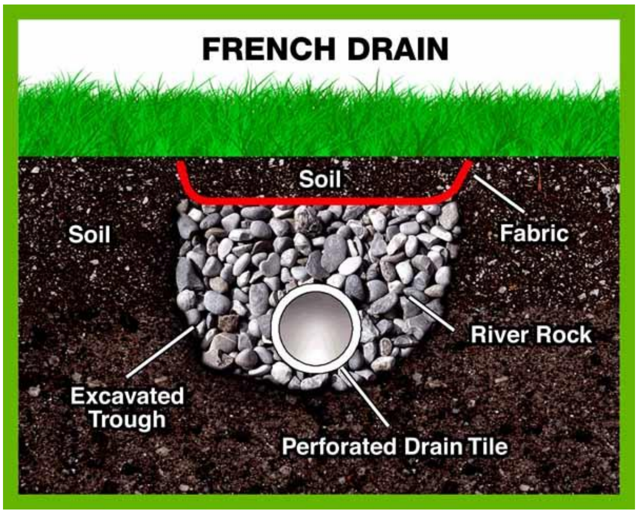
५ (३) (११) उपसतह नाली (Sub-surface Drain)

फ्रेन्च ड्रेन (French Drain)

पहिरोभित्र तथा अस्थिर जमिनभित्र जम्मा भएको वा जम्मा हुने पानीलाई उक्त स्थानबाट सुरक्षित तवरले छिटो बाहिर निकाल्न बनाइने संरचनालाई फ्रेन्च ड्रेन भनिन्छ । यस संरचनामा प्रायः वरीपरी प्वाल पारिएको प्लास्टिकको पाइप प्रयोग गरिन्छ । यस्ता पाइपहरूले जम्मा भएको अथवा जम्मा हुन सक्ने

पानीलाई बाहिरी सतहसम्म ल्याउने काम गर्दछन् । पानीको निकास छिटो होस् भन्नका लागि पाइको चारैतिर ढुङ्गाहरू पनि राखिन्छ । फ्रेन्च ड्रेनको प्रयोगद्वारा पानीको कारणले हुने पहिरोको सम्भावना कम हुन्छ।

चित्र 20 फ्रेन्च ड्रेन



श्रोत: mygutterguy.com/french-drains

५ (३) (१२) गरा प्रणाली (Terracing)

टेरेसिङ वा गरा प्रणाली भनेको भिरालो जमिनलाई धेरै वटा तेर्सो समथर पाटोमा रूपान्तरण गर्ने विधि हो। मौसम बदली भई राख्ने स्थानहरूमा पानीको सुरक्षित निकासको लागि गरा प्रणाली उपयुक्त हुन्छ। यो विधिले भिरालो जमिनलाई धेरै ओटा तेर्सो जमिनको खुड्किलोमा परिणत गर्ने र सतह माथि बग्ने पानीको वेगलाई नियन्त्रण गरी यसलाई सुरक्षित निकास गर्न मद्दत गर्दछ। गराले लामो गर्मी मौसममा जमिनलाई सुक्खा हुन नदिन मद्दत गर्छ, जुन विशेष गरी बलौटे (Sandy) र दोमट (Loamy) प्रकारको माटो भएको स्थानमा महत्त्वपूर्ण हुन्छ । यसले माटोको क्षयीकरण हुने क्रमलाई कम गर्न पनि मद्दत गर्दछ ।

चित्र 21 गरा प्रणाली

सामान्यतया गरालाई ३ प्रकारले विभाजन गर्न सकिन्छ । (International Centre for Integrated Mountain Development, ICIMOD, n.d.):

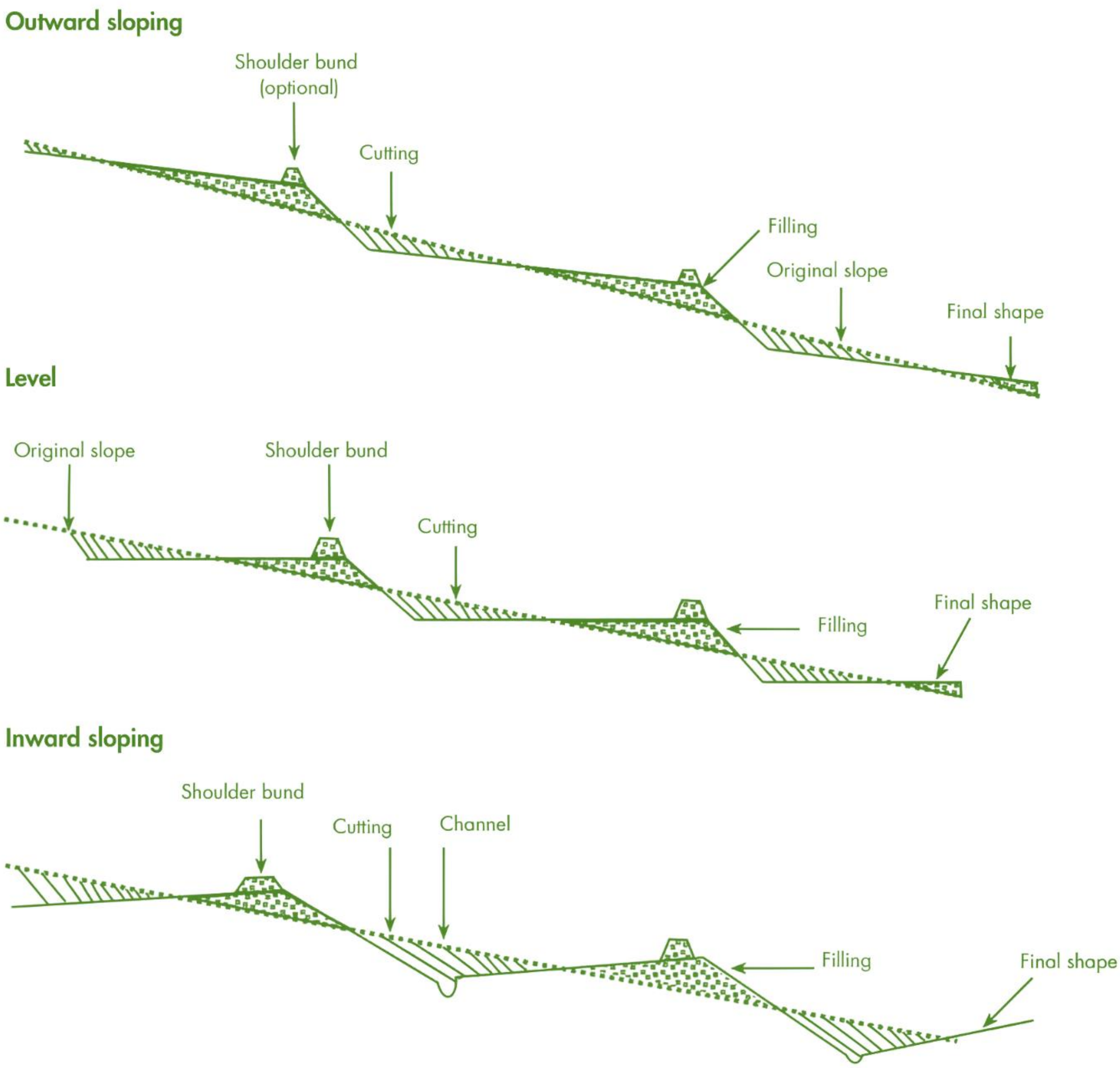
क. **बाहिर ढल्केको गरा (Outward Sloping Terrace):-** बढि भिरालो जमिनलाई कम भिरालो तेर्सो समथर पाटोमा रूपान्तरण गर्न यो विधि प्रयोग गरिन्छ। बाहिर ढल्केको गरा (Outward

Slope Terrace) मा माथिल्लो गराबाट बगेको पानी गरा मुनीको भित्तो हुँदै तल्लो गराको कुना सँगैको कुलोमा जान्छ र सोहि कुलोबाट पानीलाई सुरक्षित निकास गरिन्छ।

ख. **समतल गरा (Level Terraces):-** भिरालो जमिनमा पानी जम्मा नहुने माटोमा यस्तो गरा उपयुक्त हुन्छ। धान खेतीको लागि पानी जम्मा गर्न पनि यो प्रकृतिको गरा प्रयोग गरिन्छ। तर, पानी तर्काउने उपयुक्त स्थान नभएको हुनाले, पहिरो ग्रस्त क्षेत्रमा यो गरा उपयुक्त हुँदैन ।

ग. **भित्र ढल्केको गरा (Inward Sloping Terraces):-** यस्तो गरा बढि भिरालो जमिनका लागि सबैभन्दा उपयुक्त छ । यस विधिमा गरामा बगेको पानी गराको कुना सँगैको कुलोमा जान्छ र सोहि कुलोबाट पानीलाई सुरक्षित निकास गरिन्छ। भित्र ढल्केको गरामा, गराको भित्ताबाट पानीलाई बग्न दिईदैंन र उक्त भित्तामा घाँस लगाई सुरक्षित गर्न सकिन्छ।

चित्र 22 गराको प्रकार



गराको प्रकार छनोट: कुनै पनि ठाउँमा पर्ने वर्षा र माटोको अवस्था अनुसार गराको चयन गरिन्छ। सामान्यतया, बाहिर ढल्केको गरा कम वर्षा हुने ठाउँमा पानी सोस्न सक्ने किसिमको माटो (Permeable soil) मा निर्माण गरिन्छ । मध्यम वर्षा र/वा अत्यधिक पानी छिर्न सक्ने किसिमको माटो वा धान उब्जाउने ठाउँहरूमा समतल गरा बनाउँदा उपयुक्त हुन्छ र भारी वर्षा र पानी छिर्न नसक्ने किसिमको माटो (Non-permeable soil) भएको ठाउँमा भित्र ढल्केको गराहरू बनाइन्छ।

बर्षाको मात्रा	माटोमा पानी छिर्न सक्ने गुण	गराको किसिम
कम बर्षा	मध्यम	बाहिर ढल्किएको
मध्यम बर्षा	अत्याधिक	समतल
भारी बर्षा	न्यून	भित्र ढल्किएको

गराको चौडाइ : गराको चौडाइ माटोको गहिराइ, भिरालोपन, वर्षाको मात्रा र वितरण, र खेती अभ्यासहरूको आधारमा निर्धारण गरिन्छ। धेरै चौडा गराको निर्माण अधिक महँगो हुन्छ, किनकी यसको लागि भिरालो भागको गहिरो कटान आवश्यक हुन्छ र परिणाम स्वरूप गराको उचाई धेरै हुने गर्छ । गराको चौडाइ गणनाको लागि सूत्र Sharda et al (2007) तल दिइएको सूत्र प्रयोग गर्न सकिन्छ।

$$W = \frac{200*d}{S}$$

W= गराको चौडाइ मिटरमा

d= अधिकतम गहिराइको कटान

S= जमिनको भिरालोपन प्रतिशतमा

गराको भिरालोपना (Gradient): वर्षाको मात्रा, माटोमा पानी छिर्न सक्ने गुण (soil permeability) र गराको चौडाइ र लम्बाइका आधारमा गराको भिरालोपना छान्नु राम्रो हुन्छ। सामान्यता: गराको भिरलोपन १% (प्रत्येक १०० मिटर गराको लम्बाइका लागि १ मिटर) सरल दृष्टिकोण प्रयोग गरेर निर्धारण गर्न सकिन्छ। अत्यधिक पानी छिर्न सक्ने किसिमको माटो भएका कम वर्षा हुने क्षेत्रमा गराको भिरालोपना ०.५% भन्दा कम राख्न सकिन्छ, तर कम पानी छिर्न सक्ने किसिमको माटो भएका उच्च वर्षा हुने क्षेत्रमा, पानी धेरै बगेर जाने भएकोले (Excess Runoff) यसलाई कम गर्न गराको भिरालोपना १% भन्दा माथि बनाउनु उपयुक्त हुन्छ।

५ (४) बायो- इन्जिनियरिङ प्रविधि

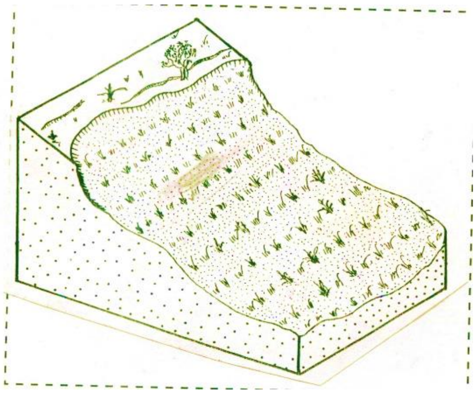
बिभिन्न बायो इञ्जिनियरिङ्ग प्रविधी वा प्रकृतिमा आधारित भु-स्थिरिकरणका उपायहरुको फरक-फरक कार्य गर्दछन् । पहिरोको प्रकार कस्तो हो र त्यसको न्युनीकरणका विकल्पहरु के के हुन सक्छन् भन्ने बुझेर मात्र वायो इञ्जिनियरिङ्गको अबलम्बन गरिनु पर्दछ ।

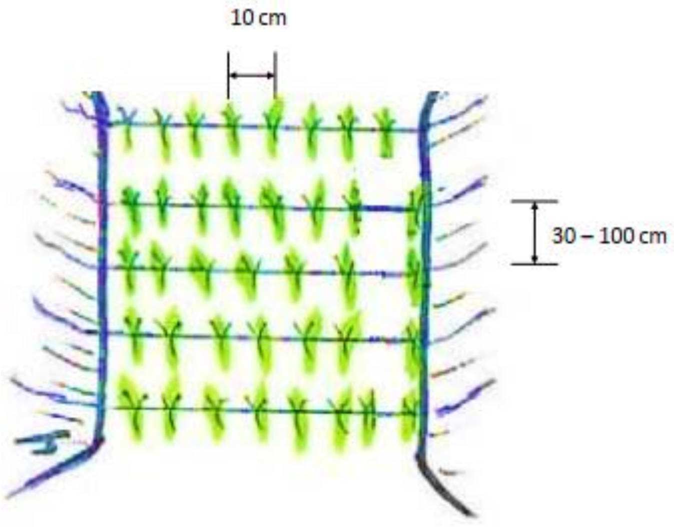
क्र.सं.	बायो इञ्जिनियरिङ्ग	इञ्जिनियरिङ्ग कार्य
१	Palisade	Catch, Reinforce
	प्यालिसेड	समात्ने, जेलिने
२	Fascines	Catch, Reinforce, Support
	फसिन	समात्ने, जेलिने, सहारा
३	Bamboo planting	Catch, Armour, Reinforce, Support
	बाँस रोप्ने	समात्ने, कवच, जेलिने, सहारा
४	Horizontal line grass planting	Catch, Armour, Reinforce
	तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्ने	समात्ने, कवच, जेलिने
५	Horizontal line grass planting	Catch, Armour, Reinforce
	छड्के लाइनमा घाँस रोप्ने	समात्ने, कवच, जेलिने
६	Brush layering	Catch, Reinforce
	ब्रस लेयरिङ्ग	समात्ने, जेलिने

