



Government of Nepal



प्राविधिक दस्तावेज १ (Technical Note 1)

कच्ची सडक डिजाईन (Earthen Road Design)

अन्तिम मस्यौदा (Final)

मार्च २०२१ (March 2021)

TABLE OF CONTENTS

Document Control..... iii

१. परिचय (Introduction) १

२. डिजाईनको साधारण सिद्धान्त (General Design Philosophy) १

 २.१ सडक करिडोर (Corridor) को छनौट १

 २.२ सडक चढाई/भराई/उच्चारचढाव (Road Gradient) २

 २.३ क्रस/काटिएको खण्ड (Cross Section) ३

 २.४ खनिएको माटो व्यवस्थापन (Soil Management) ३

 २.५ सडकका अवयवहरु (Roadway Features) ३

 २.६ घुम्ती मोडहरु (Hairpin Bends) ४

 २.७ खाली छोडिने स्थान (Clearance) ५

 २.८ सडक सुरक्षा (Road Safety) ५

३. डिजाईन मापदण्ड (Design Standards) ५

 ३.१ ठाडो चढाई/भराई (Vertical Alignment) ५

 ३.१.१ चढाई/भराई ढाल (Gradient) ५

 ३.१.२ चढाई (gradient) को गणना/निर्धारण ७

 ३.१.३ ठाडोमार्ग डिजाईनको सिमितता (Design Limits of Vertical Alignment) ८

 ३.२ तेर्सो ज्यामितिय आकार (Horizontal Geometry) ८

 ३.२.१ वारपार खण्ड (खन्ने/पुर्ने) (Cross Section) ८

 ३.२.२ खनिएको माटो व्यवस्थापन (Spoil Management) ११

 ३.२.३ सडक क्रस सेक्सनका अवयवहरु/भागहरु (Features of Road Cross Section) १२

 ३.२.४ सडक चौडाई (Road Width) १२

 ३.२.५ तेर्सो घुमाउरोपना/मोडहरु (Horizontal Curves) १३

 ३.२.६ पुरै घुमाउरा मोडहरु (Hairpin Bend) १३

 ३.२.७ खाली ठाउँ (Clearance) १५

 ३.३ सडक सुरक्षा (Road Safety) १६

अनुसूची

अनुसूची १: सडकमार्गको उकालो ओराले रेखांकन (Vertical Alignment) का लागि Abney Level को प्रयोग तरिका १७

अनुसूची २: छेउको भिरालोपना (Side Slope) १९

अनुसूची ३: माटोको वर्गिकरण (Soil Classification) २१

तालिका

तालिका १: ठाडोमार्ग डिजाईनका लागि मापदण्ड ८
 तालिका २: स्टाण्डर्ड सडक ज्यामितिय परिधि (Parameters) १२
 तालिका ३: पुरा घुमाउरो मोडहरूका लागि डिजाईन मापदण्ड (Design standards for hairpin bends) १४
 तालिका ४: माटो वर्गिकरणका आधारमा छेउको भिरालोपना (श्रोत: Mountain Risk Engineering Handbook) १९
 तालिका ५: चट्टानी कडापनाको क्षेत्र वर्गिकरण (field classification या rock hardness) २१

चित्र

चित्र १: ठाडो उकालो खण्डमा सडक चढाई २
 चित्र २: विभिन्न cross section सहितको सडक ३
 चित्र ३: पहाडी सडकको नमुना Cross Section ४
 चित्र ४: भित्तातर्फ कटाई (cut slope) सहित पहाडी सडकको अवयवहरू/अवस्था ४
 चित्र ५: घुम्ती मोड रहने/हुने स्थान ४
 चित्र ६: नियन्त्रित चढाई देखाउने रेखाचित्र (७% gradient) ६
 चित्र ७: नाप्ने फिता (measuring tape) प्रयोग गरि चढाई gradient निर्धारण गर्ने ६
 चित्र ८: सिमित चढाई १०% (limiting gradient 10%) र न्युनतम पुनर्जागृत दुरी (recovery length) देखाईएको रेखाचित्र ७
 चित्र ९: नाप्ने फिता (measuring tape) प्रयोग गरि gradient निर्धारण ७
 चित्र १०: असमान्य चढाई (१२%) र न्युनतम पुनर्जागृत दुरी recovery length देखाईएको रेखाचित्र ७
 चित्र ११: ७% चढाईको उदाहरण ८
 चित्र १२: सन्तुलित खन्ने तथा पुर्ने कार्य ९
 चित्र १३: जमिनको पुर्ने भाग खन्ने कार्य ९
 चित्र १४: जमिनको पुर्ने भाग खनी भिरालो जमिन स्थिर गरिएको (Full bench cutting with benched side slope) ... १०
 चित्र १५: छेउको नाला सहितको लामो/पुर्ने कटाई (Through cut with side drain)
 चित्र १६: पहाडी सडकको नमुना cross section (श्रोत: नेपाल ग्रामीण सडक मापदण्ड दोश्रो संसोधन २०७१; Nepal Rural Road Standard 2nd edition) १२
 चित्र १७: नराम्रो प्रयोग/अभ्यास १३
 चित्र १८: राम्रो प्रयोग/अभ्यास १३
 चित्र १९: ४.५ मि चौडा सडकको लागि नमुना hairpin bend को चित्रण १४
 चित्र २०: Hairpin bend को विस्तृत चित्रण १५
 चित्र २१: सडकछेउ अवस्थित घरहरू तथा shoulder किनार विचको खालीक्षेत्र (lateral clearance) १५
 चित्र २२: सडक सतहको माथिल्लो भाग र सडकमाथि बाहिर निस्किएको/भुण्डीएको चट्टानको तल्लो भाग विचको खालीस्थान (vertical clearance) १६
 चित्र २३: एब्नी लेभल (Abney Level) १७
 चित्र २४: Abney level को प्रयोगद्वारा सडक मार्ग (alignment) निर्धारण १८
 चित्र २५: Abney level वाट हेरिने दृश्य १८
 चित्र २६: भिरालोपना कटाई cut slopes को विभिन्न स्वरुप देखाईएको चित्र २०

DOCUMENT CONTROL

| Document revisions and authorisation | Details | Signature and Date |
|--------------------------------------|---|--------------------|
| Version | Final | 2021.03.17 |
| Summary of revisions made | Incorporating comments from DoLI received on 2020.01.20 | |
| Revisions prepared by | Ayasta Pokharel | |
| Revisions checked by | Ram Prasad Thapaliya | |
| Version authorised by | Kirsteen Merrilees | |

द्रष्टव्यः

- १) यो नेपाली संस्करण अंग्रेजी मुल दस्तावेजवाट अनुवाद गरिएको हो । यदि यो दस्तावेजको भावार्थ/शब्दहरु बाकिन गएमा अंग्रेजी दस्तावेजलाई मान्यता दिने ।
- २) यस नेपाली अनुदित संस्करणलाई RAP3 MHLR का श्री लक्ष्मण भक्त दहि श्रेष्ठ र श्री डिल्ली प्रकाश सिटौलाले समीक्षा तथा पुनरावलोकन गर्नु भएको ।

१. परिचय (Introduction)

यस दस्तावेजले नेपाल ग्रामीण सडक मापदण्ड (दोस्रो संसोधन वि.स. २०७१) लाई इंगित गर्दछ जसलाई ग्रामीण सडकको डिजाईन तथा निर्माण गर्दा अनिवार्यरूपमा अनुशरण गरिनुपर्छ। यो दस्तावेजका विस्तृत प्राविधिक विवरणहरूलाई स्थानीय तह/सरकारका कर्मचारीहरू (जोसंग सिमित प्राविधिक अनुभव छ) को प्रयोगका लागि सरलीकृतरूपमा प्रस्तुत गरिएको छ।

सडक डिजाईनका मापदण्डहरू सडकको वर्गीकरणद्वारा निर्देशित हुन्छन्। पहिलाको सडकलाई रणनीतिक सडक (राजमार्ग तथा सहायक राजमार्ग), जिल्ला सडक र गाउँ सडकमा वर्गीकरण गरिएको थियो। संघीयताको कार्यान्वयनसंगै हाल राजमार्ग, जिल्लासडक र गाउँ सडकहरूलाई प्रादेशिक तथा स्थानीय सडकसमेत गरेर सात वर्गमा विभाजन/वर्गीकृत गरिएको छ। यस दस्तावेजको आधिकारीकता एवं अनुमोदनभएपछि नगर सडक संजाल (Municipal Road Core Network; MRCN) को व्यवस्थापन स्थानीय तहहरूबाट र प्रादेशिक सडक संजाल (Provincial Road Network; PRN) को व्यवस्थापन प्रदेश सरकार भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय एवं मन्त्रालय अन्तर्गतका पूर्वाधार विकास निर्देशनालय/कार्यालयहरूबाट हुनेछ। यस दस्तावेजमा उल्लेख गरिएको डिजाईन मापदण्डले कच्ची सडक डिजाईनका मुख्य विशेषताहरू, डिजाईनको सामान्य सिद्धान्तहरू र ठाडो तथा तेर्सो रेखांकनका विस्तृत विवरणहरूलाई समेटेछ।

२. डिजाईनको सामान्य सिद्धान्त (General Design Philosophy)

२.१ सडक करिडोर (Corridor) को छनौट

सडक मार्ग/करिडोरको छनौट प्राविधिक तथा आर्थिक कुराहरूबाट निर्देशित हुन्छ। मार्ग छनौटका विकल्पहरूमा मनन गर्दा भुगोल, ज्यामितिय मापदण्ड, डिजाईन आयु, सामाजिक-आर्थिक तथा वातावरणीय प्रभाव, सुरक्षा र लागत अनुमान जस्ता विषयहरूलाई ख्याल गरिन्छ। जसले गर्दा एउटा सडक डाँडै डाँडा, समथर भाग लगायत विभिन्न भू-भागहरू भएर अघि बढ्छ।

डाँडै डाँडामाथि भएर जाने सडकले सामान्यतया प्राकृतिकरूपमै बनिवनाउ स्थिर मार्गलाई अनुशरण गर्दै वातावरण तथा वस्तीहरूलाई फाईदा पुऱ्याईरहेको हुन्छ। तथापी त्यस्ता सडकहरूमा आकस्मिक उकालो ओरालो (Gradient) मा उतार चढाव देखिन्छ, जसलाई आदर्श वनौट चाहिँ मानिदैन।

समथर स्थलमा अवस्थित सडक मार्गहरूमा डाँडा चढने/भर्ने क्रम कम हुने हुनाले सामान्यतया वाटो छोटो र सहज हुने भएकोले सवारीसाधन संचालन लागत समेत घटाउंछ। तथापी यस्ता सडकहरू नदी एवं खोला खोल्सीहरू पार गर्नुपर्ने हुँदा पुल/पुलसाहरू/पानी कटाउने संरचनाहरू निर्माण गर्नुपर्ने हुन्छ, जसले गर्दा समगम्य लागत भार बढाउंछ। त्यस्ता सडकहरू वाढी तथा कटानको दृष्टिकोणले सवेदनशिल हुन्छन साथै शहर वजारभन्दा टाढा रहने सम्भावना पनि हुन्छ।

उपत्यका/तटीय क्षेत्रमा अवस्थित सडकमार्गहरूले सामान्यतया विभिन्न प्रकारका भू-वनावटहरूलाई पार गर्दछन्। यहाँ सडक रेखांकनका लागि अधिक विकल्पको सम्भावना रहन्छ, जसले गर्दा अप्ठ्यारो तथा अस्थिर भू-भागलाई छल्ल सकिन्छ। जहाँ छनौटको विकल्प हुन्छ, त्यहा रेखांकन पारिलो क्षेत्र भएर लान सकिन्छ (जहाँ सतह सुख्खा रहने र क्षयीकरणको प्रभाव कम हुन्छ)। साथै त्यहाँ चट्टानको तह डाँडाभित्र तिर पसेको हुन्छ। रेखांकन छनौटको विकल्पले गर्दा उपत्यका/तटीय क्षेत्र भएर जाने सडकहरू छनौट प्राथमिकतामा पर्दछन।

