भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 28 अंक (1) जून 2020 पृ. 87-94

राजमार्गों में भूस्खलन का प्रभाव तथा नियंत्रण

ललिता जंगपांगी एवं योगिता गरब्याल
दृढ़ कुट्टिम प्रभाग, परियोजना सहायक, भू-अभियांत्रिकी प्रभाग
सीएसआईआर-केन्द्रीय सड़क अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली 110 025

सारांश : तेजी से बढ़ती जनसंख्या और विकास कार्यों में अत्यधिक वृद्धि के कारण पारिस्थितिकी तंत्र में संतुलन बनाए रखना भारत के हिमालयी क्षेत्रों के लिए एक चुनौती बन गया है। हिमालय के विषम क्षेत्र में नए-नए सड़क जाल-तंत्र का बनना या हर मौसम में उपयुक्त सड़कों के निर्माण हेतु उनका चौड़ीकरण करने के कारण, प्राकृतिक ढलानों में अत्यधिक प्रभाव पड़ रहा है, जिनका निरीक्षण/उपचार अगर ठीक से नहीं किया गया तो इन राजमार्गों में भूस्खलन की पुनरावृत्ति हो सकती है। हर साल पहाड़ों और हिमालयी क्षेत्र के पहाड़ों में बने राजमार्ग/सड़कें, गंभीर भूस्खलन की समस्या का सामना करती हैं। इन घटनाओं की पुनरावृत्ति इतनी अधिक है कि राज्य, आमतौर पर पुनःस्थापन के मुद्दों का ही समुचित निराकरण नहीं कर पाता, लोगों के पुनर्वास और अल्पावधि/दीर्घकालिक राहत और प्रबंधन के मुद्दों पर पर्याप्त ध्यान देने का तो प्रश्न ही नहीं उठता है। सबसे ज्यादा निराशाजनक तथ्य यह है कि ऐसी घटनायें हर साल बढ़ती जा रही हैं जिसके परिणामस्वरूप केवल पुनर्स्थापना कार्यों पर ही अत्यधिक खर्च किया जाता है। वर्तमान में भूस्खलन न सिर्फ आम सड़कों को बल्कि संबद्ध जनसंरचना तथा आस-पास के वातावरण को कई तरह से प्रभावित करता है बल्कि राज्य को सम्पूर्ण सामाजिक व आर्थिक विकास को भी प्रभावित करता है। उच्चतम स्तर की आधुनिक तकनीक के बावजूद राजमार्गों को बाधाओं का निरंतर सामना करना पड़ रहा है। इस शोध पत्र में, हिमालय में राजमार्गों/सड़कों के आयोजना निर्माण और रख-रखाव संबंधी कुछ महत्वपूर्ण मुद्दों और कमियों के साथ-साथ भूस्खलन नियंत्रण के उपायों की भी चर्चा की गयी है।

Impact of landslides on highways and their control

Lalita Jangpangi & Yogita Garbyal
Rigid Pavement Division & Geo-Technical Engineering Division
CSIR-Central Road Research Institute, New Delhi 110 025

Abstract

Indian Himalayan region constantly faces the challenge of balancing natural ecosystem with the fast expanding population and overgrowing economic developmental demands. Construction of new road network in rugged terrain of Himalaya or their ongoing expansion into "all weather roads" is causing high impact on the natural slopes which if not monitored or treated well, can lead to recurring landslide failures these Highways.The highways/roads constructed across the hills and mountains of Himalayan terrain face severe landslide problems during every year. The frequency of their recurrence/occurrence is very high to the extent that states generally find them helpless in properly addressing these issues, not speaking about the rehabilitation and short term/long term mitigation and management issues. The processes keeps repeating and costs on only restoration works, increases many fold. Landslides not only disrupt the existing public roadways but also impacts the associated infrastructure and surrounding environment in many different ways which also affects the socioeconomic condition of the region. In spite of the modern technology of investigation, construction, mapping etc. the highways continue to suffer uninterruptedly. This paper discusses landslide some of the important issues and gaps pertaining to planning, construction and maintenance of highways/roads including landslide control in Himalaya.