५ (४) (१) तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्ने (Horizontal lines of grass plantation)

अस्थिर भिरालो जमिनमा पानीद्वारा हुने कटान वा भू-क्षय रोक्न तेर्सो लाइनमा विभिन्न जातका घाँस रोप्न सकिन्छ । चित्र 23 मा देखाए अनुसार तेर्सो लाइनमा बिरुवा रोप्दा एक अर्को बीचको दूरी करिब १० सेन्टिमिटर राखिन्छ भने, दुई लाइन बिचको दूरी करिब 30 सेन्टिमिटर देखि 1 मिटर राखिन्छ । यो विधि प्रायः सुख्खा जमिनमा बढी उपयोगी हुन्छ । चित्र 23 मा तेर्सो लाइनमा घाँस रोपेको देखाइएको छ । त्यसै गरी, चित्र 24 मा कान्लोमा घाँस रोपेको र चित्र 25 मा सडकको छेउछाउमा घाँस रोपेको पनि देखाइएको छ ।

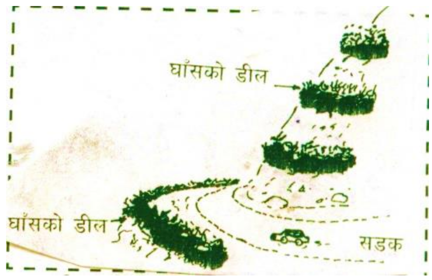
चित्र 23 तेर्सो लाइनमा घाँस रोपेको





चित्र 24 कान्लोमा घाँस रोपेको

चित्र 25 सडकको छेउ छेउमा घाँस रोपेको



श्रोत: स्थलगत बायो इन्जिनियरिङ तालिम पुस्तिका, त्रिभुवन विश्वविद्यालय, माउन्टेन रिस्क इन्जिनियरिङ युनिट र बायो इन्जिनियरिङ, अनिल गौतम

तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्दा ध्यान दिनुपर्ने कुरा:

- ६० डिग्री भन्दा कम भिरालो जमिनमा उपयुक्त
- प्रायः सुख्खा जमिनमा बढी उपयोगी हुन्छ
- बिरुवाहरू बिच तेर्सो दूरी 10 सेन्टिमिटर हुनुपर्छ
- बिरुवाहरू बिचको ठाडो दूरी 30 देखि 100 सेन्टिमिटरसम्म माटोको प्रकार अनुसार हुन्छ

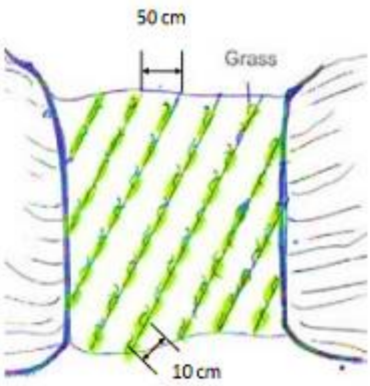
निर्माण सामग्री

- नर्सरीमा हुर्काइएका घाँसका बिरुवाहरू वा अन्य ठाउँबाट प्राप्त बेर्ना;
- माटो खन्न सानो खन्ती वा अन्य औजार;
- रेखा चिन्ह लगाउन धागो ;
- स्प्रिट लेवल (spirit level);
- मापन गर्ने टेप (measuring tape) (30 मिटर);
- साइटमा बिरुवाहरू ढुवानी गर्ने माध्यम;
- जरा ओसिलो राख्न जुटको बोरा र पानी;
- (वैकल्पिक) मल वा कम्पोस्ट।

५ (४) (२) छड्के लाइनमा घाँस रोप्ने (Diagonal lines of grass plantation)

भूमिगत जल प्रवाहबाट बचाउनु पर्ने भिरालो जमिनमा वा छोटो समयमा मुसल धारे वर्षा हुने ठाउँमा जमिनले पानी सोस्ने प्रक्रियालाई कम गराउन वा वर्षाको पानीबाट सतहमा हुने क्षयीकरण रोक्न विभिन्न जातका घाँसहरू छड्के लाइनमा रोप्ने गरिन्छ । यस्तो वनस्पतिका संरचना प्रायः ओसिलो र कम भिरालो जमिनमा बढी लाभदायक हुन्छ । यसमा पनि छड्के लाइनको दूरी करिब 30 सेन्टिमिटर देखि 1 मिटर हुन्छ र प्रत्येक लाइनमा १०/१० सेन्टिमिटरको दूरीमा घाँस रोपिन्छ ।

चित्र 26 छड्के लाइनमा घाँस रोपेको



श्रोतः बायो इन्जिनियरिङ, अनिल गौतम

छड्के लाइनमा घाँस रोप्दा ध्यान दिनुपर्ने कुराः

- ६० डिग्री भन्दा कम भिरालो जमिनमा उपयुक्त
- मुसल धारे वर्षा हुने ठाउँमा उपयुक्त
- बिरुवाहरू बिच तेर्सो दूरी 10 सेन्टिमिटर हुनुपर्छ
- बिरुवाहरू बिचको ठाडो दूरी 30 देखि 100 सेन्टिमिटरसम्म माटोको प्रकार हुन्छ
- बिरुवाहरू बिचको ठाडो दूरीले दिशात्मक प्रवाहको लागि नालीको रूपमा काम गर्दछ।

निर्माण सामग्री

- नर्सरीमा हुर्काइएका घाँसका बिरुवाहरू वा अन्य ठाउँमा प्राप्त बेर्ना;
- माटो खन्न सानो खन्ती वा अन्य औजार;
- रेखा चिन्ह लगाउन धागो ;
- स्प्रिट लेवल (spirit level);
- मापन गर्ने टेप (measuring tape) (30 मिटर);
- साइटमा बिरुवाहरू ढुवानी गर्ने माध्यम;
- जरा ओसिलो राख्न जुटको बोरा र पानी;
- (वैकल्पिक) मल वा कम्पोस्ट।

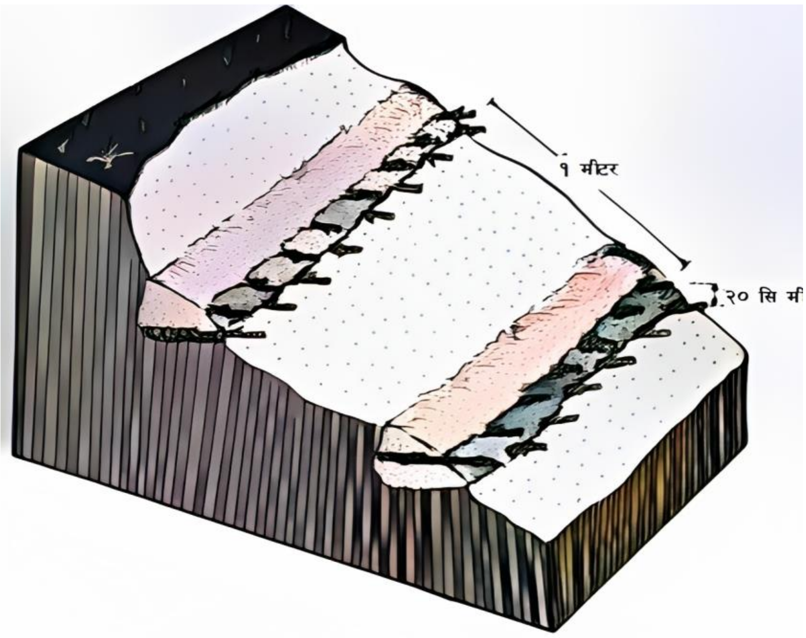
तेर्सो, छड्के वा ठाडो लाइनमा बिरुवा रोप्ने विधि:

- साइट रोप्ने समय भन्दा अगावै तयार पर्छ । सबै अनियमित ढिस्कोहरू हटाउने जसले गर्दा कतै पनि क्षयीकरण सुरु नहोस् । पुरेको माटो भएको साइट परेमा माटोलाई राम्ररी चिसो अवस्थामा खाँद्नु पर्छ ।
- सधैँ घाँसको बिरुवा रोप्दा भिरालोको माथिल्लो भागबाट सुरु गर्नु पर्छ ।
- टेपको सहायताले नापेर लाइन तान्नुपर्छ। लाइन उल्लेख गरे मुताबिक जस्तैः तेर्सो, छड्के वा ठाडो हुनु पर्छ ।
- घाँसको बिरुवालाई बढी भन्दा बढी बिरुवाहरू निकाल्नको लागी छुट्ट्याउनु पर्छ । लामो जराहरू दुई से.मी. जति राखेर काट्नु पर्छ र बिरुवाको काण्ड वा डाँठ (बिरुवाको जराभन्दा माथिल्लो भाग) जमिनको भाग देखि १० देखि १५ से.मी. जति लामो राखेर काट्नु पर्छ । यसरी काटिएका बिरुवाहरूलाई चिसो बोराको टुक्रामा पोका पारेर ओसिलो राख्नु पर्छ ।
- खन्तीको सहायताले जराको भाग अट्ने जत्रो खाल्टो खन्नु पर्दछ । खाल्टो बनाउँदा भित्र पट्टी अलिकति खोस्रेर कमलो माटोले खाल्टोको भित्री भाग पुर्नु पर्छ । यसो गर्दा खाल्टोमा पानी जम्ने खाली भाग रहँदैन र जरा कुहुनुबाट जोगाउँछ । त्यस पछि घाँसको बिरुवा खाल्टोमा लगाउनु पर्छ । यसरी लगाउँदा जराहरू खुम्चिनबाट जोगाउनुपर्छ । बिरुवालाई लगाई सके पछि (बुढी औला र चोर औला) को सहायताले माटो खाँद्नु पर्दछ ।
- यदि कम्पोस्ट मल नजिकमा भए घाँसको बिरुवा वरिपरि छरी दिनु पर्छ । यदि धैरै नै ढुङ्गा भएमा चाँडो उमार्ने उपाय खोज्नु आवश्यक हुन्छ । सतहको कमलो माटो बग्न वाट जोगाउने उपाय पनि खोज्नु पर्छ ।
- यदि साइट ज्यादै सुख्खा भए मा र १ देखि २ दिन सम्म पनि वर्षा हुने सम्भावना नदेखिएमा फिरफिरे वा हजारीद्वारा पानी लगाउने व्यवस्था मिलाउनु पर्छ ।

५ (४) (३) ब्रस लेयरिङ्ग (Brush layering)

भिरालो जमिनमा सिमल, असुरो, खिर्रो जस्ता छिटो सर्ने जातका रुखका हाँगाहरू (cuttings) तेर्सो लाइनमा सुताएर रोपिने प्रक्रियालाई ब्रस लेयरिङ्ग भनिन्छ । यस्तो वनस्पतिका संरचनाले खुकुलो माटोलाई समात्ने र हाँगाहरू पलाएपछि बगेको माटोलाई समेट्ने काम गर्दछन् । यो संरचना कम भिरालो तर खुकुलो माटोले पुरेको जमिनमा बढी लाभदायक हुन्छ । ब्रस लेयरिङ्ग गर्दा करिब ३० सेन्टिमिटर चौडा गरा बनाउनु पर्छ र त्यहाँ करिब 10/10 सेन्टिमिटरको फरक पारी एउटै लाइनमा हाँगाहरू राख्नु पर्छ । त्यस पछि २ सेन्टिमिटर जति बाक्लो माटोको तहले छोपेर फेरि दोस्रो हाँगाको लहर पहिला लहरका हाँगाहरूको बिचमा पर्ने गरी राखेर छोप्नु पर्छ । यस संरचनाको एक लाइनदेखि अर्को लाइनसम्मको दूरी करिब एक मिटरको हुन्छ ।

चित्र 27 ब्रश लेयरिङ्ग



श्रोत: स्थलगत बायो इन्जिनियरिङ तालिम पुस्तिका, त्रिभुवन विश्वविद्यालय, माउन्टेन रिस्क इन्जिनियरिङ युनिट

ब्रस लेयरिङ्ग बनाउँदा ध्यान दिनुपर्ने कुरा:

- ४५ डिग्री भन्दा कम भिरालो जमिनमा उपयुक्त।
- भिरालो तर खुकुलो माटोले पुरेको जमिनमा बढी लाभदायक
- बिरुवाहरू बिच तेर्सो दूरी ५ सेन्टिमिटर हुनुपर्छ
- बिरुवाहरू बिच ठाडो दूरी 1 मिटर हुनुपर्छ।

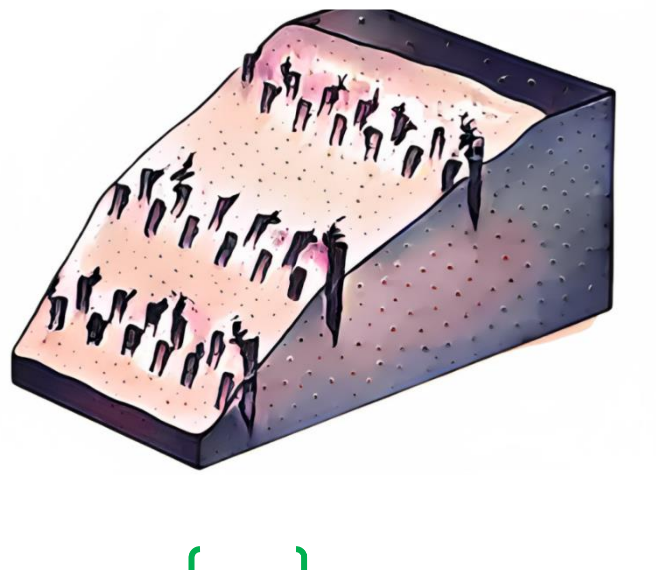
बिरुवा रोप्ने विधि:

- सुता धागोको सहायताले स्लोपको फेदबाट ५० से.मी. माथि रोप्ने ठाउँमा चिनो लगाउने वा लाइन तान्नु पर्छ ।
- ब्रस लेयरिङ्ग गर्दा सदैव स्लोपको फेदबाट सुरु गरी माथितिर कम गर्दै जानु पर्छ।
- स्लोपमा २० प्रतिशत पछाडि ढल्केको गरा बनाउनु पर्छ । उक्त गरा ३० से.मी. चौडा हुनु पर्छ । तर यो चौडाइ सडकको इम्वाङ्कमेन्ट (Embankment) स्लोपको लागी भए ३० से.मी. मात्र हुनु पर्छ । यदि सडकको इम्वाङ्कमेन्ट स्लोपमा ब्रस लेयरिङ्ग गर्नु पर्ने भए ५ से.मी. बाक्लो तहको मलिलो माटो बिछ्याउनु पर्छ जसले गर्दा जरा फैलनुमा मद्दत गर्दछ ।
- अव १० से.मी. बिचको फरक पारेर तयार गरिएको बिरुवा सुताएर रोप्नु पर्छ । रोप्दा खेरी एक गाँठो अर्थात् एक तिहाइ काटेका हाँगाको लम्बाइ बाहिर निस्केको हुनु पर्छ । काटेका हाँगाको टुप्पो पटीको भाग गराको बाहिर निस्केको हुनु पर्छ ।
- दुई से.मी. जति बाक्लो माटोको तह काटेका हाँगाको बिचमा बिछ्याउनु पर्छ जसले गर्दा हाँगालाई नरमपन दिलाउँछ ।
- दोस्रो तह तयार गरिएको बिरुवा पहिलो तहमा रोपेको बिरुवाको बिचमा पर्ने गरेर लगाउनु पर्छ । ग्राभेलले भरेको ईम्वाङ्कमेन्ट स्लोप भएमा अर्को ८ से.मी. जति बाक्लो माटोको तहले छोप्नु पर्छ ।
- खनेर निस्केको माटोले केही हद सम्म ब्रस लेयरिङ्ग गरेको ठाउँमा वा पछाडि भर्नु पर्छ । यसो गर्दा ५ से.मी. भन्दा बढी बाक्लो हुनु हुँदैन ।
- अब १ मी. माथि अर्को लाइनको लागी चिनो लगाई लाइन सुता तान्नु पर्छ ।
- माथि ३ नं. देखि ७ सम्म उल्लिखित पद्धति दोहोर्याउनुहोस् । जब अर्को गरा खनिन्छ तब तल्लो गरालाई छोप्दै जानु पर्छ र खुट्टाको सहायताले ठिक्कको दबाब दिएर खाँद्नु पर्छ ।

५ (४) (४) पालिसेड (Palisade)

निकै भिरालो जमिनमा गरा बनाउँदा त्यो जमिन झन् अस्थिर भएर खस्ने सम्भावना धेरै हुन्छ । त्यस कारण त्यस्ता स्थलहरूमा ब्रस लेयरिङ्गको सट्टा प्वाल मात्र खनेर ठाडा हाँगाहरू गाडिन्छन् ।

चित्र 28 पालिसेड



यस संरचनामा पनि हाँगाहरूको बिचको दूरी ब्रस लेयरिङ्गमा जस्तै हुन्छ । पालिसेडको मुख्य इन्जिनियरिङ कार्य माटोलाई समाउने हो ।

श्रोत: ग्रामीण स्तरमा पहिराको अध्ययन र रोकथाम गर्न सहयोगी पुस्तिका, प्रा.डा. मेघ राज धिताल

पालिसेड बनाउँदा ध्यान दिनुपर्ने कुरा:

- ३0 डिग्री भन्दा बडी भिरालो जमिनमा उपयुक्त।
- बिरुवाहरू बिच तेर्सो दूरी ५ सेन्टिमिटर हुनुपर्छ
- बिरुवाहरू बिच ठाडो दूरी ४0 सेन्टिमिटर हुनुपर्छ।

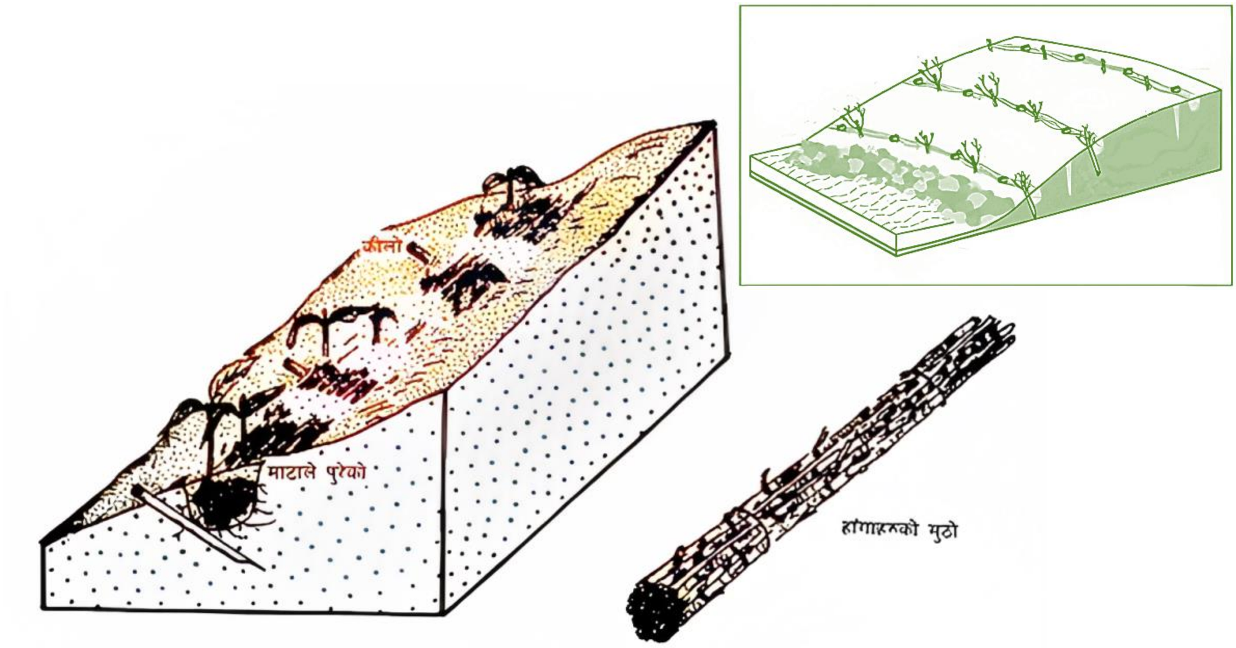
बिरुवा रोप्ने विधि:

- साइट रोप्ने समय भन्दा अगावै तयार पार्नू पर्छ। सबै अनियमित ढिस्कोहरू हटाउनु पर्दछ जसले गर्दा कतै पनि क्षयीकरण सुरु नहोस् । पुरेको माटो भएको साइट परेमा माटोलाई राम्ररी चिसो अवस्थामा खाँद्नु पर्छ ।
- धागो वा सुता डोरीले रोप्ने लाइन तान्नु पर्दछ ।
- रोप्दा सधैँ भिरालो जमिनको माथिबाट सुरु गरेर तल तिर झर्नू पर्छ ।
- रोप्ने खन्तीको सहायताले जमिनमा रोपिने काटेका हाँगा भन्दा अलिक ठुलो साइजको प्वाल बनाउनु पर्छ । यस प्वालको गहिराइ हाँगाको लम्बाइको दुई तिहाइ डुब्ने हुनु पर्छ ।
- प्वाल तयार भए पछि तयार गरिएको बिरुवालाई प्वालमा दुई तिहाइ डुबाएर रोप्नु पर्छ । वरिपरिको माटोलाई मिलाएर काटेका हाँगाको बोक्रा नबिग्रने गरी खाँद्नु पर्छ । प्रायजसो एक तिहाइ जति हाँगाको भाग बाहिर निस्केको हुनु पर्छ । धेरै भिरालो र सक्रिय साइटमा अलिक बढी लामो निकालिएमा कलिलो मुनालाई ढुङ्गा र माटोको प्रवाह कम हुन्छ र केही माटो वा ढुङ्गाहरू पनि छेक्न सक्दछ।
- पहिलो पालिसेड तह माथि १ मिटर रेखा चिन्ह लगाउनुहोस् र अर्को तहको लागि डोरी सेट गर्नुपर्छ ।
- माथि 4 नं. देखि 6 सम्म उल्लिखित पद्धति दोहोर्याउनुहोस् । जब अर्को गरा खनिन्छ तब तल्लो गरालाई छोप्दै जानु पर्छ र खुट्टाको सहायताले ठिक्कको दबाब दिएर खाँद्नु पर्छ ।

५ (४) (५) फशीन (Fascine)

सतहमा करिब २० सेन्टिमिटर गहिरो तेर्सो खाल्डो खनेर सिमल, दबदबे, खिर्रो आदि छिटो सर्ने खालका रुखका हाँगाहरू त्यसभित्र सुताएर बनाएको माटोको संरचनालाई फशीन भनिन्छ । यसो गर्दा हाँगाहरूलाई सुतरीले बाँधेर मुठा पारी खाल्डो भित्र खुकुलोसँग पुर्नु पर्छ । यसले पनि ढुङ्गे बालिस्टले (stone bolster) जस्तै खुकुलो माटोलाई सहारा दिन्छ र कटानबाट बचाउँछ ।

चित्र 29 फशीन



श्रोत: स्थलगत बायो इन्जिनियरिङ तालिम पुस्तिका, त्रिभुवन विश्वविद्यालय, माउन्टेन रिस्क इन्जिनियरिङ युनिट

फशीन बनाउँदा ध्यान दिनुपर्ने कुरा:

- ४५ डिग्री भन्दा कम भिरालो जमिनमा उपयुक्त।
- ३० डिग्री भन्दा कम भिरालोमा ठाडो दूरी ४ मिटर हुनुपर्छ।
- ३० देखि ४५ डिग्री भिरालोमा ठाडो दूरी २ मिटर हुनुपर्छ।

बिरुवा रोप्ने विधि:

- साइट रोप्ने समय भन्दा अगावै तयार पार्नू पर्छ। सबै अनियमित ढिस्कोहरू हटाउनु पर्दछ जसले गर्दा कतै पनि क्षयीकरण सुरु नहोस् । पुरेको माटो भएको साइट परेमा माटोलाई राम्ररी चिसो अवस्थामा खाँद्नु पर्छ ।
- जहाँ फसिन लगाउने हो त्यस ठाउँलाई लाइन सुताले चिनो लगाउनुपर्छ । आवश्यकता अनुसारको तेर्सो वा कुनै छड्के लाइन ठिक छ वा छैन भनी हेर्नु पर्छ ।
- फसिन (Fascine) स्लोपको तलबाट सुरु गरी माथि तिर काम गर्दै जानुपर्छ ।

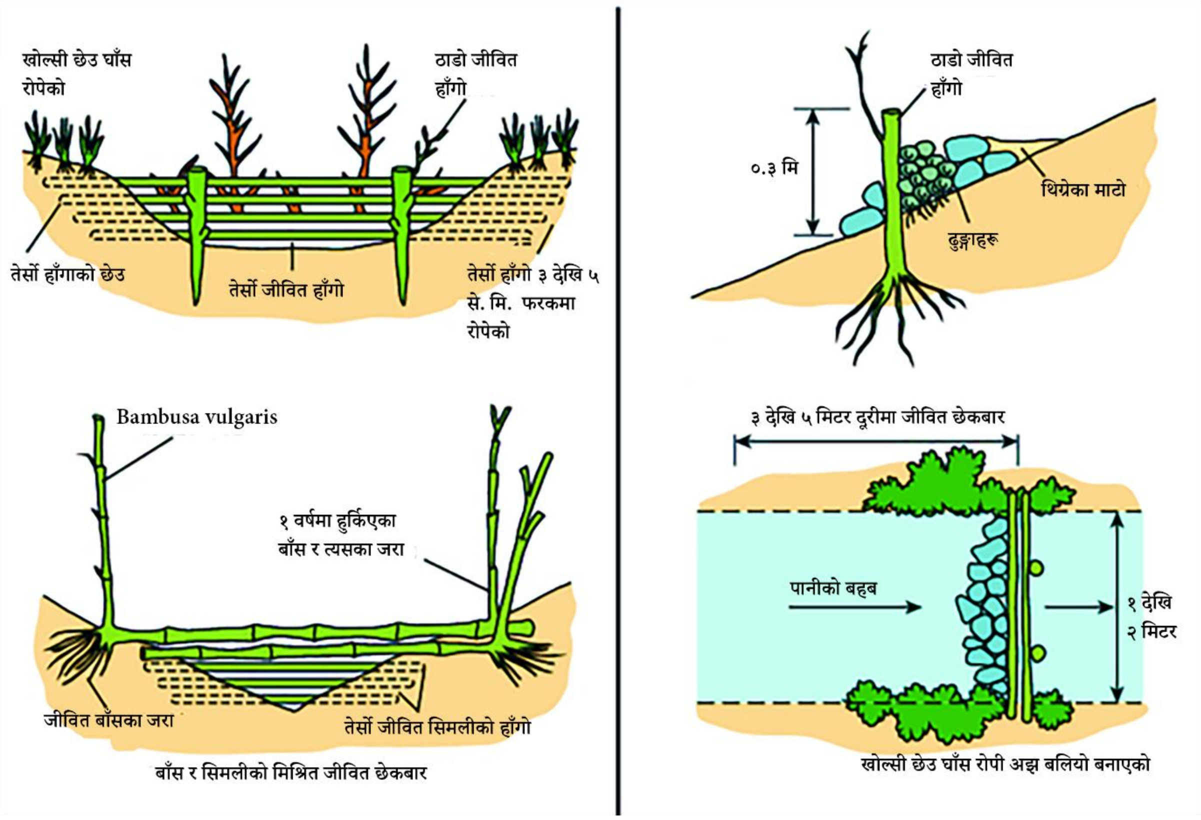
- ५ मी. जति लामो कुलेसो खन्नु पर्छ । एक पटकमा यो भन्दा बढी खन्नु हुँदैन । यसो गर्दा खनिएको माटो छोटो समयको लागी मात्र बाहिर रहोस् जसले गर्दा माटोमा रहेको अवशेष र चिसोपन नसुकोस् । खाल्डो २० से.मी. गहिरो र २० से.मी. चौडा हुनु पर्छ ।
- खाल्डोमा काटेका हाँगा एक अर्कालाई छोप्ने गरेर (Over Lapping) पुर्नुपर्छ। यसो गर्दा स्लोपको सिधा वारि पारी एउटा डोरी जस्तै बनिन पुगोस् । एक बिटामा २० देखि २५ वटा काटेका हाँगा लाग्दछ ।
- खाल्डो भित्र डोरीलाई राखेर पनि फसिन रोप्न सकिन्छ यसो गर्दा बिटाहरू एकत्र बाँधेर पुर्न सकिन्छ तर यो गरी रहनु त्यति आवश्यक हुँदैन ।
- बिटा (Fascine) रोपी सके पछि लगतै पुर्नु पर्छ र वरिपरि माटो खाँद्नु पर्दछ ।
- यदि स्लोप २० डिग्री भन्दा बढी भिरालो भएमा फसिन (Fascine) को मुनीबाट किला गाडेर अड्याउन पनि सकिन्छ । यसको लागी एउटा काटेका हाँगाको किलालाई हतौडाले वा मुङ्ग्रोले ठोकेर भसाउनु सकिन्छ । यदि आवश्यक परेमा प्रत्येक ५० से. मी. मा एक वटा किला दिनु पर्छ ।