सडक मार्गको छनौट प्रशासनिक, आर्थिक तथा रणनीतिक महत्वका विषयहरूबाट समेत निर्देशित हुन्छ, जसलाई **अपरिहार्य विन्दु/स्थल (obligatory points)** पनि भनिन्छ, किनभने रेखांकनले उक्त स्थानहरूलाई समेटनुपर्ने हुन्छ। सडक मार्ग छनौट गर्दा अस्थिर पहाडी क्षेत्र, पानी जम्ने वा दलदल क्षेत्र जहाँ पानीको व्यवस्थापन गर्न समस्या छ भने ती ठाउँ छलेर गर्नुपर्छ। यस्ता अवस्थाले सडकमा बढी क्षयीकरण हुने गर्दछ।

२.२ सडक चढाई/भर्राई/उचारचढाव (Road Gradient)

चित्र १ मा देखाईएअनुसार सडकको भिरालोपना कत्तिको रहेको छ भन्ने कुराको मापन नै चढाई/भर्राई (gradient) हो । मार्गको छनौटको अलावा चढाइलाई ठिकसंग कायम गर्नु महत्वपूर्ण पक्ष हो किनकि यो सडक एवं सडकमा गुड्ने सवारी साधनको कार्य सम्पादनसंग सम्बन्धित हुन्छ ।



चित्र १: ठाडो उकालो खण्डमा सडक चढाई

सडकको चढाई/भर्राई (gradient) कायम गर्दा ३ वटा कुराहरुमा ध्यान दिनैपर्ने हुन्छ

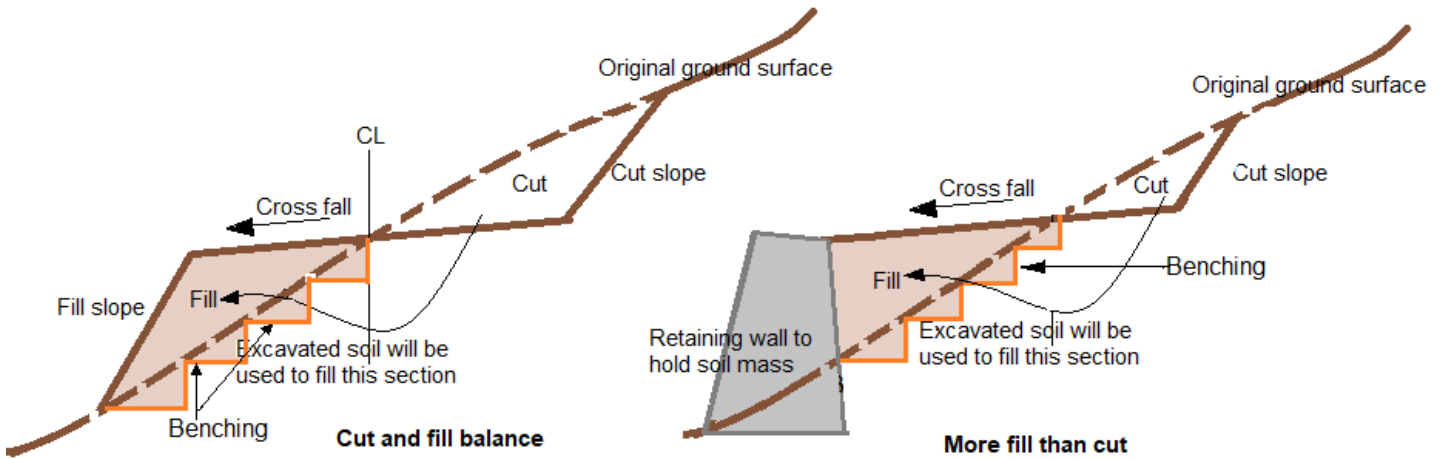
पानीको व्यवस्थापन: पानी अक्सर सडकसतहवाट वग्ने गर्छ, जसले गर्दा सडक कटान, खाल्डाखुल्डीहरु ruts, rills and potholes वनेर विस्तार हुँदै अन्तत सडक सतहलाई क्षयीकरण गरिरहेको हुन्छ । सडकको अधिक चढाई/भर्राई (Gradient) ले पानी बहावको गतिलाई बढाउँछ, जसले सडक कटान र क्षयीकरण समेत बढ्छ । सडकमा वगेको पानीले बगाएको माटो ठाउँठाउँमा थुप्रिन गई पानीको स्वभाविक बहावलाई अवरुद्ध गर्ने गर्दछ, साथै पानी जम्न थाल्दछ । सडकको न्युन Gradient ले सतहमा लामो समयसम्म पानी जम्ने, सतह कमलो वनाउने र जसले गर्दा भार वहन क्षमता घटाउने हुन्छ । तल खण्ड १२ (क).१ मा देखाईएको तोकिएको Gradient मापदण्ड कायम गरेर सडक सतह कटान क्षयीकरण तथा कमजोर पार्ने दुवै कार्यलाई घटाउन सकिन्छ । सडक सतह वा सतहमुनी हुने पानीको बहावलाई व्यवस्थित वा नियन्त्रण गरी पानी व्यवस्थापन गर्न सकिन्छ, (विस्तृत विवरण प्राविधिक दस्तावेज तेस्रो भागको : सडक संरचनाहरु शिर्षक साभार गर्नुहोस्) ।

सवारी साधन: सवारी साधन संचालन लागत सडकको gradient द्वारा प्रभावित हुन्छ । बढी gradient ले सवारीसाधनलाई उकालो चढ्नका लागि बढी बल प्रयोग गर्नुपर्ने अवस्था सृजना गर्दछ, जसले ईन्जिनमा बढी चाप पर्दछ । यसले सवारी साधनको मर्मतसम्भार तथा ईन्धन खपत समेत बृद्धि भै संचालन लागत बढ्दछ । जति धेरै चाप उति धेरै ईन्जिन खिइने र वेला वेलामा सर्भिसिड गर्नुपर्ने हुन्छ । त्यसैगरी ओरालोतर्फ लाग्दा ब्रेकमा बढी चाप पर्दछ र ब्रेकको बढि प्रयोगले सडक सतह क्रमशः खिईदै जान्छ । Gradient ले सवारी सुरक्षामा समेत असर गर्दछ, बढी ओरालोमा गाडीको नियन्त्रण गुमेर दुर्घटना हुन सक्छ भने उकालोमा सवारीसाधनका विभिन्न उपकरणमा बढि भार पर्न गई क्षति हुने सम्भावना रहन्छ । त्यसैले कम gradient कायम गर्नु सवारीसाधनका लागि अनुकूल हुन्छ ।

मर्मतसम्भार: बढी gradient भएका र समतल भूभागमा सडक क्षति बढ्दछ । जसले गर्दा सडक मर्मतसम्भार लागत बढ्छ भने सडकको आयु पनि घट्दछ । त्यसैले सडकमा तोकिएको उच्चतम तथा न्युनतम gradient भित्र कायम गरिनुपर्छ ।

२.३ क्रस/काटिएको खण्ड (Cross Section)

विद्यमान जमिनको तहलाई खनेर, पुरेर/भरेर तथा भरिएको माटोलाई खिंदिलो बनाई लेभलमा मिलाएर सडक निर्माण गरिन्छ (हेर्नुहोस् चित्र २)। यद्यपि माटो भने कार्यमा भरिएको सामग्रीलाई थेग्ने संरचना जस्तै गेवियनजाली पर्खाल अथवा सुख्खा पर्खालको आवश्यकता पर्दछ जसले गर्दा निर्माण लागत सामान्यतया महंगो हुनजान्छ। त्यसैले सडक निर्माणको Ideal अवस्थाका लागि सडक cross section भित्रै वा सडकको नजिकै खन्ने तथा भने कार्यको सन्तुलन कायम गरिनु पर्दछ। यस्तो छनौट सडकको स्थिरता, रेखांकनको ज्यामितिय अवयव तथा बजेटद्वारा निर्देशित हुन्छ किनकि पुर्ने भने कार्यमा भरिएको सामग्री थेग्ने संरचनाहरूको आवश्यकता पर्छ जुन खन्ने कार्य भन्दा धेरै महङ्गो हुन्छ।



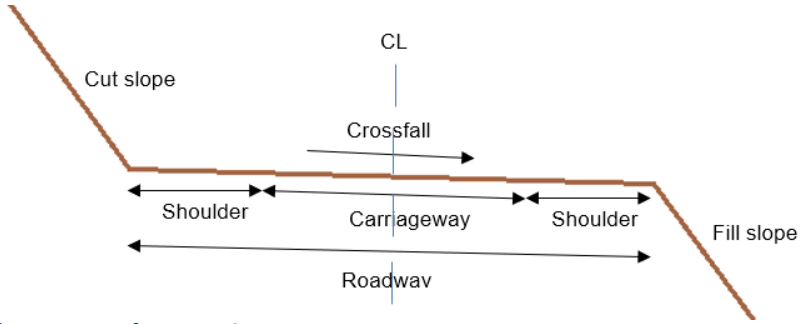
चित्र २: विभिन्न cross section सहितको सडक

२.४ खनिएको माटो व्यवस्थापन (Spoil Management)

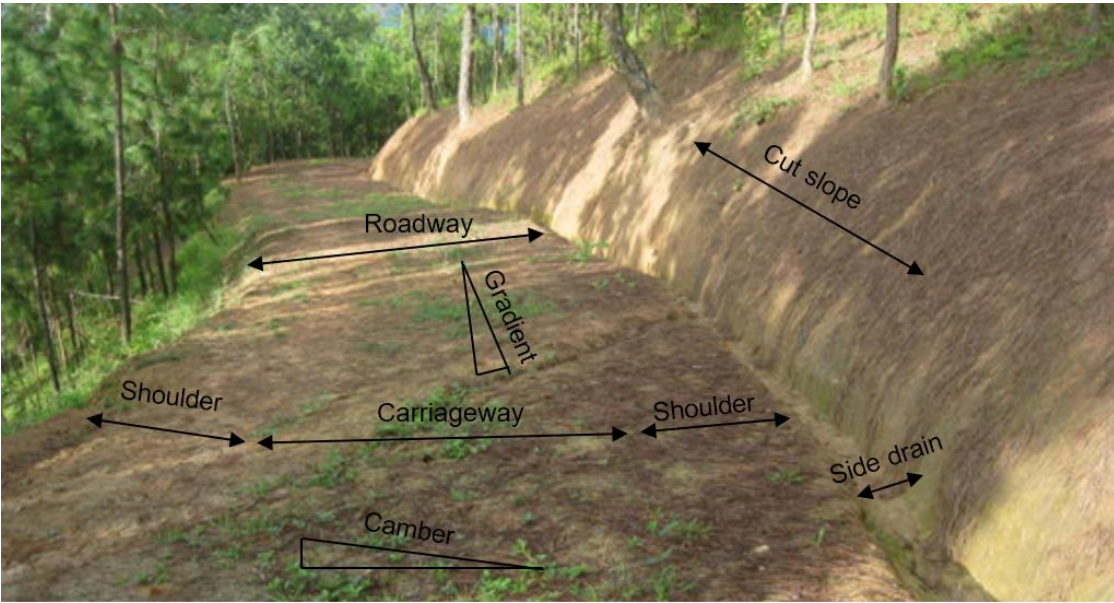
ग्रामीण सडक निर्माण सन्दर्भमा खनिएको बढी भएका माटोलाई सडक निर्माणका वखत कसरी उचित ढङ्गले व्यवस्थापन गर्ने भन्ने कुरा शुरु चरणमै विचार पुर्याउनु पर्दछ। अनियन्त्रित तथा अव्यवस्थित रूपमा थुपारिएको माटोले विभिन्न समस्याहरू ल्याउन सक्छ जस्तै थुपारिएको माटोको ढिस्को कटानबाट जताततै फिजारिने, जमिनको माथिल्लो सतह एवं प्राकृतिक वनस्पतिलाई नष्ट गर्ने जस्ताई सोही अवस्थामा पुनः हुर्कनका लागि लगभग ३ देखि ५ वर्ष लाग्छ भने जमिनको स्थिर भिरालो वन १० वर्षसम्म लाग्न सक्दछ, साथै थुपारिएको माटोले भिरालो भागमा चाप पर्न गई भिर नै खस्किने, अव्यवस्थित पानीले सतहको बहावलाई अवरुद्ध गर्ने तथा कृषियोग्य जमिनमा क्षति पुर्याउने हुन्छ। त्यसैले यस्तो माटोको परिमाण/मात्रा तथा तिनलाई विसर्जन गर्ने स्थान सहितको सुरक्षित व्यवस्थापन योजना पहिचान गर्नु महत्वपूर्ण हुन्छ।