प्रस्तावना

पर्वतीय क्षेत्रों में सड़कें भूस्खलन के कारण होती विपत्ति और खतरों से हमेशा प्रभावित होती हैं। यद्यपि स्थान विशेष की विशिष्ट बनावट तथा भूतत्व के आधार पर ये परिस्थिति कहीं भी हो सकती है, परंतु ये सबसे अधिक पहाड़ी क्षेत्रों के राजमार्गों एवं सड़कों में होते हैं। विभिन्न नियंत्रित करने वाली बाह्य/आंतरिक परिस्थितियों/कारकों में क्षेत्रानुसार विभिन्नता के कारण भूस्खलन तथा अन्य जुड़ी प्रक्रियाओं से होने वाले जोख़िम/प्रवणता/संवेदनशीलता भी प्रत्येक स्थान के लिए विभिन्न होती हैं। अतः इनकी निगरानी एवं निराकरण हेतु स्थल विशेष का विस्तृत

अध्ययन करने की आवश्यकता होती है। बढ़ती आबादी, शहरीकरण में बढ़ोत्तरी के कारण अनियंत्रित जंगलों का कटना और अनियोजित लैंड-यूज़ का विकास भूस्खलन प्रभावित क्षेत्रों को और भी ज़्यादा असुरक्षित बना देता है। भूस्खलन के ख़तरे कई सड़कों में इतने अधिक हैं कि उन तक पहुँच, सुरक्षा और पर्यावरण की दृष्टि से अत्यधिक जोख़िम भरा है। विश्व भर में सरकारी संस्थान और अन्य विकास प्राधिकरण, सुदूर क्षेत्रों में सड़क निर्माण के माध्यम से सामाजिक व आर्थिक विकास का कार्य करते हैं। अक्सर प्राकृतिक ढलानों को अस्थिर करना, बस्तियों के विस्तार को भूस्खलन क्षेत्र की तरफ बढ़ाते हैं। स्थानीय लोगों द्वारा सड़कों के आस-पास ज़मीन घेरकर उसमें मकानों और दुकानों का निर्माण, भूस्खलन के खतरों को और भी बढ़ा देता है। पर्यावरणीय कारकों में अत्यंत विभिन्नता के कारण ये क्षेत्र भूस्खलन के प्रति अतिसंवेदनशील हैं जो कि जान-माल के नुकसान को बढ़ा रहा है। एक अनुमान के अनुसार भारतीय भूमि का 15% या 0.49 मिलियन वर्ग किलोमीटर क्षेत्र भूस्खलन जोख़िम उन्मुख है जिसमें से 0.392 मिलियन वर्ग किलोमीटर हिमालयी क्षेत्र का भाग है। औसतन 550 मी^{3}./कि.मी./वर्ष के हिसाब से हिमालयी सड़कों में भूस्खलन का कुल मलबा लगभग 24 मिलियन घनमीटर प्रतिवर्ष होगा। भूस्खलन और बाढ़ जैसी घटनाएँ पिछले दशकों की तुलना में कई गुना बढ़ गयी हैं। उदाहरण के तौर पर केवल उत्तराखंड में ही पिछले 5 सालों में 500 से ज़्यादा भूस्खलन की घटनाएँ, उन मुख्य राजमार्गों के आस-पास हुई, जो कि देश के बड़े तीर्थस्थलों को जोड़ती हैं, जिसमें 6000 से ज़्यादा मौतें हुयीं और अरबों रुपयों के माल का नुकसान हुआ, इनमें केदारनाथ में जून 2013 में हुयी त्रासदी शामिल है। अनुमान के अनुसार सालाना भूस्खलन के कारण 500 लोगों की मौत और 300 करोड़ रुपए का औसतन वार्षिक नुकसान होता है।