५ (४) (६) जीवित छेकबार (Live check dam)

स-साना खोल्साहरूमा पक्की नियन्त्रण बाँधको सट्टा जीवित छेकबार पनि लगाउन सकिन्छ । यो छेकबार छिटो सर्ने रुख तथा बोटका हाँगाबाट बनाइन्छ । खोल्सो परेको ठाउँमा खन्तीले प्वाल पारेर हाँगालाई बिस्तारै होसियारीपूर्वक त्यस्ता प्वालमा ठाडो पारेर रोप्नु पर्छ र वरिपरिको माटोलाई राम्ररी थिच्नु पर्छ । यसमा हाँगाहरू झन्डै ३० सेन्टिमिटर जति जमिनको सतहबाट माथि निस्किएको हुनु पर्छ ।

जीवित छेकबारको माथितिर काम नलाग्ने हाँगा गाडेर मान्द्रे बारमा जस्तै बार (टाटी वा फरिको) बनाउन पनि सकिन्छ । यसरी बनाएको बार खोलाको दुवै किनारामा राम्ररी अड्काउनु पर्छ । त्यसको ५० सेन्टिमिटर माथि अर्को बार पनि बनाउनु पर्छ । त्यसपछि दुवै बार बिचको खाली ठाउँ साना ढुङ्गाले भर्नु पर्छ । यसरी बनाएको छेकबारले बगेको माटो समात्नुका साथै खोल्सा थप चौडा हुन र गहिरिनबाट रोक्छ।

चित्र 30 जीवित छेकबार



श्रोत : Live mini check dam (Clark and Hellin,1996)

जीवित छेकबार बनाउँदा ध्यान दिनुपर्ने कुरा:

- ४५ डिग्री भन्दा कम भिरालो जमिनमा उपयुक्त।
- थोरै थोरै माटो खस्ने खोल्सोमा यो प्रविधि प्रयोग गरिन्छ ।
- जीवित छेकबारको तेर्सो हाँगाहरू बिचको दूरी ३ देखि ५ सेन्टिमिटर हुनुपर्छ।
- एक जीवित छेकबार देखि अर्को बिच ठाडो दूरी ३ देखि ५ मिटर हुनुपर्छ। यो दूरी खोल्साको भिरालोपनमा आधारित हुन्छ।

सामग्री तयारी:

- तेर्सो हाँगा (२ मिटर लामो र 2 देखि 5 सेन्टिमिटर व्यास (diameter)) : तेर्सो हाँगा 6 देखि 30 महिना पुरानो बिरुवाबाट निकाल्नू पर्छ। हाँगाको माथिल्लो भागलाई समकोणमा (right angle- ९० डिग्री) र तलको भागलाई ४५° मा काट्नु पर्छ। त्यसपछि यो कुन तरिकाले रोप्नु पर्छ भनेर स्पष्ट हुन्छ।
- ठाडो हाँगा: २ मिटर लामो र ३० देखि ८० मिलिमिटर व्यास भएको, सम्भव भए सम्म सिमली, दब्दबे वा फलेदो भए राम्रो हुन्छ।
- सम्भव भएमा, बिरुवाहरू रोप्ने दिनमा यसलाई तयार गर्नुपर्छ । सम्भव नभएमा, काटेका हाँगा ओसिलो राख्न पानीले भिजेको जुटको कपडाले छोप्नुपर्छ ।
- बिरुवा रोप्ने प्वाल बनाउनको लागि फलामे छड़ (Rod) वा क्रो बार (Crow bar)।

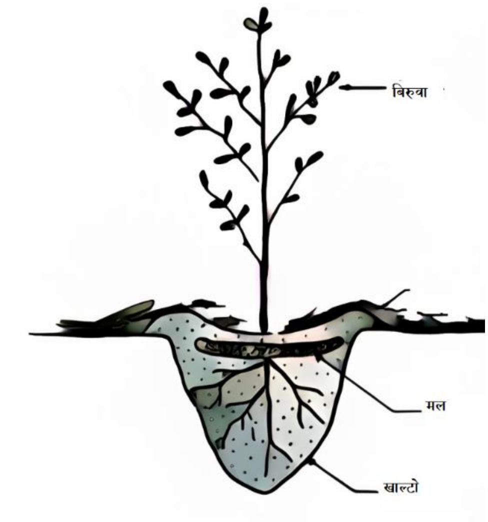
बिरुवा रोप्ने विधि:

- जीवित छेकबारको लागी उपयुक्त ठाउँहरू छनौट गर्नु पर्दछ।
- ठाडो हाँगा जमिनमा गाड्नको लागी हाँगाको ब्यासभन्दा अलिक ठुलो र गहिरो प्वाल बनाउनु पर्छ । आवश्यकता परेमा क्रो बार (Crow bar) प्रयोग गर्नुपर्छ ।
- प्वाल खोली सकेपछि ती हाँगालाई प्वालमा ठाडो पारेर रोप्नु पर्छ र वरिपरिबाट माटोले थिच्नु पर्छ । यसरी माटो खाँद्दा तयार पारिएको हाँगाको बोक्रा लाई बिग्रन दिनु हुँदैन । ती हाँगा करिब ३० से.मी. जति जमिनको सतहबाट माथि निस्किएको हुनुपर्छ ।
- तेर्सो हाँगालाई रोपेको ठाडो हाँगामा टाटी बनाउनु पर्छ (चित्र 30)। यसरी बनाएको टाटी खोल्सीको दुवै पट्टीको स्लोपको माटो खनेर राम्ररी पुरेर दबाउनु पर्छ । एउटा टाटीको लाइन सकिएपछि त्यसको ३ देखि ५ से. मी. माथि अर्को लाइन टाटी बुन्नुपर्छ ।
- छेकबार को पछाडिको खाली ठाउँमा माटोले भरेर खुट्टाले बिस्तारै दबाउनु पर्छ ।

५ (४) (७) रुख वा बुटा रोप्ने (Tree and shrub planting)

रुख तथा बुटा रोप्ने कार्य कम भिरालो जमिनमा बढी उपयुक्त हुन्छ । यो वनस्पतिका संरचना भिरालोको मध्य तथा तल्लो भागमा प्रयोग गरिन्छ । यो संरचनामा रुख वा बुटाका बेर्नाहरू करिब एक मिटरको दूरीमा लहरै रोपिन्छन् । ती बिरुवाहरू हुर्किएपछि जराहरूद्वारा जमिनलाई जेल्ने, अड्काउने र सहारा दिने काम गर्छन् । बिरुवाको छनौट गर्दा कोसादार बिरुवाहरूलाई प्राथमिकता दिइन्छ । त्यस्ता बिरुवाहरूले अस्थिर जमिनको उर्वरा शक्ति पनि बढाउँछन् । यसरी बनाएको छेकबारले बगेको माटो समात्नुका साथै खोल्सा थप चौडा हुन र गहिरिनबाट रोक्छ ।

चित्र 31 रुख वा बुटा रोपेको



श्रोत: स्थलगत बायो इन्जिनियरिङ तालिम पुस्तिका, त्रिभुवन विश्वविद्यालय, माउन्टेन रिस्क इन्जिनियरिङ युनिट

रुख वा बुटा रोप्दा ध्यान दिनुपर्ने कुरा:

- ३० डिग्री भन्दा कम भिरालो जमिनमा उपयुक्त। राम्रो सँग ख्याल राखेमा ३० देखि ४५ डिग्री सम्म पनि राख्न सकिन्छ।
- रुख वा बुटाको हाँगाहरू बिच दूरी १ x १ मिटर हुनुपर्छ।

सामग्री तयारी:

- नर्सरीका बिरुवाहरू
- माटो खन्ने सामग्रीहरू र बिरुवाहरूलाई काम गर्ने स्थानमा पुराउने उपकरणहरू
- मल (वैकल्पिक)

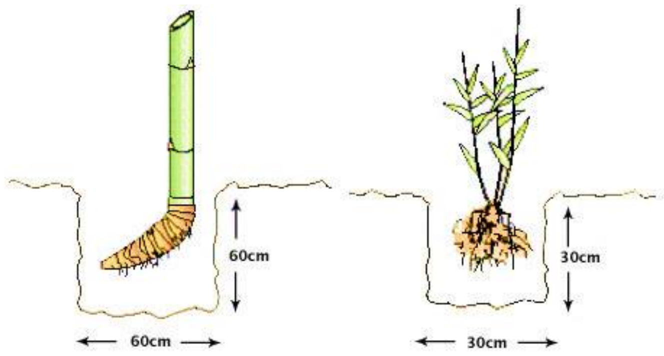
बिरुवा रोप्ने विधि:

- साइट रोप्ने समय भन्दा अगावै तयार पार्नू पर्छ। सबै अनियमित ढिस्कोहरू हटाउनु पर्दछ जसले गर्दा कतै पनि क्षयीकरण सुरु नहोस् । पुरेको माटो भएको साइट परेमा माटोलाई राम्ररी चिसो अवस्थामा खाँद्नु पर्छ ।
- यदि सम्भव भए बिरुवा रोप्ने खाल्टोहरू पहिले नै खनी राख्नु पर्छ तर खाल्टो खनेको दिनै पुर्नु पर्छ ।
- जमिन भिजेर माटोमा पानी पर्याप्त भएपछि बिरुवा रोप्नु पर्दछ । जति ठुलो खाल्टो त्यति नै बिरुवालाई फलदायी हुन्छ तर ठुलो खाल्टो खनेर पुरै जमिन लाई नै असर पुऱ्याउने तवरले भने काम गर्न जोखिम हुन्छ ।
- पोलिथिन थैली हटाउँदा ब्लेड वा ढुङ्गाको सहायताले पोलिथिनको दुवै पट्टीको ठाडो जोर्तीमा काटेर निकाल्नु पर्छ । यसो गर्दा जरा काटिनु हुँदैन ।
- बिरुवालाई खाल्टोमा रोप्नु पर्छ र वरिपरिबाट जराको भागलाई माटोले पुर्नु पर्छ । यसो गर्दा बिरुवाको जरा र माटो बीच कुनै पनि ओडारहरू रहनु हुँदैन । बिरुवाको वरिपरि माटोलाई खुट्टाले थिचेर खाँद्नु पर्दछ ।
- यदि पाएमा राम्ररी कुहेको मललाई माटोसँग मिसाएर मात्र खाल्टो भर्नु पर्छ।
- बिरुवाको वरिपरि रहेको अनावश्यक झारपातहरू हटाई मल्चिङ्ग गर्नु पर्छ। मल्चिङ्ग राख्दा बिरुवाको आँख्लोलाई छुवाउनु हुँदैन ।

५ (४) (८) बाँस रोप्ने (Bamboo planting)

ठुलो र गाँजिने बाँस रोपेपछि माटोको बहाव रोकिन्छ र अस्थिर जमिन स्थिर बन्दछ । बाँसको जराले चपक्क माटो समात्नुका साथै भिरालो फेदीलाई सहारा दिन्छ । बाँस रोप्दा एउटा बाँसबाट अर्को बाँसको दुरी दुई मिटरभन्दा बढी र एक लाइनदेखि अर्को लाइनसम्मको दुरी पाँच मिटरभन्दा बढी हुनु पर्छ । यो संरचनाले पहिरोको फेदीमा पर्खालले झैं काम गर्छ ।

चित्र 32 बाँस रोपेको



श्रोत: How To Plant Bamboo, Guadua Bamboo

बिरुवा रोप्ने विधि:

- बाँसको जरा चिसो बोराले पोका पारेर राख्नु पर्दछ जसले गर्दा बाँस सुक्न पाउँदैन ।
- साइटका सबै खुकुलो माटो तथा ढिस्को (Loose debris) रोप्न अघि हटाउनु पर्छ ।
- जरा अटाउने खाल्टो खनेर तयार गरिएको बाँसलाई रोप्नु पर्दछ ।
- तामा पलाउने जरा, कलिलो तामा अथवा रोप्न तयार परिएका बाँसको जराको कुनै पनि भाग नबिग्रने वा नकाटिने तवरले माटोले वरिपरि पुर्नु पर्छ । पुरिसके पछि माटो मिलाएर खाँद्नु पर्दछ ।
- बिरुवाको वरिपरि सोतर (Mulch) लगाई दिनु पर्दछ ।
- त्यस पछि आवश्यकता भएमा पानी हाल्नु पर्दछ ।
- बाँस रोप्दा २ मी. भन्दा बाक्लो र तल माथि अर्को लाइन सँग ५ मी. भन्दा कम दूरी राख्नु हुँदैन ।