२.५ सडकका अवयवहरू (Roadway Features)

वहानपथ (carriageway) र दुवैतर्फका पटरीभाग (shoulders) को जोडलाई नै सडकको चौडा (roadway width) मानिन्छ। यसमा सडक छेउको पैदलमार्ग/वार/पर्खाल तथा नाली समावेश गरिदैन। चित्र ३ र ४ ले पहाडी सडकको नमुना cross section ईगित गर्दछ। सामान्यतया, सडकको उतार चढाव (gradient); ठाडो भिरालोपना र तेर्सो भुकाव) लाई पानीको प्राकृतिक बहाव कायम गर्ने गरि समायोजन गरिन्छ। जहाँ यस्तो यथेष्ट अवस्था सम्भव छैन र छेउमा नालीको आवश्यकता पर्ने हुन्छ, यस्ता खण्डहरूमा पुरै काटेर box cuts (हेर्नुहोस् चित्र १५) र घुम्तीहरू hairpin bends (हेर्नुहोस् चित्र २०) आदि पर्दछन्। नाली निर्माणको विस्तृत विवरण प्राविधिक दस्तावेज भाग तेस्रोको सडक संरचना शिर्षकमा वर्णन गरिएको छ।



चित्र ३: पहाडी सडकको नमुना Cross Section



चित्र ४: भित्तातर्फ कटाई (cut slope) सहित पहाडी सडकको अवयवहरु/अवस्था

२.६ घुम्ती मोडहरु (Hairpin Bends)



चित्र ५: घुम्ती मोड रहने/हुने स्थान

सडकमा घुमाउरो घुम्ती (hairpin bend) यस्तो त्रिभुज घुमाई हो जुन सडक घुमेर चित्र ५ मा देखाए भै पहिलेकै दिशातिर मोडिन्छ। यस्तो hairpin bend घुम्ती ठाडो उकालो भु-भागमा निर्माण गरिन्छ, जहाँ सिधै अगाडी उकालो/ओरालो पहाड अवस्थित हुन्छ। hairpin bend घुम्तीहरूको प्रयोगले सडकको लम्वाईलाई बढाउँछ, तर ठाडो दुरी vertical gradient लाई घटाउन सहयोग पुऱ्याउँछ।

सडक डिजाईन तथा निर्माणका दौरान सडकका घुमाउरो अर्धव्यास (radius of curvature) न्युन गर्नकालागि तोकिएको मापदण्ड कायम गर्नु चुनौतीपूर्ण हुन्छ। यो यस्तो न्युनतम अर्धव्यास हो जुन सवारीसाधन पछाडी नसरीकनै घुम्ती मोड्न सकिने खालको हुन्छ। पहाडी सडकका सांघुरा खण्डहरूमा गाडी पछाडी सार्नु जोखिमपूर्ण हुनसक्छ। न्युनतम अर्धव्यास कायम नगरिएका खण्डहरूमा सवारी साधनलाई रोकी पुनः अगाडी बढाउनु पर्ने हुन्छ जसले गर्दा सवारीको पांग्राको गती बढनाले सडक सतह खियाउदै खाल्डाहरू बनाउने गर्दछ। यसवाट सतह निरन्तर कमजोर बन्दैजान्छ, र सडक भई बग्ने पानीले पनि सडक विगार्न सघाइरहेको हुन्छ। घुमाउरो सडकका स-साना अर्धव्यास क्षेत्र बारम्बार मर्मतसम्भार गरिरहनु पर्ने हुन्छ, जसले गर्दा समग्रमा आर्थिकरूपले सडकको लागत बढ्न जाने हुन्छ।

२.७ खाली छोडिने स्थान (Clearance)

खाली छोडिने स्थान भन्नाले विशेषत सुरक्षाको दृष्टिकोणले सडक तथा सडक नजिकका अन्य वस्तु एवं संरचनाहरू विच छोडिनुपर्ने न्युनतम दुरी हो। तेस्रो खालीस्थान (horizontal clearance) भन्नाले सडक किनारावाट छोडिनु पर्ने दुरी हो। घरहरू, पर्खाल, टेवास्तम्भ, संकेत चिन्ह बोर्ड, प्राकृतिक संरचना, विधुतिय पोलहरू आदि उदाहरणिय वस्तु तथा संरचनाहरू हुन जसलाई सडक किनार नजिकै राखियो भने यिनले सवारी साधनको गति तथा सुरक्षालाई असर गर्ने हुन्छ। त्यसैले सडक किनार तथा यस्ता वस्तु तथा संरचनाहरूविच स्पष्ट देखिने गरि खालीठाउँ छोड्नु पर्ने आवश्यकता हुन्छ। यस्तो खालीस्थानले सामानले भरिएका ट्रकहरूका वाहिरी निकलने चिजहरू जस्तै छड (rebar), साईड ऐना, ढोका खोल्न आदिका लागि समेत पर्याप्त स्थान उपलब्ध गराउँदछ।

माथी खालीस्थान (vertical clearance) भन्नाले सडकमा अवस्थित संरचनाको उच्च भाग देखि सडकभन्दा माथी रहेको वस्तुको तल्लो भाग विचको न्युनतम दुरी हो। भारी समानहरू बोक्ने ठुला सवारी साधनहरूका लागि यस्तो दुरी महत्वपूर्ण हुन्छ, जो सामान्तया अग्ला प्रकृतिका हुन्छन् र माथीपट्टी समानले भरिभराउ हुन्छन्। यस्तो न्युनतम दुरी कायम गर्नाले सडक माथी अवस्थित संरचनाले सवारी संचालनमा बाधा पुग्दैन।

२.८ सडक सुरक्षा (Road Safety)

सडक डिजाईन गर्दा सडक प्रयोगकर्ता मानिस तथा सवारी साधनको सुरक्षालाई ध्यान दिईनु पर्छ। सुरक्षित सडक डिजाईनका मुख्य सिद्धान्तहरू निम्नानुसार रहेका छन्।

- सडक डिजाईन निश्चित चालकहरूको लागि मात्र नभै सबै प्रयोगकर्ताहरूका लागि गर्ने। यसमा पैदलयात्रीहरू, विभिन्न उमेर समुह तथा स्वास्थ्य अवस्थाका चालकहरू, स्वचालित सवारी वाहेकका अन्य वाहनहरू जस्तै बयलगाडा, साईकल आदि पर्दछन्। साथै सडक पार गर्ने (crossing), पार्किङ्ग, सम्पत्तिहरू तथा नजिकका बस्तीहरूमा पहुँच जस्ता कुराहरूमा पनि ध्यान दिईनुपर्छ।
- चालकहरूलाई शुरुमै स्पष्ट एवं भरपर्दो सन्देश दिएर सम्भावित जोखिम तथा गति घटाउने बारेमा सचेत गर्दै गति सिमित गर्ने संकेत दिनु हो। सडक डिजाईन यसरी गरिनु पर्दछ कि एक चालकले अब अगाडी के आईरहेको छ भन्ने बुझ्न सकोस, लामो समयको सिधा खण्ड पछि त्रिभुज घुम्ती अथवा अर्को सडकसंगको चोक (sharp bend or junction) वा लगत्तै अगाडी चढाईमा रहेको खण्ड (summit curve) जो सम्भावित दुर्घटनाको स्थान हुनसक्छ।
- डिजाईनवाट गति तथा यस्तै गतिविधि निर्धारण गरिन्छ। राजमार्ग तथा नजिकका गाउँबस्तीहरूमा सडकको चौडाई तथा सडक सतहलाई छुट्टयाउने (वा विविधिकरण गर्ने), चालकलाई स्पष्ट देखिने गरी संकेत दिने जस्तै: प्रष्ट र प्रत्यक्ष देखिने संकेत, सडकमा चिन्ह लगाउने वा पैदलमार्ग (footpath) को व्यवस्था जसले गर्दा चालकले गति कम गर्ने अपेक्षा गरिन्छ, यस्ता कार्यहरूवाट अपेक्षित उपलब्धि सुनिश्चित गर्न सकिन्छ।

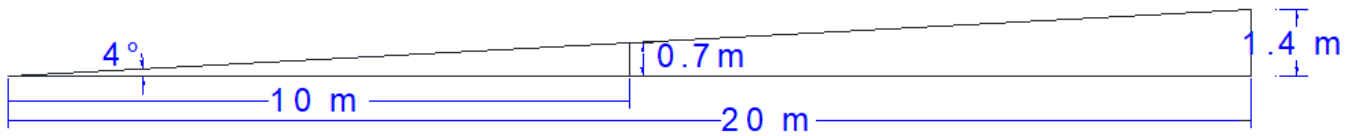
- सवारीसाधनको भ्रुण्ड/लहर, सवारीसाधनका प्रकार (स्वचालित, ईन्जनरहित) वा सवारीसाधन तथा पैदलयात्रीहरु विचको द्वन्द कम गर्ने । जब दुई वा दुईभन्दा वढी सवारीमार्ग हरु मिल्छन वा cross गर्छन द्वन्दको सम्भावना हुन्छ । यस्तो द्वन्द हुने विन्दुहरुमा चौवाटो छिचोले (crossroad layout) वा परिक्रमा घुम्ती (roundabout) वा एक पछि अर्को जक्सन (staggered junction) को निर्माणद्वारा हटाउन वा न्यूनीकरण गर्न सकिन्छ ।
- सवै चालकहरुमा समान दक्षता हुदैन भन्ने कुरालाई मनन गर्दै कम दक्षता भएकालाई समेत सहज बनाउने हिसावले डिजाईन गर्ने ता कि सामान्य गल्तीको असरबाट उनीहरुले पाठ सिकुन् । जस्तै ठाडो ओरालो भागमा सिधै भर्ने पुर्ण नालीको सट्टामा सानो tick आकारको नालीमात्र बनाउने जसले गर्दा सवारी साधन सडक किनारमा यताउतिहुंदा समेत पनि कम मात्र असर होस् ।
- सामान्य गल्ती क्षम्य हुने सडक डिजाईन गर्ने जसले दुर्घटनाहरुको सम्भावना तथा तिब्रतालाई घटाओस् । सडक छेउछाउको स्थान खुल्ला राखेर तथा हटाउन नसकिने सडकछेउका जोखिमहरुलाई न्यूनिकरण गरी सवारी प्रयोग कर्ताहरुलाई संरक्षण गर्ने अवस्था प्राप्त गर्न सकिन्छ ।

३. डिजाईन मापदण्ड (Design Standards)

३.१ ठाडो चढाई/भर्राई (Vertical Alignment)

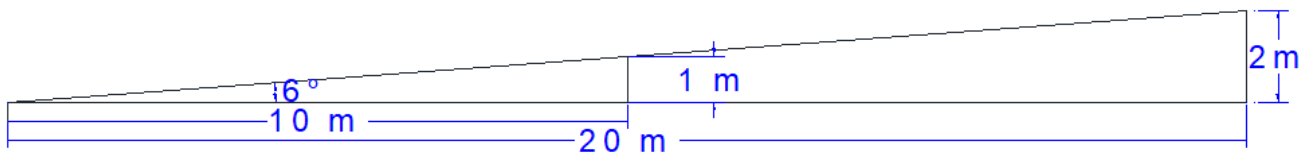
३.१.१ चढाई/भर्राई ढाल (Gradient)