५ (४) (९) घाँसको बिउ छर्ने (Seed broadcasting)

धेरै भिरालो, नाङ्गो तथा अस्थिर जमिन अथवा चट्टान भएको भागमा यस्तो प्रविधिको प्रयोग गरिन्छ । यसले जमिनको माथिल्लो सतह ढाकेर कवचको काम गर्दछ । छरिएका बीउहरूलाई बनमारा, तीते पाती अथवा अन्य झारपातहरूबाट बनाइएको छापोले ढाक्नु पर्दछ । भिरालो जमिनमा उक्त छापो तथा बीउ बगेर जान नदीन ठूला-ठूला कोठा भएको जुटको जालीले बाँधेर राख्नु पर्दछ । घाँसका जराहरू राम्रोसँग नफैलिएसम्म यो संरचना कमजोर हुने हुनाले यसलाई टेवा पुर्‍याउन अरू स-साना सिभिल इन्जिनियरिङ संरचनाहरू पनि निर्माण गर्दा राम्रो हुन्छ ।

बिरुवा रोप्ने विधि:

- बिउ छर्ने ठाउँमा रहेको अनियमित ढिस्कोहरू बिउ छर्नु भन्दा अघि नै हटाउनु पर्छ ।

- बिउ छर्नु भन्दा केही क्षण अघि जमिनको सतहलाई खोस्रनु पर्छ । यसो गर्दा नयाँ उम्रने बिरुवाहरूले कमलो माटोमा सजिलै जराहरू फैलाउन सक्छन् ।
- खोस्रेको पाखामा बिउ तथा बिउका झुप्पाहरूलाई छर्नू पर्छ। बिउ छर्दा १ व.मी. मा २५ ग्राम बिउ उपयुक्त हुन्छ ।
- छरिएको बिउलाई एक तह वन माराको सोतर (Mulch) वा अन्य झारपातहरूबाट बनाइएको सोतरले ढाक्नुपर्छ ।

५ (४) (१०) रुख वा बुटाहरूको बिउ रोप्ने (Tree and Shrub seeding)

धेरै अप्ठ्यारो भिरालो वा बाङ्गोटिङ्गो चट्टान भागमा बिरुवा रोप्न धेरै गाह्रो हुन्छ, त्यसैले त्यसता ठाउँमा सिधैं बीउ नै रोपिन्छ । यो प्रक्रिया अन्तर्गत ठूलो आकार भएको भुजेत्रो, भोर्ले आदिको बिउ चिरा परेको अस्थिर चट्टान भागमा सिधैं रोप्नु राम्रो हुन्छ । त्यसता बिरुवाको लामो मूल जराले चर भित्रसम्म पुगेर चट्टानलाई अड्काएर राख्ने गर्दछ । यो काम इन्जिनियरिङ तथा वनस्पतिका संरचनाहरूको निर्माणको बेलामा नै सँगसँगै गर्न सके पहिरो तथा भू-क्षय नियन्त्रणका साथै जमिनलाई आर्थिक तथा सामाजिक दृष्टिकोणले उपयोगी बनाउन सकिन्छ ।

बिरुवा रोप्ने विधि:

- खुकुलो ढुङ्गा माटो तथा ढिस्कोहरू बिउ छर्नु अगावै सफा गर्नु पर्छ ।
- खन्तीको सहायताले बिउको साइज भन्दा अलिक ठुलो प्वाल बनाउनु पर्छ ।
- बिउलाई उक्त प्वाल भित्र राखी माटोले छोप्नु पर्छ । यदि धेरै घाम लाग्ने पाखामा भएमा घामको तापले सिधै नभेट्ने गरी रोप्नु पर्छ । साथै बिउको बाहिरी आवरण, बोक्रा बिग्रनु हुँदैन ।
- बिउहरू प्राय प्रत्येक २५ से.मी. को फरकमा रोप्नु पर्छ ।

परिच्छेद 6

बायो - इन्जिनियरिङ लागि बिरुवाहरूको छनोट

बायो - इन्जिनियरिङका लागि उपयुक्त वनस्पतिहरूको छनौट गर्दा निम्न कुराहरूमा ध्यान दिनु आवश्यक हुन्छ।

- बिरुवाहरू त्यहाँको वातावरणमा हुर्किन सक्ने खालको हुनु पर्दछ।
- बिरुवाहरू सजिलैसँग र प्रशस्त मात्रामा उपलब्ध हुनु पर्दछ।
- बिरुवाहरू छिटो बढ्ने खालका हुनुका साथै कठोर अवस्थामा पनि हुर्कन सक्ने हुनु पर्दछ।
- बिरुवाहरूले अस्थिर भिरालोलाई स्थिर तुल्याउनका लागि गर्नु पर्ने इन्जिनियरिङ कार्य गर्न सक्षम हुनु पर्दछ।
- बिरुवाहरू सजिलो तरिकाबाट उत्पादन गर्न सकिने हुनु पर्दछ।
- बायो - इन्जिनियरिङ प्रणालीमा सकेसम्म घाँस, बुटा तथा रुखहरू सबै नै समावेश भएको वनस्पतिका संरचना प्रयोग गर्नु पर्दछ।

बायो - इन्जिनियरिङका लागि उपयुक्त केही बिरुवाहरूको नामावली तल दिइएको छ ।

तालिका 3 बायो - इन्जिनियरिङका लागि उपयुक्त केही बिरुवाहरूको नामावली

क्र.सं.	घाँसहरू	बुटाहरू	रुखहरू
१	अम्रिसो	अरेरी	खयर
२	बाबियो	असुरो	बकेनो
३	ढोँडे	बैँस	चिलाउने
४	काँस	बयर	चाँप
५	खर	भुजेत्रो	चिउरी
६	सीठो	धत्ररु (धनेरो)	दबदबे
७	तीते निगालो बाँस	धुसुन	कटुस
८	कुश	केतुके	शिरीष
९	नरकट	केराउकोसे	खन्यू
१०	नेपियर (विकासे घाँस)	सिमली	पैयूँ
११	सालिमे खर	तिल्का	सिसौ
१२	ठुलो खरुकी	बाँस (विभिन्न जातका)	उत्तीस

घाँसहरु	अम्रिसो, बाबियो, ढोँडे, काँस, खर, सीठो, तीते निगालो बाँस, कुश, नरकट, नेपियर (विकासे घाँस), सालिमे खर, ठुलो खरुकी

बुटाहरु	अरेरी, असुरो, बैंस, बयर , भुजेत्रो, धत्रारु (धनेरो), धुसुन, केत्तुके, केराउकोसे, सिमली, तिल्का, बाँस (विभिन्न जातका)
रुखहरु	खयर , बकेनो, चिलाउने, चाँप, चिउरी, दबदबे, कटुस, शिरीष, खन्यू, पैयूँ, सिसौ, उत्तीस, साल, सल्लो

६ (१)बिरुवाहरू बीच प्रतिस्पर्धा

एकै जातका, उस्तै वा विभिन्न जातका बिरुवाहरू एक आपसमा मिलेर समूह बनाएका हुन्छन् । बिरुवाहरूलाई हुर्कन निश्चित मात्रामा तीन वटा श्रोतहरू: प्रकाश, पानी र पोषक तत्व आवश्यक हुन्छन् । सबै बिरुवाहरू आफूले सकेसम्म ती तत्वहरूको बढी उपभोग गर्न खोज्छन् । यस्तो प्रतिस्पर्धामा कमजोर बिरुवाहरू हुर्कन सक्दैनन् । त्यसैले बायो इन्जिनियरिङ कार्य गर्दा सँगै हुर्कन सक्ने जातका बिरुवाहरूलाई मात्र प्राथमिकता दिनु पर्छ । यस्ता बिरुवाका केही उदाहरण तल दिइएका छन् ।

तालिका 4 सँगै हुर्कन सक्ने जातका बिरुवाहरू

मुख्य जातहरू	प्रायः जसो सँगै हुर्किने जातहरू	सँगै हुर्किने जातहरू बाँच्ने समय	कैफियत
साल / सखुवा	साज (असना), करम (कर्मा), बाँझ (बाँझी), जामुन आदि	सधैँ	धेरै जातका बिरुवाहरू सालको जङ्गलमा हुर्किन्छन्, तर तिनीहरू थोरै मात्रामा हुन्छन्।
चिलाउने	कटुस, धुसुन, धनेरो, खर, तीतेपाती, बनमारा आदि	सधैँ	धेरै जातका बिरुवाहरू चिलाउनेको जङ्गलमा हुर्किन्छन् तर तिनीहरू थोरै मात्रामा हुन्छन्।
सल्लो (खोटे)	धनेरो, चिलाउने, कटुस, साल आदि	सल्लो ५ वर्ष सम्म पायोनियर भएर हुर्कन्छ। अरू बिरुवाहरू ५ वर्षमा हुर्किन्छन् र सधैँ बाँचिरहन्छन्।	सल्लालाई पायोनियर बिरुवा जस्तो हुर्काउन सकिन्छ। उदाहरणको लागि सिन्धुपाल्चोक जिल्लाको चौतारा।
फूल काँडा (सुत्केरी काँडा, कान्छी फुल)	खर, मुसे खरुकी, सिरु आदि	फूल काँडा ३ वर्षसम्म पुरानो हुन्छ।	अरू बिरुवाहरू पहिलो ३ वर्ष सम्म हुर्काउन सकिन्छ । धनकुटा र डोटीमा यस्ता उदाहरण भेटिन्छन्।
खयर	हल्लुँडे, बेल, खिर्रो, कदम, ढोंडे र काँस आदि	साधरणतया ४० वर्ष भन्दा माथि हुन्छ।	खयर धेरैजसो अरू बिरुवाहरूलाई नास गर्दै हुर्किन्छ। तसर्थ यसको जङ्गलमा भू-क्षय हुने गर्दछ।

६ (२)सिभिल संरचना र बिरुवाको अन्तर सम्बन्ध

अस्थिर जमिन रोकथाम गर्न हामीसँग विभिन्न विकल्प हुन सक्छन्। जस्तै :

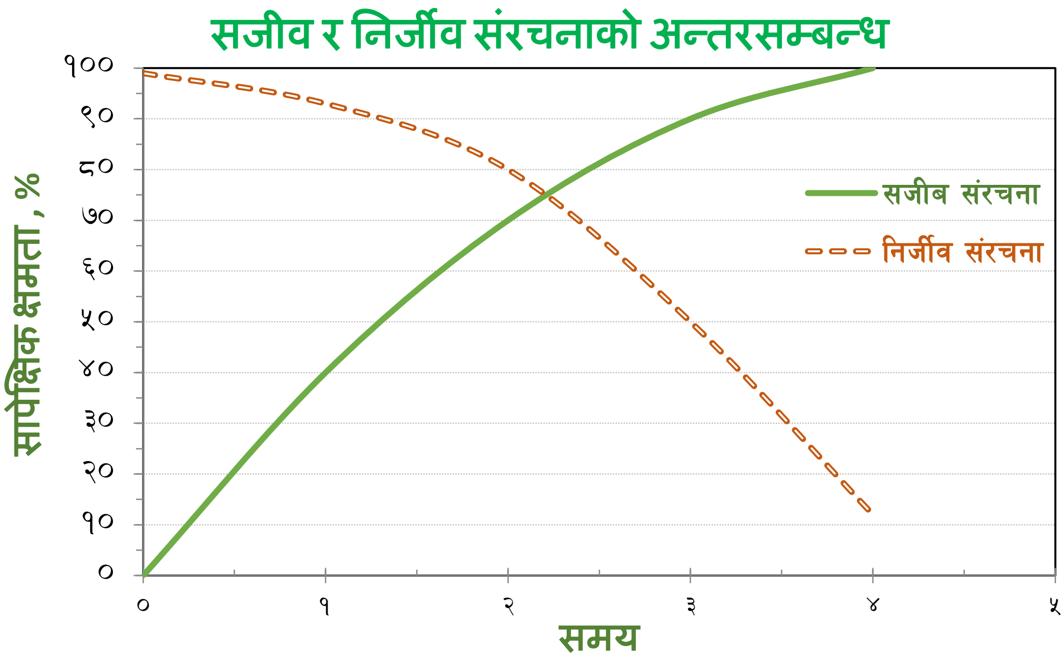
- सिभिल इन्जिनियरिङ संरचनाको मात्र प्रयोग
- वनस्पतिका संरचनाको मात्र प्रयोग
- दुवै प्रकारका संरचनाको समायोजन

अतः प्राविधिक हिसाबले, हामीले त्यस्ता सिभिल तथा वनस्पतिका संरचनाहरूको अन्तर सम्बन्ध बुझ्नुपर्ने हुन्छ।

६ (२) (१) समय क्रममा संरचनाको क्षमतामा परिवर्तन

समय सँगसँगै संरचनाहरूको सापेक्षिक क्षमतामा घटबढ हुन सक्छ । समय बित्दै जाँदा जब सिभिल इन्जिनियरिङ संरचनाको क्षमता घट्दै जान्छ तब वनस्पतिका संरचनाहरूको क्षमता बिस्तारै बढ्दै जान थाल्छ । सजीव र निर्जीव संरचनाको अन्तरसम्बन्ध तलको ग्राफमा (चित्र 33) देखाइएको छ ।

चित्र 33 सजीव र निर्जीव संरचनाको अन्तरसम्बन्ध



श्रोतः

यसरी समय बित्दै जाँदा वनस्पतिका (सजीव) संरचनाको क्षमतामा क्रमशः वृद्धि भई पूर्ण रूपले सक्षम हुन पुग्छ भने, सिभिल इन्जिनियरिङ (निर्जीव) संरचनाहरूको क्षमतामा पहिले भन्दा पछि क्रमशः ह्रास आउँछ । त्यसैले त्यस्ता संरचनाहरूको सही समायोजन जरुरी छ ।

उदाहरणका लागि, जुटको जाली र घाँस दुवै संरचनाहरू माटो अड्याउने कार्यका लागि प्रयोग गर्न सकिन्छ । सुरुमा मसिनो माटोलाई अड्याउने र बग्नबाट रोक्ने क्षमता जुटको जालीमा बढी हुन्छ र समय बित्दै जाँदा जुट कुहेर कमजोर हुँदै जान्छ । फलस्वरूप, यसको भार बहन क्षमतामा ह्रास हुँदै जान्छ । अन्त्यमा