नियन्त्रित चढाई ढाल (ruling gradient) भन्नाले त्यस्तो अधिकतम चढाई हो जसभित्र रहेर सडकको ठाडोपना प्रोफाईल (vertical profile) डिजाईन गरिनु पर्दछ । यस्ता चढाई ७% भित्र राखिनु पर्छ तर घुमाउरा मोडमा (hairpin bends) चढाईलाई ४% मा सिमित गरिनुपर्दछ । चित्र ६ ले ७% चढाईको स्वरुप देखाउंछ ।

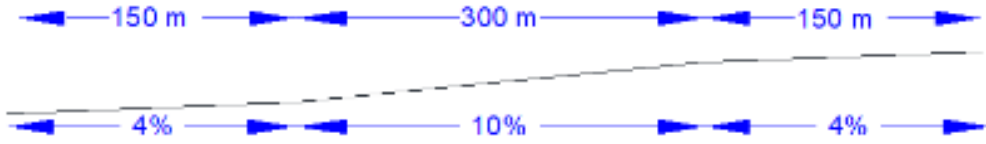


चित्र ६: नियन्त्रित चढाई देखाउने रेखाचित्र (७% gradient)

जहाँ वाटोको भूवनोट वन्देजका कारण नियन्त्रित चढाई कायम गर्न सकिन्दैन त्यहाँ सिमित चढाईलाई limiting gradient अपनाउन सकिन्छ । सिमित चढाई लगभग १०% हुन्छ जुन ruling gradient भन्दा भिरालो हुन्छ र यस्तो चढाई वन्देजपुर्ण/कठिन खण्डहरुमा मात्र प्रयोगमा ल्याईन्छ । चित्र ७ ले सिमित चढाईको १०% स्वरुप देखाउंछ । ruling gradient भन्दा वढी भिरालो चढाईको सडक लम्वाई ३०० मिटर भन्दा वढी हुनुहुदैन । यसपछिको gradient चित्र ८ मा देखाईएभै न्युनतम १५० मिटर लम्वाईका लागि ४% मा भारिनुपर्छ, यस्तो दुरीलाई recovery length (पुनर्जागृत-पहिलेकै अवस्थामा ल्याउने लम्वाई) भनिन्छ ।

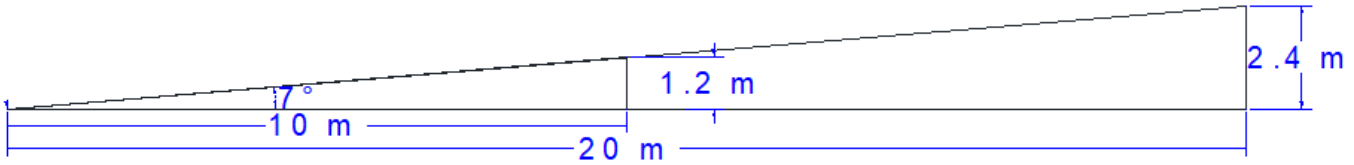


चित्र ७: नाप्ने फिता (measuring tape) प्रयोग गरि चढाई gradient निर्धारण गर्ने

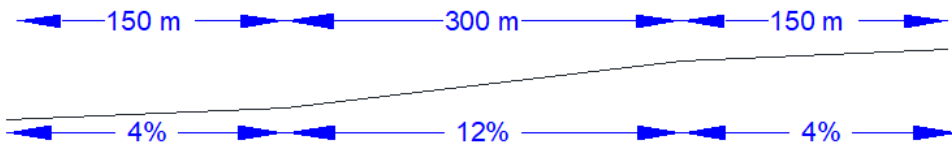


चित्र ८: सिमित चढाई १०% (limiting gradient 10%) र न्युनतम पुनर्जागृत दुरी (recovery length) देखाईएको रेखाचित्र

विशेष अवस्थामा धेरै छोटो खण्डमा असामान्य चढाई (exceptional gradient) प्रयोग गर्न सकिन्छ जो सिमित चढाई (limiting gradient) भन्दा भिरालो हुन्छ। असामान्य चढाई १२% मा सिमित रहन्छ। यस्तो अवस्थामा सडकको माथिल्लो सतह पखालिएर नष्ट हुनबाट जोगाउनका लागि ढुंगा विछ्याईनु/छापु अथवा ग्राभेल गर्नुपर्दछ। चित्र ९ ले १२% चढाईको रेखाचित्र स्वरूप देखाउँछ। असामान्य चढाई भएका सडकको लम्बाई ३०० मिटर भन्दा बढी हुनुहुंदैन। यसपछि gradient चित्र १० मा देखाईएभैं १५० मिटर लम्बाईका लागि ४% मा भारिनुपर्छ, यस्तो दुरीलाई पुनर्जागृत (पहिलेकै अवस्थामा ल्याउने recovery) लम्बाई भनिन्छ।



चित्र ९: नाप्ने फिता (measuring tape) प्रयोग गरि gradient निर्धारण



चित्र १०: असामान्य चढाई (१२%) र न्युनतम पुनर्जागृत दुरी recovery length देखाईएको रेखाचित्र

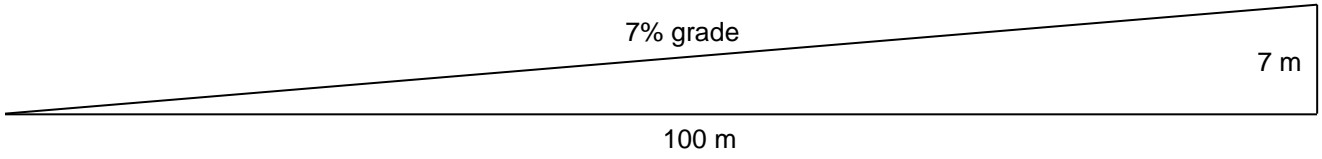
३.१.२ चढाई (gradient) को गणना/निर्धारण

चढाई (gradient) को गणना शुरुमा अनुसूचि १ मा देखाईएभैं एब्नी लेभल (Abney Level) को प्रयोगद्वारा निर्धारण गरिन्छ, र पछि आधुनिक उपकरण जस्तै टोटल स्टेशन (total station) द्वारा विस्तृत रूपमा निर्धारण गरिन्छ। Abney Level को प्रयोगद्वारा vertical alignment निर्धारण गर्नका लागि सुरुमा कोण नाप्ने चार्ट अनुसार प्रचलित परिवर्तन तालिका (standard conversion chart) अनुरूप Abney Level Vernier मा ७% भिरालो (grade) कोण मिल्ने गरि fix गरिन्छ। सबभन्दा पहिले Abney Level प्रयोग गर्दा प्रयोगकर्ताले Abney Level को उचाई वरावरको staff मा चिन्ह लगाउने र सोही उचाई सेट गरेर वांकी सम्पूर्ण खण्डका points मा पनि staff सेट गरी reading गर्ने गरिन्छ। यी दुई विन्दुहरूलाई किला (pegs) ठोकेर संकेत चिन्ह निर्धारण गरिन्छ, र वांकी सम्पूर्ण खण्डमा यहि प्रकृया दोहोर्याईन्छ।

अर्को तरिकाले gradient निम्नानुसार पनि निकाल्न/गणना गर्न सकिन्छ,

$$Gradient = \frac{\text{Vertical distance}}{\text{Horizontal distance}}$$

उदाहरणका लागि १०० मिटर तेर्सो लम्बाईमा ७ मिटर भिरालोपना चढेको छ भने ७% gradient कायम हुन्छ। त्यसै गरी सोही सुत्र अनुसार, २० मिटर तेर्सो खण्डमा १.४ मिटर ठाडो भिरालोपना चढाईको अर्थ पनि ७% gradient नै हुनेछ।



चित्र ११: ७% चढाईको उदाहरण

३.१.३ ठाडोमार्ग डिजाईनको सिमितता (Design Limits of Vertical Alignment)

खण्ड ३.१.१ मा वर्णन गरिएको कच्ची सडक डिजाईनको सिमितताको सारांश तालिका १ मा प्रस्तुत गरिएको छ।

| पहाडी सडक डिजाईनको मापदण्ड (Design Standard for Hill Roads) | % | अधिकतम लम्वाई (Maximum length) | | पुनर्जागृत लम्वाई (Recovery length) | |
|---|-----|--------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|
| | | सडक मिटर m | सडक फिट ft | सडक मिटर m | सडक फिट ft |
| नियन्त्रित चढाई (Ruling gradient) | 7 | Unlimited | | N/A | |
| चेतावनियुक्त/अधिक चढाई (Limiting gradient) | 10 | 300 | 985 | 150 | 490 |
| विशेष चढाई (Exceptional gradient) | 12 | 300 | 985 | 150 | 490 |
| पुनर्जागृत चढाई (Recovery Gradient) | 4 | 150 | 490 | N/A | |
| पुल नजिक अधिकतम चढाई (Maximum gradient at bridge approach) | 6 | | | | |
| पहाडी सडकमा न्यूनतम चढाई (Minimum gradient on hill roads) | | | | | |
| a. पक्की नाली (Lined side drains) | 0.5 | | | | |
| b. कच्ची/कामचलाउ नाली (Unlined side drains) | 1 | | | | |

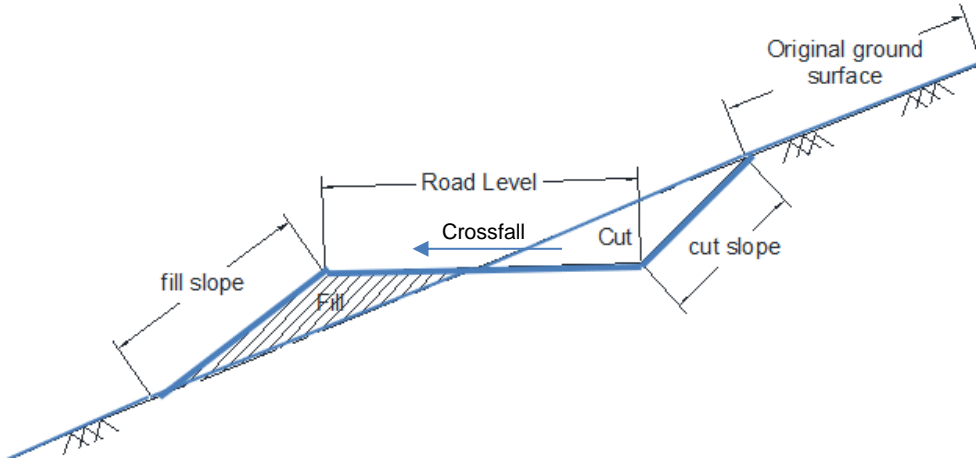
तालिका १: ठाडोमार्ग डिजाईनका लागि मापदण्ड

सडक कहिल्यैपनि पूर्ण समतल हुनुहुँदैन यस्तो भएमा पानी जमेर सडकलाई क्षती पुऱ्याउँदछ। तसर्थ छेउमा पक्की नाली भएको स्थानमा ०.५% र कच्ची नाला भएको स्थानमा १% gradient आवश्यक हुन्छ। चढाईको gradient अलावा वर्षाको पानी वग्नको लागि सडकमा पर्याप्त सलामी (वाहनपथ सलामी भाग) आवश्यक हुन्छ। पहाडी क्षेत्रका कच्ची सडकहरूमा ५% को सलामी राखिनु पर्दछ।

३.२ तेर्सो ज्यामितिय आकार (Horizontal Geometry)

३.२.१ वारपार खण्ड (खन्ने/पुर्ने) (Cross Section)