यो जुटको जाली अत्यन्त कमजोर भई माटो अड्याउने काम गर्न सक्दैन । अर्को-तर्फ समयको दौरानमा घाँसका झ्याङहरू हुर्किन्छन् र तिनका जरा र बिरुवाहरूले माटो अड्याउने काम गर्न थाल्छन् । जब घाँसका गाँजहरू पूर्ण रूपले विकसित हुन्छन्, तिनीहरू भिरालो सतहको माटोलाई अड्याइ राख्न सक्षम हुन्छन् । जुन क्रमले जुट जालीको सापेक्षिक क्षमतामा ह्रास आउँछ, त्यही क्रममा घाँसको सापेक्षिक क्षमता क्रमै रूपमा बढ्दै जान्छ । यस हिसाबले माटो अड्याउने कार्य जुटको जालीबाट घाँसपात, बुट्यान वा रुख-बिरुवाहरूमा रूपान्तरित हुन्छ ।

६ (२) (२) विभिन्न सिभिल तथा वनस्पतिका संरचनाको समायोजन

केही सिभिल इन्जिनियरिङ तथा वनस्पतिका संरचनाको समायोजन निम्न प्रकारको हुन सक्छ ।

बाँस रोपेको पखेरामुनि फेदी पर्खा	*सिभिल संरचनाले बिरुवालाई संरक्षण गर्छ।*
फेदी पर्खालमुनि बिरुवाहरू रोपेको	*बिरुवाहरूले संरचनालाई संरक्षण गर्छन्।*
फेदी पर्खालमाथि रुखहरू रोपेको	*बिरुवाले संरचनाको प्रभावकारितालाई बढाउँछ।*
बाँसको टाटी (बार) सँगै र मुनि बिरुवाहरू	*बिरुवाले पछि गएर निर्जीव संरचनाको भूमिका पूरा गर्छ।*

वनस्पतिका तथा इन्जिनियरिङ संरचनाहरूको समरुपता

माथिका उदाहरणहरूले सिभिल इन्जिनियरिङ संरचनाको कार्यलाई बिरुवामा हस्तान्तरण गरिने प्रक्रिया बारे उल्लेख भयो । यदि यस्तो गर्नुपर्ने भएमा दुवै प्रकारका संरचनाहरूको इन्जिनियरिङ कार्य एउटै किसिमको हुनुपर्छ । जस्तैः

तालिका 5 वनस्पतिका तथा इन्जिनियरिङ संरचनाहरूको समरूपता

सिभिल संरचना (उद्देश्य)	उद्देश्य	वनस्पतिका संरचना (उद्देश्य)	उद्देश्य	अनुरूपता
जुट जाली	समाउने	तेर्सो लहरमा घाँस रोप्ने	समाउने	अनुकूल
छेकबार	समाउने	जीवित छेकबार	समाउने	अनुकूल
टेवा पर्खाल	थाम्ने	ब्रस लेयरिङ	समाउने वा थाम्ने	प्रतिकूल

६ (३)बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिको छनौट

कुनै पनि अस्थिर जमिन, खोल्सो वा पहिरो नियन्त्रणका लागि ठ्याक्कै यही प्रविधि अपनाउने भन्ने कुनै निश्चित किताबी समाधान पाउन सकिन्न । प्रत्येक समस्याको समाधानका उपायहरू आ-आफ्नै हुन सक्छन् । तै पनि सामान्य जानकारीका लागि तल दिएका सुझावहरू अपनाउन सकिन्छ । यसरी कुनै पनि प्रविधिको छनौट गर्नु पूर्व पहिरोको बारेमा विस्तृत विश्लेषण गर्नुपर्ने हुन्छ ।

कुनै पनि साइटमा निम्नानुसारका भु-क्षयका प्रक्रियाहरू हुन सक्छन् ।

- पत्रे भू-क्षय र खोल्सी बन्ने प्रक्रिया ।
- कुनै सतहमाथि ढुङ्गा-माटो चिप्लने प्रक्रिया ।
- आन्तरिक क्षमताको ह्रास भई माटोमा वक्राकार पहिरो हुने ।
- लेदो बनेर सम्मिश्रण बहन हुने ।
- ढुङ्गा-माटो वा गेग्यान तल खस्ने प्रक्रिया ।

त्यसै गरी, यस्ता पहिरो जानुमा आन्तरिक तथा बाह्य कारणहरू हुन्छन् । त्यसता कारणहरू पत्ता लगाउन आवश्यक हुन्छ । जस्तैः

- आन्तरिक कारणहरूः मूल फुटेको जमिन, कमजोर चट्टान आदि ।
- बाह्य कारणहरूः पानीले बनाएका खोल्सी, पहिरो र नदीहरू ।

कुनै पनि पहिरो नियन्त्रण गर्नु अगावै, उक्त पहिरो नियन्त्रण गर्न सकिने हो कि होइन भन्ने कुराको लेखाजोखा हुनु आवश्यक छ । यस्तो कार्यका लागि पहिरालाई सामान्यतः तल दिएका आधारमा विश्लेषण गर्न सकिन्छ ।

तालिका 6 समस्या र समाधान

समस्या	समाधान
धेरै लामो, भिरालो र माटाको ढिस्को नै तलतिर झर्ने सम्भावना छ भने	भिरालो सतहको लम्बाई घटाउन र स्थिर बनाउन फेदी पर्खाल (Retaining wall) बनाउने ।
भिरालो फेदमा कटान हुन गइरहेको छ र सम्पूर्ण क्षेत्र खतरामा परेको छ भने	फेदी पर्खाल बनाउने
माथि कडा चट्टानको ठुलो टुक्रा झुन्डिरहेको छ र त्यसको तलतिर नरम चट्टानको एक तह छ भने	टेवा पर्खाल बनाउने
कडा चट्टान र ढुङ्ग्याइन सतह भएको ठाउँमा	बिउ छरि दिने, उपयुक्त वातावरण पाएमा बीउ उम्रन्छ ।

बायो इन्जिनियरिङ प्रविधि प्रयोग गरी पहिरो नियन्त्रण गर्न त्यसको मोहडा, आकार, ढुङ्गा-माटोको किसिम र अन्य कुराहरूले असर गर्दछन् । यस क्रममा निम्न प्रश्नका आधारमा उक्त क्षेत्रको प्राविधिक विश्लेषण गर्न सकिन्छ ।

तालिका 7 प्राविधिक विश्लेषणको उदाहरण

प्रश्न	यदि छ भने
के पहिरा १५ मिटरभन्दा बढी लामो वा चौडा छ ?	त्यसो भए भू-क्षयको खतरा बढी छ । त्यसर्थ भिरालो सतहको लम्बाई घटाउनुपर्छ । बालिस्ट बनाउने ।
पहिरोमा मसिना ढुङ्गाका गेग्यान इत्यादि मिसिएका छन् कि ?	लेदो भएर बग्न (सम्मिश्रण बहन) सक्छ । तसर्थ पानी रोक्नेभन्दा पानी तर्काउने प्रविधिको प्रयोग गर्ने ।

अनुभवका आधारमा सामान्य मार्ग निर्देशनका लागि प्रयोग गर्न सकिने प्रविधिहरू तलको तालिकामा दिइएका छन् । यसमा कुनै अस्थिर जमिनको मूल्याङ्कन गर्न त्यसको भिरालोपनाको कोण, लम्बाई, मोहडा र त्यसमा भएका ढुङ्गा-माटोको चिस्यान जस्ता अवस्थालाई प्रमुख आधार मानिएको छ ।

तालिका 8 उपयुक्त प्रविधिको छनोट

भिरालोपन सुरु ↓	लम्बाई →	मोहडा →	पानी छिर्न गुण →	उपयुक्त प्रविधि →
४५ डिग्री भन्दा बढी ठाडो जमिन	१५ मिटर भन्दा बढी	उत्तर, उत्तर-पूर्व (उत्तर-पश्चिम, पूर्व)	भएको	छड्के लहर (लाइन) मा घाँस रोप्ने
		दक्षिण, दक्षिण-पश्चिम (दक्षिण-पूर्व, पश्चिम)	भएको	तेर्सो लहरमा घाँस रोप्ने
		उत्तर, उत्तर-पूर्व (उत्तर-पश्चिम, पूर्व)	नभएको	ठाडो लहरमा घाँस रोप्ने र खोल्सीहरूलाई ढुङ्गा वा अरू कुनै किसिमले छाप्ने वा बलियो पार्ने
		दक्षिण, दक्षिण-पश्चिम (दक्षिण-पूर्व, पश्चिम)	नभएको	छड्के लहरमा घाँस रोप्ने
	१५ मिटर भन्दा कम	जुनसुकै पनि	भएको	जुटको जालीले छोप्ने र घाँस रोप्ने
		उत्तर, उत्तर-पूर्व (उत्तर-पश्चिम, पूर्व)	नभएको	ठाडो वा छड्के लहरमा घाँस रोप्ने
		दक्षिण, दक्षिण-पश्चिम (दक्षिण-पूर्व, पश्चिम)	नभएको	जुट जाली र घाँस या तेर्सो लहरमा घाँस या छड्के लहरमा घाँस रोप्ने
३० देखि ४५ डिग्री -सम्म	१५ मिटर-भन्दा बढी	जुनसुकै	भएको	१) बालिस्टहरूलाई तेर्सो लहरमा राख्ने र रुख रोप्ने वा २) ठाडो लहरमा घाँस रोप्ने र खोल्सी बलियो पार्ने वा ३) घाँसको बीउ छर्ने र जुट जाली लगाउने

भिरालोपन सुरु ↓	लम्बाई →	मोहडा →	पानी छिर्ने गुण →	उपयुक्त प्रविधि →
			नभएको	माछा काँडे आकारमा बालिस्ट बनाउने र रुख रोप्ने
३० देखि ४५ डिग्रीसम्म ठाडो जमिन	१५ मिटर भन्दा कम	जुनसुकै	भएको	१) ब्रस लेयरिङ वा २) तेर्सो लहरमा घाँस रोप्ने वा ३) घाँसको बीउ छर्ने र धागो र जुट जाली राख्ने
			नभएको	१) छड्के लहरमा घाँस रोप्ने वा २) माछा काँडे आकारमा फशीन र रुख रोप्ने वा ३) माछा काँडे आकारमा रुख रोप्ने र बालिस्ट बनाउने
३० डिग्री -भन्दा कम भिरालो जमिन	कुनै पनि	कुनै पनि	भएको	१) तेर्सो लाइन घाँस र रुख रोप्ने वा २) रुख रोप्ने
			नभएको	१) छड्के लहरमा घाँस र रुख रोप्ने २) रुख रोप्ने
जुनसुकै	जुनसुकै	जुनसुकै	जुनसुकै (ढुङ्ग्याइन पनि)	बीउ छर्ने

परिच्छेद 7
पहिरोको अनुगमन

पहिरो वा भिरालो जमिन अनुगमन गर्ने विभिन्न उपाय छन्। कुनै भुभागमा पहिरो जान सक्ला वा सुक्ष्म पहिरो (कृप) गईरहेको छ वा छैन भन्ने बुझ्नका लागि त्यस भुभागमा बर्षा के-कति भइरहेको छ र जमिन-मुनिको चाल भए-नभएको निश्चित गर्न जरुरी छ।बर्षा मापन गर्न सोहि किसिमको यन्त्रको प्रयोग गरिन्छ भने जमिन भित्रको चाल अनुगमन गर्न आधुनिक उपकरणको प्रयोग गरिन्छ ।

बर्षा मापन

- वर्षा मापन यन्त्र

जमिनको चाल मापन

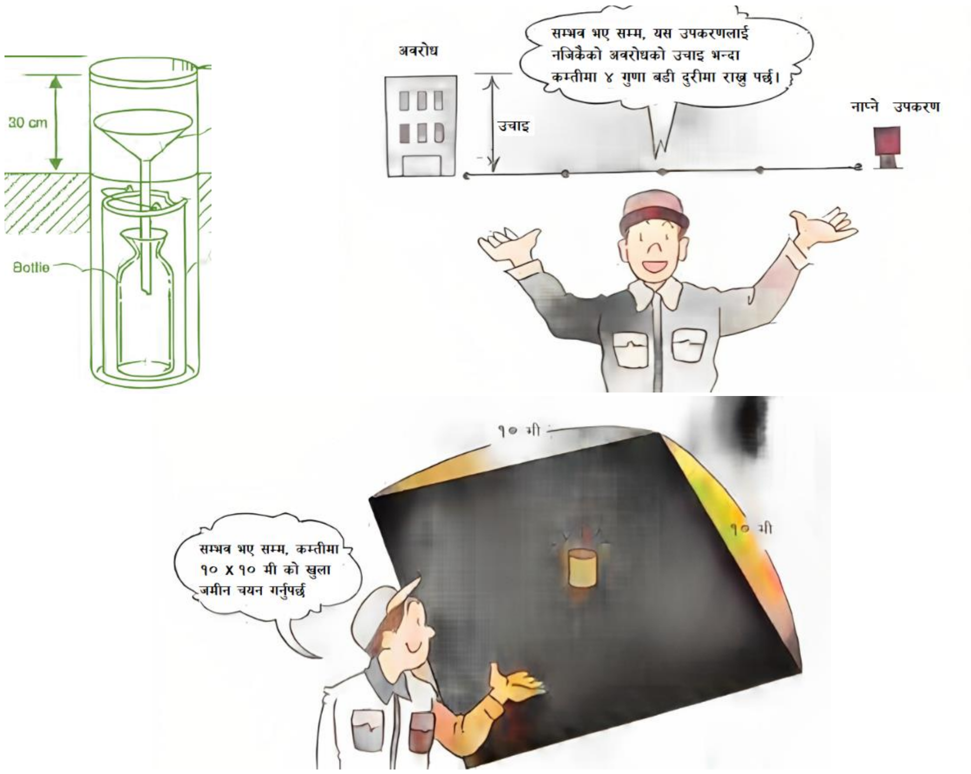
- एक्सटेन्सोमिटर
- पाइजोमिटर
- चिरो अनुगमन
- मुभिङ पेग

यस्ता यन्त्रहरुको उपयोग गरी स्वचालित सूचना आउने बनाउन पनि सकिन्छ तर यस्तो उपकरणको लागि धेरै लागत लाग्ने र समय समयमा खर्चिलो मर्मत सम्भार पनि गर्नु पर्ने हुनसक्छ। आधुनिक विधि मात्र नभई समुदायका मानिस आफैले कम लागतमा परम्परागत विधि अपनाएर पनि पहिरो वा भिरालो जमिनको अनुगमन गर्न सक्छन्। यस परिच्छेदमा पहिरो वा भिरालो जमिन अनुगमन गर्न केही परम्परागत विधि बारे जानकारी दिइएका छ।

७ (१) वर्षा मापन यन्त्र (Standard Rain Gauge)

वर्षाको पानी बेलनाकार भाँडोमा सङ्कलन गरिन्छ र वर्षाको मात्रा समयको साथ सिलिन्डरद्वारा मापन गरिन्छ। यो भाँडोलाई रुख बिरुवा, भवन नभएको हावा लाग्दा असर नहुने कम्तीमा 10 मिटर x 10 मिटर को खुला स्थानमा राखिन्छ ताकि वर्षाको पानी सिधैँ यो भाँडोमा जान सम्भव होस । सम्भव भएसम्म यो भाँडोलाई रुख बिरुवा, भवन जस्ता अवरोधको उचाइको चार-गुणा टाढाको दूरीमा राख्नु पर्दछ यो भाँडोको पानी भण्डारण क्षमता सीमित भएकोले, विशेष गरी भारी वर्षाको समयमा पानीको मापन दिनमा धेरै पटक लिइनु पर्ने हुन सक्छ । यस विधिमा पानी मापनको एकाइ मिलि मिटर (मि. मि.) हो। दैनिक वर्षा मापनको तथ्याङ्क व्यवस्थापन गर्ने तालिका अनुसूची 3 मा संलग्न गरिएको छ ।

चित्र 34 मानक वर्षा गेज (Standard Rain Gauge)



उक्त ठाउँमा परेको बर्षाको मात्राको आधारमा पहिरोको अनुगमन वा अनुमान लगाउन सकिन्छ । भारी बर्षा हुँदा जमिनले पानी धैरै मात्रामा सोस्ने र जमिन धैरै गल्ने हुन्छ । यस कारण माटोले आफ्नो भार थेग्न सक्दैन र पहिरो उत्पन्न हुने गर्दछ । पहिरो उत्पन्न हुनेकुरा जमिनले पानी सोस्छ वा सोस्दैन, पानी कति समय वा मात्रामा परेको छ जस्ता तत्वहरुले जानकारी दिन्छ । दाहाल र हसेगवा, २००८ को अध्ययन अनुसार औसत रूपमा, १२ मि.मि. प्रति घण्टाको दरले कम्तिमा १० घण्टा वर्षा भएमा पहिरो निम्तिन सक्छ। यसका साथै, दैनिक रुपमा १४४ मि.मि. बर्षा मापन भएको छ भने हिमाली ढलानहरूमा पहिरोको जोखिम रहन्छ ।यसरी सम्भावित पहिरो जान सक्ने भूभागमा बर्षा मापन गरेर समुदायमै पहिरो अनुगमन गर्न सकिन्छ ।

७ (२) एक्सटेन्सोमिटर (Extensometer)

जमिनको चाल भईरहेको छ वा छैन भन्ने बुझ्नका लागि एक्स्टेन्सोमिटरको प्रयोग गरिन्छ । एक्स्टेन्सोमिटर पहिरोको कारण उत्पन्न वा पहिरो जान लागेको चिरामा जडान गर्न सकिन्छ। एक्स्टेन्सोमिटर जडानको लागि लागि ड्रिलिंग बोरहोल आवश्यक नपर्ने हुनाले, धैरै एक्स्टेन्सोमिटर पहिरोको हलचलको निगरानी गर्न प्रयोग गर्न सकिन्छ। दैनिक एक्स्टेन्सोमिटर मापनको तथ्याङ्क व्यवस्थापन गर्ने तालिका अनुसूची 4 मा संलग्न गरिएको छ । एक्सटेन्सोमिटर जडान गर्ने स्थान छनौट निम्नअनुसार गर्न सकिन्छ:

क. पहिरोको उद्गम स्थल (Crown)

पहिरोको शिर सबैभन्दा सक्रिय भाग हो, यही भागबाट पहिरो चल्न सुरु गर्दछ । त्यसैले यस भागमा एक्स्टेन्सोमिटर जडान गर्नुपर्छ।

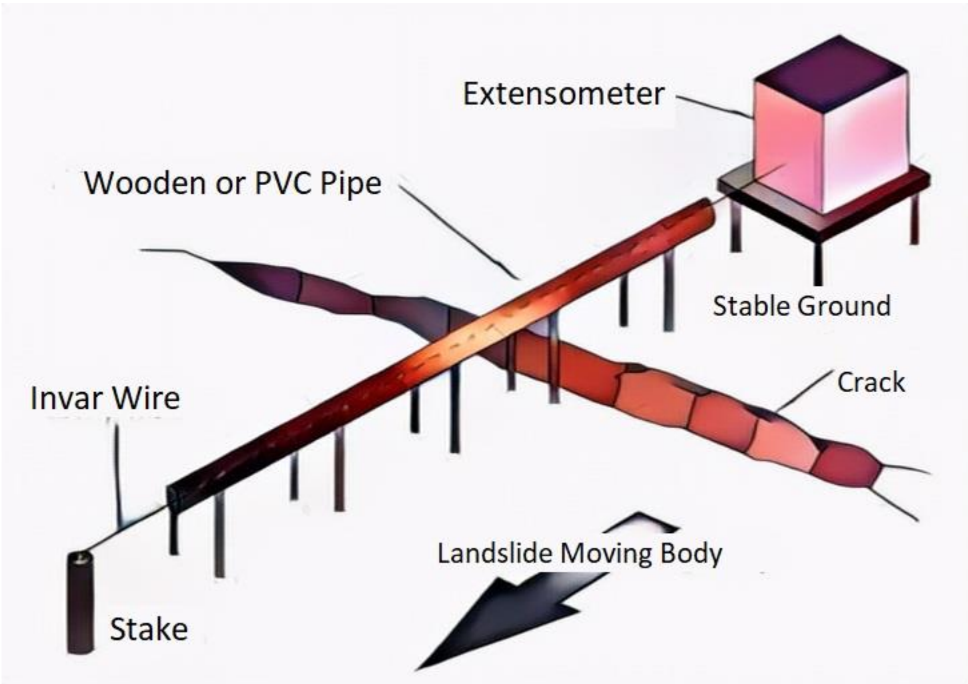
ख. पहिरोको बीचमा

पहिरोको स्थान्तरित भाग र स्थिर भागको सिमानामा पनि एक्सटेन्सोमिटर जडान गर्नुपर्छ जसले पहिरोको बीच भागमा दबाब (Compression) र तनाव (Tension) दुवै मापन गर्न मद्दत गर्दछ।

ग. निक्षेप स्थलको फेदी (Toe of Landslide deposit)

माथिबाट आएको माटोको कारण पहिरोको फेदीमा दबाब (Compression) उत्पन्न हुन्छ। तल झर्ने र फेदीमा जम्मा हुने माटोको भार पहिरोको शिरमा फुटेको माटोको पिण्ड भन्दा सानो हुन्छ। जब तनाव बल यस क्षेत्रमा उत्पन्न हुन्छ वा यसको रेकर्ड गरिन्छ, यसले भिरालो भागको तल्लो क्षेत्रहरूमा अर्को पहिरो उत्पन्न हुन सक्छ भन्ने सङ्केत गर्दछ।

चित्र 35 एक्सटेन्सोमिटर (Extensometer)



श्रोतः

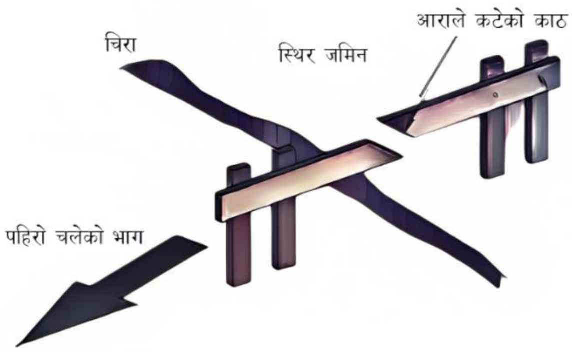
कुनै पनि त्रुटिबाट बच्नको लागि महिनामा एक पटक डाटा सङ्कलन गर्नुपर्छ। वर्षा याममा पहिरो बढी सक्रिय हुँदा महिनामा दुई पटक वा चाहिए अनुसार तथ्याङ्क सङ्कलन गर्नुपर्छ ।

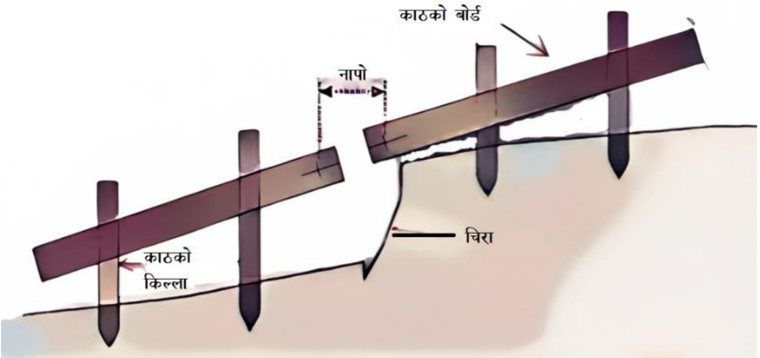
७ (३)चिरो अनुगमन (Crack Monitoring)

चिरा परेको भाग र भिरालोपन अनुगमन नियमित अन्तरालमा विशेष गरी मनसुन अघिपछि र भारी वर्षाको बेलामा गर्न आवश्यक छ। यसका लागि चिरा अनुगमन (Crack Monitoring) विधि प्रयोग गर्न सकिन्छ ।यो विधिको प्रयोग गरि स्थानीय मानिसले सजिलै चिराको अनुगमन गर्न सक्छन्। यसको विधि तल प्रस्तुत गरिएको छ।

चिराको अनुगमनका लागि चिराको सम्पूर्ण वा आंशिक भागलाई त्यहाँ उम्रेको घाँस वा वनस्पतिले छोपेको हुन सक्छ । त्यसैले चिराहरु कहाँ कहाँ लुकेर बसेका छन् पत्ता लगाउनु पर्दछ । चिराहरुको चौडाइ र लम्बाइ, साथै तिनको स्थानमा आएको परिवर्तन थाहा पाउन त्यहाँ उम्रेका वनस्पति हटाउनु पर्छ। यो विधि एक्स्टेन्सोमिटरको विकल्पको रूपमा तत्कालै चिराको अनुगमनको लागि जडान गर्न सकिन्छ । यो उपकरणको प्रयोग र निर्माण सरल छ । चित्रमा देखाए अनुसार दुई काठको बोर्डको चिन्हहरू बीचको दूरी मापन गरेर चिरो (Crack) थप विस्तार भए/नभएको मापन गर्न सकिन्छ। यद्यपि, यो उपकरण स्वचालित मापन प्रणाली होइन र नियमित अन्तरालमा स्थानीय मानिसद्वारा चिरा बिस्तार भए/नभएको मापन गर्नु पर्दछ। यो विधिबाट गरिने चिराको अनुगमन/निरीक्षणले स्थानीयलाई आपत्कालिन समयमा पहिरोको जोखिम गम्भीरता पहिचान गर्न मद्दत गर्न सक्छ । यस विधिले पहिरो तथा चिराको अनुगमन/निरीक्षण गर्न स्थानीय समुदायको क्षमता विकास गर्दछ ।साथै यस प्रकारका विधि प्रयोग गरि पहिरोको जोखिम गम्भीरता पहिचान गर्न सामुदायिक अपनत्वको भावना विकास गर्न मद्दत गर्छ। दैनिक चिराको अनुगमन मापनको तथ्याङ्क व्यवस्थापन गर्ने तालिका अनुसूची 5 मा संलग्न गरिएको छ ।

चित्र 36 चिरो अनुगमन (Crack Monitoring)



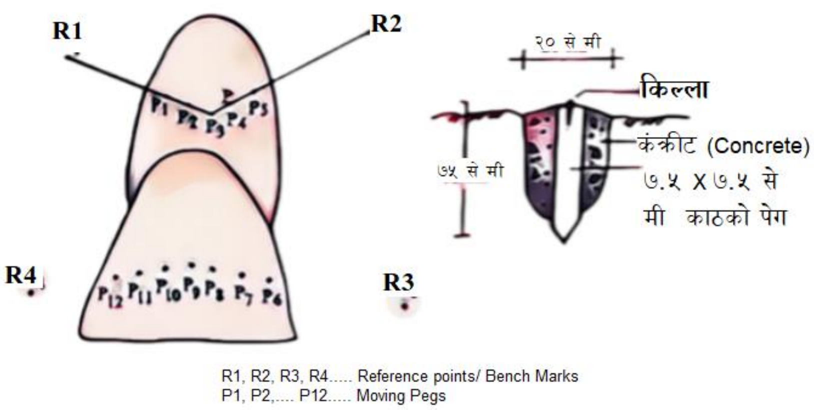


श्रोतः

७ (४) मुभिङ पेग (Moving Peg)

'मुभिङ पेग' भनेको सम्भावित चल्न सक्ने क्षेत्रमा पूर्वनिर्धारित ढाँचामा कंक्रीटमा गाडिएको मार्कर नेलसहितको काठको वर्गाकार पोष्टहरू हुन्। बाहिरी पेगहरू स्थिर जमिनमा गाडिएको हुन्छ। अरू पेगहरू पहिरोको चलना सक्ने ठाउँहरूमा गाडिएको हुन्छ। प्रत्येक पेगको प्रारम्भिक समन्वय सर्वेक्षण र गणना पेगहरू बीच दूरी र तेर्सो कोणको (distance and horizontal angle between pegs) आधारमा गरिन्छ। दैनिक मुभिङ पेग मापनको तथ्याङ्क व्यवस्थापन गर्ने तालिका अनुसूची 6 मा संलग्न गरिएको छ ।

चित्र 37 मुभिङ पेग (Moving Peg)



श्रोतः

यदि पहिरो सम्भावित क्षेत्रमा गाडिएका पेगहरु क्रमश बढ्दो दुरीमा छन् भने पहिरो जान सक्ने आँङ्कलन गरिन्छ ।

परिच्छेद 8
सान्दर्भिक पुस्तिकाहरू

Anil Gautam. (2022). *Bio-Engineering*. https://www.anilgautam.com.np/search/label/Bio%20Engineering बाट ल्याएको

International Centre for Integrated Mountain Development, ICIMOD. (मिति उल्लेख नभएको). *Chapter 5: Physical Methods for Slope Stabilization and Erosion Control.* http://lib.icimod.org/record/27709/files/Chapter%205%20Physical%20Methods.pdf बाट ल्याएको

Larimit. (2016). *Mitigation Measures*. https://www.larimit.com/mitigation_measures/ बाट ल्याएको

M. Poudel, D. Bhattaral, & B. Tiwarl. (मिति उल्लेख नभएको). Landslide Monitoring: A Case Study of the km 19 Landslide along the Kathmandu-Trishuli Road, Central Nepal. *ICIMOD*, 249-262.