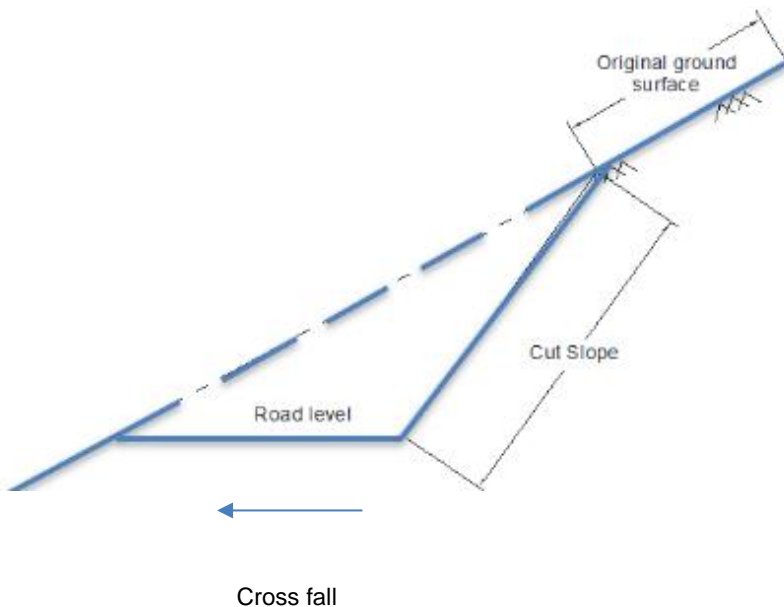
सडक मार्ग छनौट, जमिनको स्थायीत्व तथा विद्यमान जमिनको भुकावका आधारमा सडकको तह कायम गर्नका लागि आवश्यकता अनुसार खन्ने/पुर्ने/मिलाउने कार्य गर्न सकिने हुन्छ। भिरालोपना ३० डिग्रि भन्दा कम भएको स्थानमा चित्र १२ मा देखाए अनुसारको टेवा पर्खालविना नै सन्तुलित किसिमको खनाई तथा पुराई विधि अवलम्बन गरिन्छ। तथापी भुकाव (inclination) ले यस्तो कार्यलाई निर्देश गरेतापनि सम्पूर्णरूपमा आधार चाहीं नहुन सक्छ। सन्तुलित खन्ने तथा पुर्ने कार्यमा खनिएको माटो पुर्नमै प्रयोग हुने हुनाले सडकमार्गमा परिमाण सन्तुलन (mass balancing) कायम गर्न सहज हुनेछ। भविष्यमा सडक भासिनबाट जोगाउनका लागि पुरिएको भागलाई राम्रोसंग खादनु पर्छ/खँदिलो वनाउनुपर्छ।



चित्र १२: सन्तुलित खन्ने तथा पुर्ने कार्य

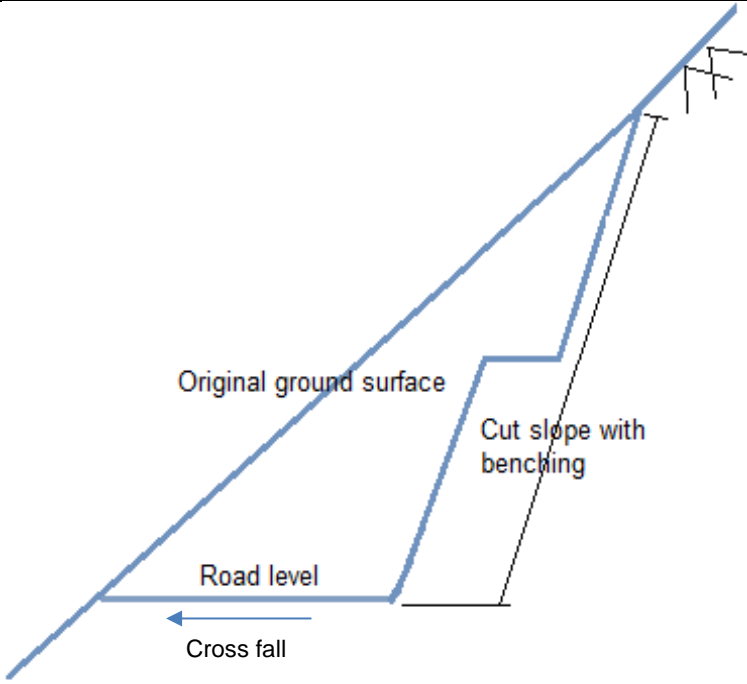
भू-वनोट तथा ज्यामितिय कारणले गर्दा सडक निर्माण कार्यमा प्रायः गरेर ठ्याक्कै मिल्ने गरि सन्तुलित खन्ने तथा पुर्ने कार्य गर्न सकिने हुँदैन । जहाँ बढि पुर्ने कार्य गर्नुपर्ने हुन्छ, त्यहाँ पुरिएको पदार्थलाई थेग्नको लागि चित्र २ मा देखाएअनुसारको संरचना आवश्यक पर्ने हुन्छ । त्यसैले स्थायित्व र लागत विचको सन्तुलन नै खन्ने कार्यको छनौट हो ।

जब भुकाव बढ्छ, सन्तुलित खन्ने तथा पुर्ने कार्य भन्दा चित्र १३ मा देखाएअनुसारको पुरै जमिन भित्रै खन्ने (full bench cut) कार्यले प्रधानता पाउँछ । यसप्रकारको सडक नचलाएको माटो सतह (undisturbed soil) मा हुने हुँदा पुरै बनाएको तहभन्दा बलियो हुन्छ किनकि पुरिएको तहको खँदिलापनाको मात्रा undisturbed soil तहको भन्दा निकै कम हुन्छ । तथापी, प्राकृतिक भिरालोपना मास्दै पुरै जमिन काटेर बनाएको सडक सुरक्षाको दृष्टिकोणले कमसल नै हुन्छ । यसवाहेक जमिनको धेरै हिस्सा खनियो भने खनिएको माटोको व्यवस्थापन गर्न पनि समस्या/कठिन हुन जान्छ ।



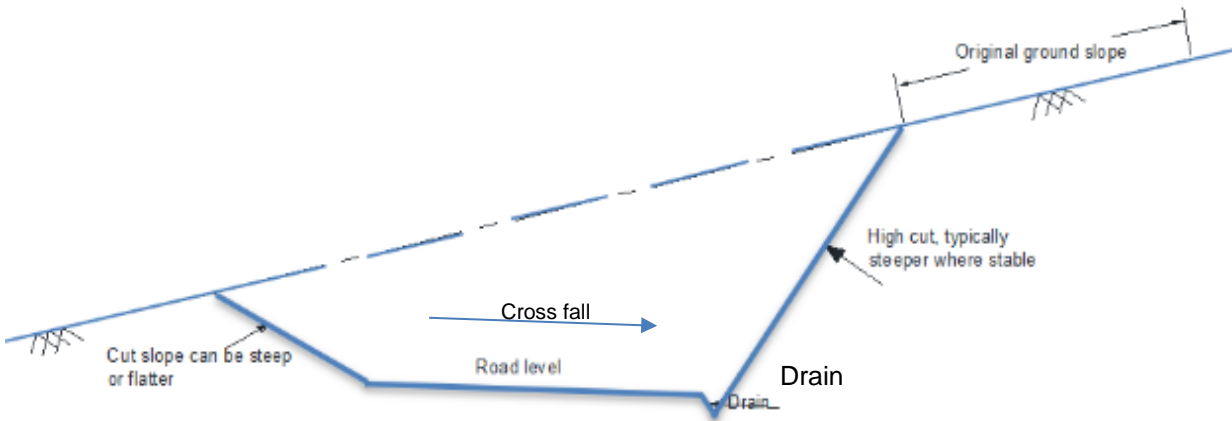
चित्र १३: जमिनको पुरै भाग खन्ने कार्य

जहाँ छेउको भिरालो भाग कमसल माटोले बनिएको हुन्छ वा काटिएको भागको भिरालोपन उचाई निकै बढी वा उच्च हुन्छ, तब यस्तो कटाईले भित्ता खस्किने सम्भावना हुन्छ । यस्तो अवस्थामा चित्र १४ मा देखाएअनुसार छेउको जमिनमा माटोको तह तह मिलाई जमिनको सतहलाई स्थिर बनाईनुपर्छ ।



चित्र १४: जमिनको पूरै भाग खनी भिरालो जमिन स्थिर गरिएको (Full bench cutting with benched side slope)

कहिलेकाहीं विशेष गरेर पहाडी क्षेत्रमा ठाडो मार्ग (Vertical alignment) मा आवश्यक चढाई (gradient) कायम गर्न डाँडा काट्दै जानुपर्ने हुन्छ। यस्तो अवस्थामा चित्र १५ मा देखाएअनुसार पूरै कटानलाई अवलम्बन गर्न सकिन्छ। यस्तो कटान गरिएका खण्डहरूमा सडकको पानी वहावको लागि नाला बनाउनु र सडकबाट पानी कटाउने कार्य चुनौतिपूर्ण हुन्छ। अन्य दुई प्रकारका कटाईबाट बनाईएका सडकमा पर्याप्त cross fall तथा gradient कायम गरि प्राकृतिक वहावले पानी कटाउन सकिने हुन्छ।



चित्र १५: छेउको नाला सहितको लामो/पूरै कटाई (Through cut with side drain)

जस्तोसुकै अवस्थामा पनि खनिएको/काटिएको माटोलाई सडक मार्गक्षेत्र भित्र नै व्यवस्थित गरिनुपर्छ। जथाभावी सडक तलतीर फाल्नुहुँदैन। साँचै भन्ने हो भने खन्ने तथा पुर्ने कार्य सन्तुलित हुनुपर्दछ। यदि यसो गर्न मार्गमा अवरोध (restriction in alignment), चढाई (gradient) वा भित्तातिर अग्लो (hill slope) का कारण सम्भव नभएमा खनिएको माटोलाई ढुवानी गरेरै भएपनि नजिकैका पुर्ने भागमा प्रयोग गर्नुपर्छ अथवा सुरक्षित रूपमा व्यवस्थापन गर्नुपर्छ।

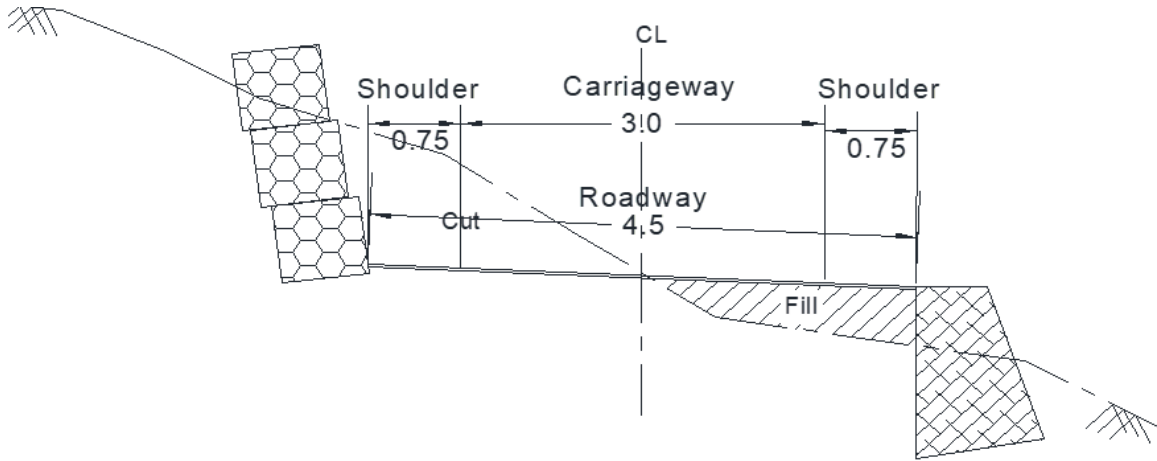
खनिएको/काटिएको माटोलाई अनुसूची २ मा व्याख्या गरिएको माटोको वर्गिकरण अनुसार व्यवस्थापन गरिनुपर्छ।

३.२.२ खनिएको माटो व्यवस्थापन (Spoil Management)

खनिएको माटोलाई विभिन्न चरणहरूमा व्यवस्थापन गरिनु पर्दछ र त्यस्ता चरणहरूमा माटोको व्यवस्थापनका तौरतरिकाहरू निम्नानुसार रहेका छन् ।