NBRO & JICA DiMCEP. (2013). *The Manual for Landslide Monitoring, Analysis and Countermeasure.* Srilanka: NBRO.

Ranjan Kumar Dahal, & Shuichi Haswgawa. (2008). Representative rainfall thresholds for landslides in the Nepal Himalaya. *Geomorphology*, 429-443. doi:https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.01.014

United States Geological Survey Lynn M. Highland, & Geological Survey of Canada Peter Bobrowsky. (2008). *The Landslide Handbook— A Guide to Understanding Landslides.*

प्रा.डा. मेघ राज धिताल. (मिति उल्लेख नभएको). *ग्रामीण स्तरमा पहिराको अध्ययन र रोकथाम गर्न सहयोगी पुस्तिका.*

माउण्टेन रिक्स इन्जिनियरिङ यूनिट त्रिभुवन विश्वविद्यालय. (मिति उल्लेख नभएको). *स्थलगत बायो इन्जिनीयरिङ् तालिम पुस्तिका.*

अनुसूची 1

पहिरो जोखिम विश्लेषण (Landslide Risk Analysis)

Risk Subcategorisation
Settlement Name:
Coordinate:

Sn	Question description	Input	Remark
	Hazard (for landslide area)		
1.1	**How is the slope of Hazard land?** A) Plain (<5˚) B) Gentle (5˚ - 30˚) C) Moderate (30˚ - 40˚) D) Steep (>40˚)		
1.2	**Depth of failure (OR If not applicable, debris flow severity)** A) up to 500 mm B) 500 -1500 mm / Or Some Rock and debris flowing area C) more than 1500 mm / Or Excessive Rock and debris flowing area		
1.3	**Bed rock weathering grade** A) Fresh B) Slightly weathered C) Moderately weathered D) Highly weathered E) Completely weathered F) No Bedrock visible at vicinity of landslide area		
1.4	**Geological Condition** A) Alluvium/ Colluvium/ Fill debris consolidated B) Alluvium/ Colluvium/ Fill debris unconsolidated C) Rock Fall/ Rock Flow Visible		
1.5	**Land use pattern** A) Grazing/Grass land B) Community/Private forest C) Dry cultivation D) Wet cultivation E) Barren land F) Settlement/Settlement area		
1.6	**Drainage Problem in the Area** A) None (The runoff quickly drains out of the site/ no significant signs of erosion / there are fully functioning drainage structures.) B) Low (Some evidence of shallow surficial erosion/ partially functioning existing drainage structures.) C) Medium (formation of deep gullies/ Presence of non-functioning or non-existent drainage structures.) D) Severe (The runoff accumulates at low-lying areas/ severe seepage issues and no drainage structures. Characterized by the presence of deep gully erosion and percolation of water through tension cracks leading to subsurface erosion.)		

1.7	**History of slide** A) Not moved within last 5 years B) Moved this year for the first time C) Moved within the last 5 years but not this year D) Moves every year by initial mechanism - diminishing E) Moves every year by initial mechanism – constantly and getting worse		
1.8	**Life progression of slide** A) Stable slope formed or will stabilize naturally B) Further movement expected, by less serious mechanism (post-slide adjustment) C) Repeated movement expected by initial mechanism or another equally serious		

	Exposure and its Vulnerability		
	Infrastructural Vulnerability		
2.1	**What is the condition of buildings?** A) RCC building complying NBC B) Mud mortar stone or brick house complying NBC C) Mud mortar stone or brick houses D) Wooden or CGI sheet houses (temporary house)		
2.2	**How is the protection work against landslide?** A) Full protection B) Partial protection C) Minor protection works D) None		
2.3	**How is Road access to the settlement?** A) All season road access with gravel/blacktop B) Seasonal Road access (mostly only accessible during dry seasons) C) Nonfunctioning road / Total blockage to settlements if the landslide occurs D) Foot trails only		
	Economic Vulnerability		
2.4	**Are people dependent on livestock at the area?** A) Not dependent (People do not have livestock for living) B) Partially Dependent (Some houses have some livestock) C) Dependent (Most of the houses have livestock) D) Strongly Dependent (Almost all people make their living with livestock farming and has no other occupation)		
2.5	**Are people dependent on Agricultural land at the area?** A) Not dependent (People do not have any agricultural lands for living) B) Partially Dependent (Some houses have small agricultural fields) C) Dependent (Most of the houses have agricultural fields and make living with agriculture) D) Strongly Dependent (Almost all people fully depend on agriculture for living and has no other occupation)		

	Social Vulnerability		
2.6	**How many houses are the exposed or are in affected area?** (Do not take whole settlement unless everyone is within exposed area. Houses taken in consideration should be directly affected from landslide)		
2.7	**How many people are in exposed area?** (Do not take whole settlement unless everyone is within exposed area. Houses taken in consideration should be directly affected from landslide)		
2.8	**How many people with disability?**		
2.9	**How many people with chronic illness in exposed area?**		
2.10	**How many single women (Ekal mahila)?**		
2.11	**How many old (>60 age) people in exposed area?**		
2.12	**How many children (<18 age) in exposed area?**		
2.13	**How many socially backward households?**		
2.14	**How many financially deprived households?**		
2.15	**How many institutional facility buildings (School, Hospital, banks, etc.) are in the exposed area?**		

Hazard Level (0 to 5)	0.00	Very Low Hazard Level
Exposure and its Vulnerability (0 to 5)	0.00	Very Low Vulnerability Level

Risk Value	0.00	CAT II-A

Low	0-4
Moderate	4-12
High	12-25

अनुसूची 2

पहिरो प्रकोप विश्लेषण (Landslide Hazard Analysis)

Remarks from Field Observation for Hazard mitigation	
Settlement Name:	Coordinate:

Report of Hazard Situation	
Slope and its stability	
Degree	
Weathering	
Remarks	
Soil type	
Soil type	
Remark	
Depth of failure (Rock fall or flow in case of rockslides)	
Depth or Rock fall/flow	
Remark	
Landuse pattern	
Land use	
Remark	
Drainage issues	
Drainage	
Remark	

Report of Vulnerability Situation
Infrastructural Vulnerability

Building Condition	
Protection works	
Road Access	
Remark	
Economic Vulnerability	
Dependancy on Livestock	
Dependancy on Agriculture	
Remark	
Social Vulnerability	
Population and house data	
Vulnerable groups	
Remark	

Note: This landslide is categorised as Very Low hazard level as per the hazard categorization and Very Low vulnerability level as per vulnerability categorization. The subcategorisation based on risk after taking settlement into account is CAT II-A.

Possible measures (Engineering and Bio-engineering)		
Civil Engineering Measures	Yes/No	Remarks
Wall structures		
Check dams		
Netting		
Surface Drainage		
Sub surface Drainage		
Crack Sealing		
Other remarks		
Bioengineering measures	Yes/No	Remarks
Grass plantation		

Tree Plantation		
Live check dams		
Brush layering/Palisade		
Bamboo Plantation		
Other remarks		

अनुसूची 3

दैनिक वर्षा मापन (Standard Rain Gauge) तालिका

गाउँ/नगरपालिका: वडा नं: समुदाय/टोलको नाम:

मिति	समय	वर्षा (मि. मि.)

अनुसूची 4

दैनिक एक्सटेन्सोमिटर (Extensometer) मापन तालिका

गाउँ/नगरपालिका: वडा नं: समुदाय/टोलको नाम:

मिति	समय	एक्सटेन्सोमिटर मापन

अनुसूची 5

दैनिक चिरो अनुगमन (Crack Monitoring) मापन तालिका

गाउँ/नगरपालिका: वडा नं: समुदाय/टोलको नाम:

मिति	समय	दुई बोर्ड बीचको दूरी

अनुसूची 6

मुभिङ पेग (Moving Peg) मापन तालिका

गाउँ/नगरपालिका: वडा नं: समुदाय/टोलको नाम:

स्थिर जमिनको पेग (R):

मिति	समय	अस्थिर जमिनको पेग (P)	R र P बीचको दूरी

नोट : यस मापन तालिका प्रत्येक स्थिर पेगको (R) लागि छुट्टा छुट्टै तालिका बनाउनु पर्छ ।

अनुसूची 7 पहिरो अध्ययन विधि

पहिरो अध्ययन विधिका चरन	कार्य
चरन १	
स्थान : **स्थानको विवरण :** (बाटो माथि, बाटो तल, पहिरोको बीचबाट बाटो गएको, बाटो बाट .... दूरीमा रहेको, आदि)	अवलोकन र टिपोट गर्ने
चरन २	
पहिरोको प्रकार पहिचान गर्ने : (Translational, Rotational, Fall, Topple, Creep, Flow) **क्षयीकरणको प्रकार:** (Sheet, Rill, Gully)	वर्णन गर्ने
चरन ३	
पहिरो जानुको सुरुको कारण अध्ययन गर्नुहोस् : (सतही पानी, जमिन मुनिको पानी, फेदी कटान, क्षयीकरण, अत्याधिक भार, आदि)	वर्णन गर्ने
चरन ४	
पहिरोको गहिराइ टिपोट गर्नुहोस्	वर्णन गर्ने
चरन ५	
पहिरोको नक्सा (Plan and Profile) बनाउनुहोस्	चित्र बनाउने र टिपोट गर्ने
चरन ६	
पहिरोको नाप लिनुहोस् : • लम्बाइ • चौडाइ • भिरालोको कोण (slope angle) • पहिरोको मोहडा (aspect) • उचाइ (altitude)	नाप लिने र टिपोट गर्ने
चरन ७	
पहिरोको माटो र ढुङ्गा बारे अध्ययन गर्ने : • Alluvium, colluvium or residual • Consolidated or Unconsolidated • Rock (hard or soft rock) • Alternating hard and soft rock	वर्णन गर्ने
चरन ८	
चट्टानको अध्ययन : • **चट्टानको मोहडा (orientation)**	नाप लिने र वर्णन गर्ने

क्षयीकरणको स्थिति (Weathering grade) : - ताजा चट्टान - मन्द क्षय भएको - अलिकति क्षय भएको - मध्यम रूपमा क्षय भएको - अत्याधिक क्षय भएको - पुरै क्षय भएको **चट्टान टुक्रिएको स्थिति (Degree of fracture) :** - ताजा - टुक्रिएको - पुरै टुक्रिएको)	
चरन ९	
पहिरोलाई भिरालोपन र क्षयीकरणको स्थिति अनुसार विभाजन गर्नुहोस्	चित्र बनाउने र वर्णन गर्ने
चरन १०	
पहिरोको विभाजन भएका प्रत्येक भागको पहिरो जानुको कारण र प्रक्रिया अध्ययन गर्नुहोस्	वर्णन गर्ने
चरन ११	
प्रत्येक भागको पानीको निकासीको अवस्था र आर्द्रता (material drainage and moisture content) **पानीको निकासीको अवस्था (material drainage) :** राम्रो निकासी भएको (well drain), निकासी नभएको (poor drain) **आर्द्रता (Moisture content) :** सुक्खा, भिजेको, पानीको मूल भएको, पानी रसाएको, सक्रिय रूपमा पानी रसाएको, बर्खायामले माटो पुरै भिजेको	वर्णन गर्ने
चरन १२	
पहिरोको इतिहास - गत ५ वर्षमा नचलेको - गत ५ वर्षमा चलेको तर यो वर्ष नचलेको - यो वर्ष पहिलो पटक चलेको - हरेक वर्ष सुरुको कारणले चलेको – चलने क्रम घट्दै गएको अवस्था - हरेक वर्ष सुरुको कारणले चलेको – चलने क्रम बढ्दै गएको अवस्था	वर्णन गर्ने
चरन १३	
पहिरोको जीवन प्रगति:	वर्णन गर्ने

• स्थिर भिरालोपन बनेको वा प्राकृतिक रूपले स्थिर हुने क्रममा रहेको • कम गम्भीर प्रक्रियाले पहिरो चल्ने सम्भावना रहेको (स्थिर हुने क्रममा रहेको) • पहिरोको सुरुको कारण वा उतिकै गम्भीर कारणले पहिरो दोहोरिने सम्भावना रहेको	
चरन १४	
पहिरो नियन्त्रणको लागि आवश्यक इन्जिनियरिङ कार्यको अध्ययन गर्नुहोस् : • समाउने (Catch) • कबज (Armour) • जेलिने (Reinforce) • अड्काउने (Anchor) • सहारा (Support) • पानीको निकास (Drain)	वर्णन गर्ने
चरन १५	
पहिरोको स्थान वा सो क्षेत्रमा वार्षिक वर्षा	टिपोट गर्ने
चरन १६	
भू-उपयोग ढाँचा (Land use Pattern)	वर्णन गर्ने
चरन १७	
कुनै पूर्वाधार भए सो बारे अध्ययन गर्ने	चित्र बनाउने र वर्णन गर्ने
चरन १८	
वरिपरिको वनस्पति अध्ययन : • रुख • बुट्यान • घाँस • बाँस	नाप लिने र वर्णन गर्ने

प्रतिबद्ध