- **सडक सर्वेक्षण:** यो सडक निर्माणको पहिलो चरण हो । यसमा खनिने पदार्थ/माटो व्यवस्थापन अति आवश्यक हुन्छ, किनकि सर्वेक्षणका लागि जुन alignment छनौट गरिएको छ त्यसको प्रत्यक्ष असर खनिने माटोको मात्रामा पर्न जान्छ । माथी खण्ड २(क) मा उल्लेख भए अनुसार तटीय वा उपत्यका क्षेत्र भएर जाने सडक खण्डमा भन्दा डाँडै डाँडा भएर जाने सडकमार्गमा खनेर आउने माटो कम हुन्छ । त्यसैगरी, कान्लै कान्ला (contour) भएर जाने सडकमा अरु खण्डका सडकमा जमिन खन्ने आवश्यकता कम हुने र खनिएर आउने पदार्थ पनि कमै हुन्छ ।
- **डिजाईन:** सर्वेक्षण जस्तै डिजाईनले पनि माटो व्यवस्थापनमा महत्वपूर्ण भूमिका खेल्दछ । डाँडै डाँडा वा कान्लै कान्ला (contour) भएर जाने सडकमार्ग डिजाईन गर्दा सडकमा खन्ने/काट्ने काम कम हुने हुनाले खनेर आउने माटो/पदार्थ पनि कम हुन्छ ।
 - मुख्यतया मानव श्रम प्रयोग गरि निर्माण गरिने सडक डिजाईनमा खनिएको माटोको अधिक मात्रा सडकको cross section भित्रै व्यवस्थापन गर्न सकिन्छ र अन्यत्र व्यवस्थापन गरिनुपर्ने मात्रा घट्न जान्छ । मेशिनको प्रयोग गरि निर्माण गरिने सडक डिजाईनमा सडकको cross section भित्रै माटोको सन्तुलन मिलाउन त्यति सहज हुँदैन जवकि त्यहाँ न्युनतम कटाई नै excavator लाई छिर्न चाहिने चौडाई हुनजान्छ, जसले गर्दा पुर्ने/भर्ने भन्दा खन्ने कार्य बढी हुनजान्छ । यस्तो अवस्थामा mass लाई longitudinally नै सन्तुलित राखिनुपर्छ र सोहिअनुसार gradient को छनौट गरिनुपर्छ । त्यसैगरी डिजाईनका दौरान तथा mass haul को रेखा चित्र तयार गर्ने बेलामा नै खन्ने/पुर्ने तथा विस्थापन स्थान, मात्रा, दुरी एवं mass को वचत तथा कमीलाई इंगित गर्दै व्यवस्थित योजना तयारका लागि निर्देश गच्छ, जसले गर्दा माटोको व्यवस्थापन गर्न सहयोग मिल्छ ।
- **निर्माण:** अन्तत खनिएको माटोलाई निर्माण चरणमा नै व्यवस्थापन गरिनुपर्दछ । सामान्यतया खनिएको माटो जहाँ थुपार्न सम्भव छ त्यस स्थानमा तलतिर पर्खाल (toe wall) निर्माण गरि वातावरणलाई नविगारीकनै यो कार्य गर्न सकिन्छ । जहाँ भौगोलिक व्यवधानले यसो गर्न सम्भव छैन भने माटोलाई नजिकैको कुनै स्थानमा ओसारेर व्यवस्थित ढंगले राखिन्छ । निर्माणको श्रृंखलाले पनि महत्वपूर्ण भूमिका खेल्दछ जस्तै सडकबाट धेरै मात्रामा माटो खन्नुभन्दा पहिला toe wall पर्खाल निर्माण तथा माटो थुपार्ने/व्यवस्थापन गर्ने स्थानको यकिन गर्नु पर्दछ । निर्माणका दौरान माटो व्यवस्थापनका लागि निम्न वृंदाहरूमा ध्यान दिईनुपर्छ ।
 - प्राकृतिक गद्दाहरू तथा समथर जमिनलाई नै माटो भर्ने स्थानको रूपमा प्रयोग गरिनुपर्छ ।
 - जहाँ यस्ता स्थानहरू उपलब्ध हुँदैनन् र माटोलाई भिरालोमा थुपार्नुपर्ने आवश्यकता परेमा माटो थेग्नेखालको तहभएको स्थान (areas with resistant bedrock) छनौट गरिनुपर्छ । प्राकृतिक वोटविरुवाको न्युन विनास हुने गरि विस्थापन chutes प्रयोग गरी माटो थुपार्न सकिन्छ ।
 - थुपारिएको माटोको भिरालोपनामा भार कम पर्ने गरि तह तह (benches) मिलाउनुपर्छ । यसो गर्दा सिमित र ठूलो तहहरू बनाउनुभन्दा धेरै तहहरू बनाउनु राम्रो हुन्छ । माथिल्लो र तल्लो benches भागको मोटाई ०.५ मिटर भन्दा बढी हुनुहुँदैन र प्रत्येक lift को माथिल्लो सतह सित लगभग समतल हुनुपर्छ ।
 - जहाँ माटो कृषि भूमिमा विस्थापन गर्नुपर्ने हुन्छ त्यहाँ माटोको bench profile यसरी मिलाईनुपर्छ कि त्यसलाई अन्ततः कृषि प्रयोजनका लागि पुनः प्रयोग गर्न सकियोस् ।
 - यदि bench को माथिल्लो भाग ठूलो छ भने यसलाई पानीले खियाउन सक्छ, यस्तो अवस्थामा माटोलाई छेक्दै पानी बग्ने छड्के नाला बनाएर यसको संरक्षण गर्न सकिन्छ ।
 - कार्य सम्पन्न भएपछि bench को स्थायीत्व बढाउन तथा क्षयिकरण रोक्नका लागि माथिल्लो तहमा वोटविरुवा लगाउनु पर्दछ ।

३.२.३ सडक क्रस सेक्सनका अवयवहरु/भागहरु (Features of Road Cross Section)



चित्र १६: पहाडी सडकको नमुना cross section (श्रोत: नेपाल ग्रामीण सडक मापदण्ड दोश्रो संसोधन २०७१; Nepal Rural Road Standard 2nd edition)

वाहनपथ (Carriageway), भन्नाले सवारी साधन गुडनका लागि डिजाईन गरिएको निर्माण कार्य सम्पन्न गरिएको खण्ड हो । जव सवारी साधनहरु वाहनपथमा गुड्छन्, सडक यस्तो बलियो तथा टिकाउ हुनुपर्छ कि सवारी साधनको पांग्राको घर्षणबाट हुने क्षतिलाई थग्न सकोस् ।

पटरी क्षेत्र (shoulders), भन्नाले सडक वाहनपथको दुवैतर्फ समानान्तररूपमा फैलिएको सडकतह हो । वाहनपथको किनारबाट सडक फैलावटको अन्तिम किनारसम्म यसका मापन हुन । सामान्यतया shoulders को डिजाईन पूर्णभार भएका सवारीहरु गुड्नको लागि नभै निम्न प्रयोजनका लागि गरिन्छ ।

- Single carriageway भएको सडकमा दुई सवारीलाई एक आपसमा पास हुनेगरि बनाईएको अतिरिक्त चौडाई हो ।
- कुनै सवारी साधन विग्रिएमा वा केहि क्षणका लागि रोकनुपरेमा विना रोकटोक आवागमन संचालनमा सहयोग पुऱ्याउनको लागि carriageway व्यवस्था गरिन्छ ।
- Carriageway मा गुडिरहेका सवारीहरुलाई कुनै बाधाव्यवधान नपुर्याई पैदलयात्रीहरु, जनावरहरु वा अन्य स्वचालित सवारीहरुलाई सुरक्षित ढंगले आउ/जाउ गर्नको लागि carriageway व्यवस्था गरिन्छ ।

सडकमार्ग (roadway) भन्नाले सडक पेट्टी र नाली वाहेकको carriageway तथा सडकको दुवैतर्फको shoulder को कुल क्षेत्र हो ।

३.२.४ सडक चौडाई (Road Width)

सडकमा कति संख्यामा सवारी गुड्छन् भन्ने कुराले सडकको चौडाई निर्धारण गर्छ । जहां सवारीको संख्या न्युनरहने अपेक्षा गरिन्छ त्यहाँ single lane सडक निर्माण गरिन्छ, जवकि धेरै सवारीहरु चल्ने अवस्थामा छ भने एक भन्दा बढी lane को सडक आवश्यक हुन सक्छ । पहाडी सडक जहाँ प्रतिदिन सवारी संख्या (vpd) १०० भन्दा कम हुन्छ, नेपालको धेरैजसो ग्रामीण/पहाडी सडकहरु चित्र १६ मा देखाईए अनुसार मिल्नेगरि standard carriageway चौडाई ३.० मिटर र यसको दुवैतर्फ थप ०.७५ मिटर shoulders हुनुपर्दछ ।

सवारी संख्या प्रतिदिनका (vpd) आधारमा carriageway तथा shoulder को चौडाई तालिका २ मा प्रस्तुत गरिएको छ ।

| Carriageway चौडाई (मी.) | Shoulder चौडाई (मी.) | Roadway चौडाई (मी.) |
|--|----------------------|---------------------|
| ५.५ (यदि सवारी संख्या दैनिक ४०० भन्दा बढी भएमा) | ०.७५ | ७.० |
| ३.७५ (यदि सवारी संख्या दैनिक १०० भन्दा बढी भएमा) | ०.७५ | ५.२५ |
| ३.० (यदि सवारी संख्या दैनिक १०० भन्दा कम भएमा) | ०.७५ | ४.५० |

तालिका २: स्टाण्डर्ड सडक ज्यामितिय परिधि (Parameters)

३.२.५ तेर्सो घुमाउरोपना/मोडहरु (Horizontal Curves)

तेर्सो मोड भन्नाले सडकको केन्द्रभागवाट घुमाउरो दिशा परिवर्तन गर्नका लागि बनाईएको सडकको भाग हो जुन आकाश/माथिवाट plan मा देखिने चित्र हो ।

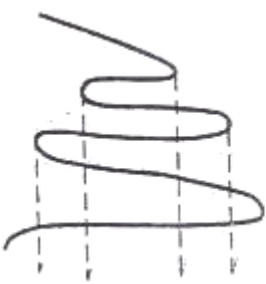
मोडको न्युनतम अर्धव्यास भन्नाले सडक केन्द्रभागवाट न्युनतम डिजाईन गतिको लागि तय गरिने घुमाउरोपना हो । यदि मोडको अर्धव्यास धेरै सानो भयो भने घुम्तीमा मोडनलाई सवारीसाधन पछाडीसर्नुपर्ने हुन्छ, जुन खतरनाक हुन्छ । साना अर्धव्यासले सडकको मर्मतसम्भार लागतमा समेत असर गर्दछन् । किनकि यस्ता घुम्तीहरुमा सवारीलाई पछाडी सार्न वा गियर बदल्नका लागि ब्रेकको प्रयोग गर्नुपर्ने हुन्छ र सवारीको पांग्राले सडकको माथिल्लो सतह बढी खियाउने हुन्छ ।

३.२.६ पुरै घुमाउरा मोडहरु (Hairpin Bend)

सम्भव भएसम्म पुरै घुमाउरा मोडहरु राखिनु हुँदैन । विशेषगरेर पहाडको उहि/एकै दिशातर्फ श्रृंखलाबद्ध मोडहरु राखिनुहुँदैन । जहाँ उच्चतम चढाईको सिमितता कायम गर्न यस्ता घुमाउरा मोडहरुको एकदमै आवश्यक परेमा यसरी निर्धारण गरिनु पर्दछ ।

- न्युनतम भिरालोपना तथा अधिक स्थायीत्वहुने स्थानमा बनाईनुपर्छ
- भिरालो जमिनको क्षयिकरण रोक्न, पानी रसाउने तथा पहिरोजाने जस्ता समस्यावाट सुरक्षित हुनुपर्छ

पहाडको अग्रभाग भएर जाने सडकले ठाडो उकालो छल्न विस्तारै उचाई लिने गर्नुपर्छ, जसले गर्दा धेरैवटा/ श्रृंखलाबद्ध घुम्तीहरु बनाउन नपरोस् । धेरैवटा श्रृंखलाबद्ध क्रमिक घुम्तीहरुलाई त्याग्नु राम्रो भएतापनि जहाँ आवश्यक हुन्छ त्यहाँ घुम्तीहरु निर्माण गर्दा पानीको बहावलाई सहज निकास दिने गरि बनाउनुपर्दछ ताकि माथिवाट बगेको पानीले तलको सडक खण्डमा असर नगरोस् । चित्र १७ मा देखाए जस्तै अव्यवस्थित धेरैवटा श्रृंखलाबद्ध क्रमिक घुम्तीहरु बनाइयो भने माथीको सडकवाट पानी एकोहोरो/एकट्टा जम्मा भई बग्ने हुन्छ र जसले तल्लो सडकको खण्डमा नराम्रोसंग बिगारी दिन्छ । अर्कोतर्फ चित्र १८ देखाइए अनुसार धेरैवटा शिलशिलेवार/क्रमिक घुम्तीहरु डिजाईन गरियो भने पानी सतहवाट बाहिरतिर बग्ने हुन्छ, त्यसैले सडकभन्दा बाहिरवाट पानी बग्ने गरि चित्र १८ मा देखाईएअनुसार क्रमिक घुम्तीहरुको डिजाईन गरिनुपर्छ ।



चित्र १७: नराम्रो प्रयोग/अभ्यास



चित्र १८: राम्रो प्रयोग/अभ्यास

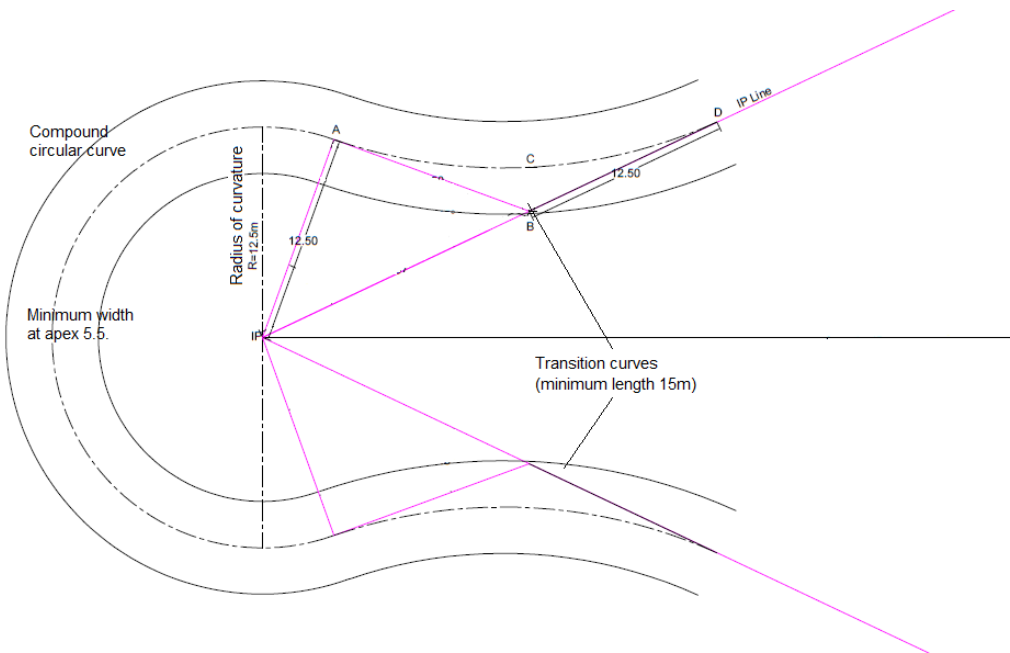
घुमाउरा मोडहरु (Hairpin bends) डिजाईन गर्दा तालिका ३ मा प्रस्तुत गरिएको डिजाईन मापदण्डहरुलाई अनिवार्यरूपमा अवलम्बन गर्नुपर्दछ ।

| | |
|--|---|
| <p>डिजाईन मापदण्ड/मानाङ्क विवरण (Design Standard)</p> | <p>पलिकास्तरीय तथा प्रादेशिक सडकहरु (Municipal and Provincial roads)</p> |
|--|---|

| | |
|---|--|
| Hairpin bends विचको न्यूनतम दुरी (मिटर) | १०० |
| Curvature को न्यूनतम अर्धव्यास (मिटर) | १२.५० |
| Apex मा सडकमार्गको न्यूनतम चौडाई (मिटर) | ५.५ (४.५ मि. चौडा सडकको लागि) |
| अधिकतम चढाई gradient (%) | ४ |
| न्यूनतम चढाई gradient (%) | ०.५ (पक्की नाला भएको स्थानमा), १.० (कच्ची नाला भएको स्थानमा) |
| Curvature को न्यूनतम transition लम्बाई (मिटर) | १५ |

तालिका ३: पूरा घुमाउरो मोडहरुका लागि डिजाईन मापदण्ड (Design standards for hairpin bends)

दुईवटा hairpin bends को एक आपसको विचमा अथवा hairpin bend र curve को शुरु तथा अन्त दुई विन्दुविचमा सहज संक्रमण (smooth transition) को लागि न्यूनतम दुरी कायम गर्नु पर्दछ। अक्सर गरेर circular curve को दुवैतर्फ यानी कि curve भित्र पस्न र बाहिर निस्कन सहज संक्रमण (smooth transition) को लागि transition curve को प्रावधान राखिएको हुन्छ। यस्तो अवस्था चित्र १९ तथा २० मा देखाइएको छ। यस प्रकारका मोडहरुमा अर्धव्यास radii निरन्तर रुपमा परिवर्तन हुने गर्दछ र जसले hairpin bend भै जांदा सडकको दिशा एकासी परिवर्तन नहोस् भन्ने निक्यौल गर्दछ।



चित्र १९: ४.५ मि चौडा सडकको लागि नमुना hairpin bend को चित्रण



चित्र २०: Hairpin bend को विस्तृत चित्रण

३.२.७ खाली ठाउँ (Clearance)

चित्र २१ मा देखाईए जस्तै कुनै सडक किनार खण्डहरुमा वस्तु तथा संरचनाहरु भएमा सुरक्षाको दृष्टिकोणले ती दुईको विचमा न्यूनतम खालीक्षेत्र (lateral clearance) कायम गरिनुपर्छ, यस्तो खालीक्षेत्र (lateral clearance) भन्नाले सडक किनार तथा उक्त संरचनाहरु विचको दुरी हो । सडक आसपासका संरचनाहरु र shoulder किनार विचको दुरी सामान्यतया १ मिटर हुनुपर्छ तर भिरालो तथा अप्ठ्यारो क्षेत्रहरु जहाँ आवश्यकता अनुसारको पुर्ण खालीस्थान कायम गर्नु निकै महङ्गो सावित हुन्छ, त्यहाँ ०.५ मिटरमा घटाउन सकिन्छ ।



चित्र २१: सडकछेउ अवस्थित घरहरु तथा shoulder किनार विचको खालीक्षेत्र (lateral clearance)

ठाडो/तल माथी खालीस्थान (**vertical clearance**) भन्नाले चित्र २२ मा देखाईए जस्तै सवै भूमिगत मार्गहरु तथा माथितिर भुण्डीएको चट्टानी (underpasses and overhanging cliffs) सडकको माथिल्लो तहभन्दा माथीतर्फ न्यूनतम ५ मिटर हुनुपर्दछ । तथापि, विद्युतीय पोल तथा तारहरुको हकमा भने यस्तो खालीस्थान सडक सतहमाथी कमिमा पनि ७ मिटर हुनुपर्दछ ।



चित्र २२: सडक सतहको माथिल्लो भाग र सडकमाथि बाहिर निस्किएको/भुण्डीएको चट्टानको तल्लो भाग विचको खालीस्थान (**vertical clearance**)

३.३ सडक सुरक्षा (Road Safety)

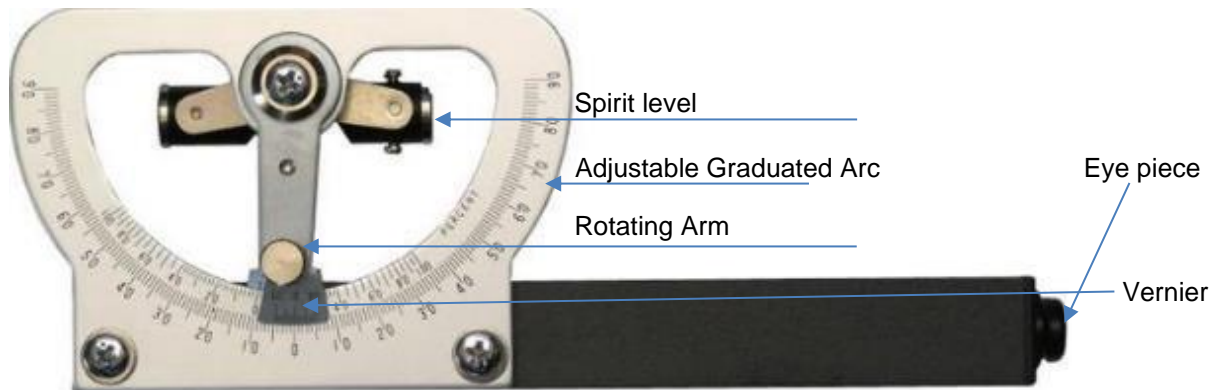
नयाँ सडक डिजाईन गर्दा सुरक्षाका विशेषताहरु समावेश गर्दै माथिको खण्ड २.६ मा छलफल गरिएका मार्गदर्शक सिद्धान्तहरुलाई कार्यान्वयनमा ल्याई सडकलाई सुरक्षित बनाउन सकिन्छ, जस्तै,

- डिजाईन गति निक्यौल गर्ने ।
- ठाडो तथा तेर्सो घुमाउरो मोडमा (horizontal and vertical curves) आसपास तथा अगाडी प्रष्ट देखिने गरि पर्याप्त दुरी sight distance यकिन गर्ने ।
- मोडमा गाडी घुम्नलाई सहज हुनेगरि transition curve, super elevation र hairpin bends मा आवश्यक सडकको चौडाई कायम गर्ने

- मापदण्ड अनुसार parameters for gradient तथा सडक विशेषताहरु (roadway features) को पालना गर्ने
- सडकमा पानी निकास हुने नाला तथा सडक सुरक्षाका विविध पक्षहरु जस्तै: सुरक्षा अवरोध (barriers), delineators र सडकमा संकेत चिन्हहरु राखिनु पर्ने ।
- आवश्यक स्थानमा सडक विचमा अवरोधहरु (median barriers), लेबाई/वस स्टपहरु (lay-bys bus stops) र सहायक वाटोहरु (service roads) निर्माण गर्ने ।
- पैदलयात्रीहरु, साईकलचालकहरु तथा कम गतिमा गुड्ने सवारीहरुका लागि आवश्यक प्रावधानहरुको व्यवस्था गर्ने ।

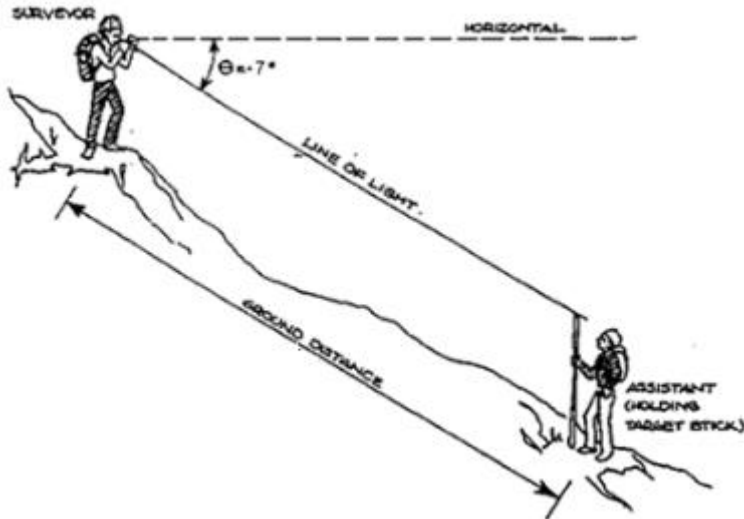
४. अनुसूची (Annex)

अनुसूची १: सडकमार्गको उकालो ओराले रेखांकन (Vertical Alignment) का लागि Abney Level को प्रयोग तरिका



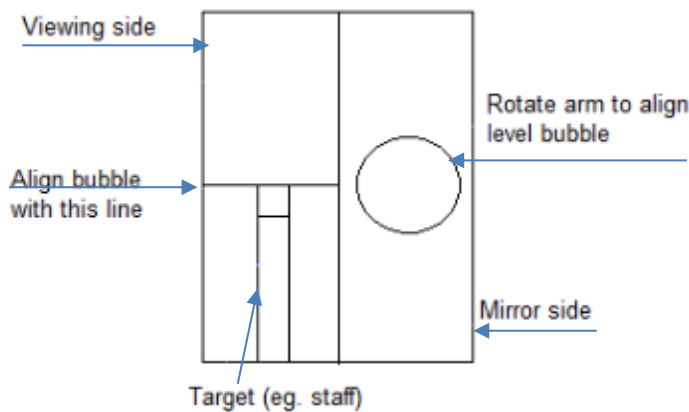
चित्र २३: एब्नी लेभल (Abney Level)

- Abney level भुकावकोण अथवा भिरालोपना नाप्न तथा निश्चित ढाल (Gradient) निर्धारण गर्न प्रयोग गरिन्छ ।
- चाप (arc) लाई आवश्यक कोण वा उचाईमा set out मिलाईनुपर्छ र दृश्य रेखा (line of sight) निम्नानुसार स्थापित गरिनुपर्छ ।
- Abney level लिएको व्यक्तिले अर्को station मा marking stand (जुन सर्वेक्षकको आँखा हेराईको level संग ठ्याक्कै मिले उचाईमा चिन्ह लगाईएको हुन्छ) लिएको सहयोगी तिर हेरिन्छ ।
- Abney level mirror मा रहेको bubble विचमा पारी अर्को station को stand मा राखिएको चिन्ह cross hair ले ठिकसंग नमिलेसम्म stand लाई तल या माथि चलाउनु निर्देश गर्नु पर्छ र ठिकसंग मिलेपछि त्यहाँ किला ठोक्ने गरिन्छ ।



चित्र २४: Abney level को प्रयोगद्वारा सडक मार्ग (alignment) निर्धारण

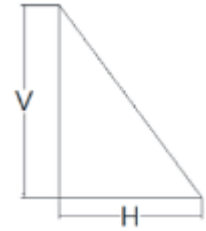
Abney level eyepiece वाट हेर्दा तल चित्रमा देखाइए जस्तै ठाडो तह छुट्टीने (split in a vertical plane) दृश्य देखिन्छ । यसमा तलतिर देखिने लक्षित वस्तुतर्फ ईगित वा मापन गरिने चिज बायाँपटि को sighting tube मा रहन्छ । मापन गर्दाखेरी, लक्षितवस्तुलाई सिधा रेखा (horizontal line) मा पर्नेगरी मिलाईन्छ, जो sighting tube को अन्तमा रहेको objective glass को मध्यभागवाट दायाँ बायाँ चलाई गर्ने गरिन्छ । हेर्ने वस्तु (eyepiece) लाई अगाडी पछाडी गर्दै लक्षमा केन्द्रित focus गर्न सकिन्छ । जब यो सम्पन्न गरिन्छ, protractor लाई bubble संग मिलाउन घुमाईन्छ, दायाँतर्फ देखिएको sighting tube तलको दृश्य सिधा रेखा horizontal line संग मिलाईन्छ । तसर्थ, protractor मा देखाइएको कोण Abney level वाट लक्षित स्थानको भिरालोपनाको कोण angle of slope हो ।



चित्र २५: Abney level वाट हेरिने दृश्य

अनुसूची २: छेउको भिरालोपना (Side Slope)

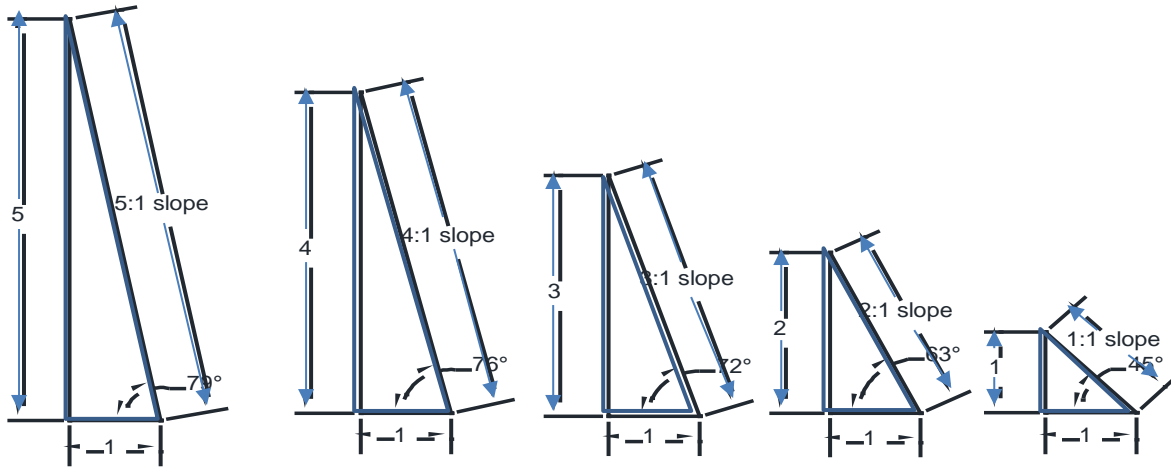
अनुसूची २: माटोको वर्गिकरण अनुसार खनिएको/काटिएको भाग cut slope को भिरालोपना कायम गरिनुपर्छ। सामान्यतया माटोको विभिन्न वर्गिकरणहरूका लागि प्रयोग गरिने मान (values) निम्नानुसार रहेकोछ।



| क्र. स. | माटोको वर्गिकरण | स्थिर cut slope (V:H) breast wall विना अथवा सामान्य संरक्षण कार्य नगरिएको अवस्था। | स्थिर cut slope (V:H) breast wall लगाइएको अथवा सामान्य संरक्षण कार्य गरिएको अवस्था। |
|---------|--|---|--|
| 1. | माटो वा बोल्डर मिश्रीत माटो (Soil or soil mixed with boulders) a) छिठफुट बोटविरुवा (Disturbed vegetation) b) स्थिर चट्टान माथि लहरै रहेका बोटविरुवा (Distributed vegetation overlaid on firm rock) | a) १:१ b) चट्टानी भागको लागि ठाडो, माटे भागको लागि १:१ (Vertical for rock portion, 1:1 for soil portion) | a) ५:१ (उचाई ३ मि भन्दा कम) ४:१ (उचाई ३ देखि ४ मि सम्म) ३:१ (उचाई ४ देखि ६ मि सम्म) b) चट्टानी भागको लागि ठाडो, माटे भागको लागि माथि a) मा उल्लेख गरिएअनुसार नै (Vertical (for rock portion), Same as (a) for soil portion) |
| 2. | घना जंगलमा हुने माटो वा बोल्डर मिसिएको माटो, मध्यमचट्टान तथा shales माटो (Soil or soil mixed with boulders in dense vegetation forests, medium rock, and shales) | २:१ | ५:१ |
| 3. | भित्रतिर धसिएको कडाचट्टान, भ्रन कडा चट्टान तथा shales माटो (Hard rock, shale, or harder rocks with inward dip) | ४:१ देखि १०:१ | आवश्यक नभएको (Not needed) |
| 4. | माथिको क्र.स. ३ जस्तै तर बाहिरतिर धसिएको टुटेफुटका चट्टान/ shales माटो (Same as #3 but with outward dip or badly fractured rock / shale) | २:१ | ५:१ |
| 5. | Conglomerate / अत्यन्त कमसल प्रकारको shales, वलौटेचट्टान जुन सजिलै वगाईन्छ, अथवा खिईन्छ (Conglomerate / very soft – shale / sandy rock which erode easily) | क्षयिकरण न्यून गर्नका लागि ठाडो कटाई (Vertical cut to reduce erosion) | ५:१ |

तालिका ४: माटो वर्गिकरणका आधारमा छेउको भिरालोपना (श्रोत: Mountain Risk Engineering Handbook)

माटो वर्गिकरण गर्नका लागि विस्तृत विवरण अनुसूचि ३ मा सूचीबद्ध गरिएको छ ।



चित्र २६: भिरालोपना कटाई cut slopes को विभिन्न स्वरुप देखाईएको चित्र

अनुसूची ३: माटोको वर्गिकरण (Soil Classification)

तालिका ४ मा वर्णन गरिएको माटो तथा चट्टान निर्धारण गर्नका लागि निम्नानुसार तरिका प्रयोग गर्न सकिन्छ ।

| माटो वर्गिकरण (Soil classification) | फिल्डमै परिक्षण/जाँच (Field test) |
|--|--|
| कमलो माटो (soft soil) | बलौटे, कमलो वा यी दुवैको मिश्रण भएको माटो । ७५ मि.मि. भन्दा मसिनो ग्राभेल आदि । यस्ता माटो साधारण खन्ने औजारहरु जस्तै पिक, बेल्चा र कोदालो प्रयोग गरि खन्न सकिन्छ । |
| कडा माटो (hard soil) | अलि कडा खालको तथा खँदिलो माटो जसलाई अलि बल लगाएर साधारण खन्ने औजारहरु प्रयोग गरि खन्न सकिन्छ । ७५ मि.मि. देखि ३०० मि.मि.सम्मको ग्राभेल, पुराना ढुंगाहरु छापेको सडक/बाटो । |
| साधारण चट्टान (ordinary rock) | चुनढुंगा, बलौटे ढुंगा, नरम सम्पिडित (conglomerate) जसलाई गैती (Pickaxe) को प्रयोगले फुटाउन सकिदैन, पत्रे चट्टान जसलाई भम्पल प्रयोग गरि तलवाटै सजिलै फुटाउन सकिन्छ, ३०० मि.मि. देखि ५०० मि.मि.सम्मका ढुंगाहरु, भिजेको अवस्थामा भन्दा सुख्खा अवस्थामा फुटाउन गाह्रो हुने चट्टानहरु आदि यस वर्गमा पर्दछन् । |
| मध्यम चट्टान (medium rock) | यस्ता चट्टान साधारण औजारको प्रयोगले टुक्राउन सकिदैन र फुटाउन घन तथा छिनो नै चाहिन्छ । कडा conglomerate, नदी किनारका ढुंगाहरु वा ५००मि.मि.भन्दा ठुला ढुंगाहरु इस वर्गमा पर्दछन् । केही कडा चट्टानहरु जसलाई सुख्खा अवस्थामा फुटाउन गाह्रो हुन्छ तर भिजेको अवस्थामा अलि बल लगाएर टुक्रयाउन सकिन्छ । |
| कडा चट्टान (hard rock) | Hand drill प्रयोग गरेर वा घन र छिनोको निरन्तर प्रयोगद्वारा टुक्राउन सकिने चट्टान यस वर्गमा पर्दछ । तथापी घन र छिनोले चट्टानलाई स-साना टुक्रयाउछ मात्र, सामान्यतया फुटाउनको लागि हाते ड्रिल (hand drill) का साथै feather र फेसा(wedges) हरुको आवश्यकता पर्दछ । |
| दलदल/हिले माटो (marshy soil) | पानी जम्ने कारणवाट वर्षेभरि भिजेको तथा हिलाम्मे अवस्थामा रहने माटो । यस्तो माटो नरम र दलदल खालको हुन्छ । |

तालिका ५: चट्टानी कडापनाको क्षेत्र वर्गिकरण (field classification या rock hardness)