वर्ष 2009, दार्जिलिंग में अत्यधिक वर्षा के कारण हुए भूस्खलन से 81 मौतें हुई। 41000 पीड़ित लोगों को सुरक्षा गृह में रखा गया और 109 राहत कैंप लगाए गए। अगस्त 1998 में उत्तराखंड राज्य के उखीमठ जिले के मधमाहेश्वर घाटी में एक भयंकर भूस्खलन हुआ था जिसमें 29 गाँवों के 900 से अधिक लोग प्रभावित हुए और 100 से अधिक मौतें हुईं। 8 अगस्त 2009, बादल फटने के बाद अत्यधिक भूस्खलन से पिथौरागढ़ जिले के मुंसियारी उप- मण्डल के तीन जनपद पूरी तरह से खत्म हो गए, जिसमें 43 लोग और 100 से अधिक जानवर मारे गए। 16-18 जून 2013 को देश के पहाड़ी क्षेत्रों में भारी वर्षा, तत्पश्चात भूस्खलन एवं बाढ़ ने क़हर ढा दिया। 2000 से अधिक भूस्खलन की घटनाएँ हुई और 5000 से अधिक लोग मारे गए। 18 अगस्त 1998, मालपा हिमस्खलन की घटना में 220 लोग मारे गए और ट्रैकिंग-रूट सहित पूरा मालपा गाँव काली नदी में विलीन हो गया। उत्तराखंड के मालपा में ही एक अन्य घटना में 8 से अधिक मौतें हुई एवं 16 लो लापता हो गए।

बार-बार आते भूस्खलनों से राजमार्गों की बहाली के लिए राजस्व की एक बहुत बड़ी धनराशि खर्च की जाती है। ये राशि न केवल सड़क निर्माण की लागत से अधिक होती है, बल्कि इससे वार्षिक सड़क प्रबंधन का बजट भी असंतुलित होता है, जिसमें दुर्भाग्यवश भूस्खलन का बचाव/राहत कार्य शामिल नहीं है। परिणामस्वरूप अधिकांश राजमार्गों का समुचित रख-रखाव नहीं हो पाता। जटिल भूगर्भीय संरचना और दुर्बल चट्टानों वाले पहाड़, अनायास वर्षा और भूकंप के झटके जैसे बाहरी ट्रिगरिंग बलों के कारण ढलानों अतिसंवेदनशील बना देते हैं। लेकिन सभी ढलान समान से प्रभावित नहीं होते, केवल कुछ ही ढलानें भूस्खलन से प्रभावित होती हैं। अधिकांश ढलानों में भूस्खलन प्राकृतिक गतिविधियों के बजाय मानवजनित होती हैं। इसी तरह से प्रत्येक घटना से विभिन्न आकार और आकृति के सैकड़ों में नए भूस्खलन उत्पन्न होते रहते हैं। इनमें से ज्यादातर भूस्खलन, जटिल भूवैज्ञानिक विशेषताओं, प्रतिकूल जलवायु परिस्थितियों आदि से जुड़े माने जाते हैं परंतु अनियोजित विकास संबंधी गतिविधियां इस तरह के घटकों के लिए अधिक जिम्मेदार होती हैं।

हिमालय में भूस्खलन के विभिन्न पहलू

जैसे-जैसे जनसंख्या में वृद्धि होगी और समाज अत्यधिक अधिक जटिल होता जाएगा, भूस्खलन और अन्य ज़मीनी विफलताओं के कारण आर्थिक और सामाजिक लागत में वृद्धि होती रहेगी। सभी प्राकृतिक आपदाओं में भूस्खलन सबसे महत्वपूर्ण आपदा बन गए हैं क्योंकि वे हमारे देश के हर पहाड़ी इलाकों खासकर हिमालय के निर्माणाधीन क्षेत्रों में अक्सर बड़े पैमाने में होते रहते हैं। इसलिए यह महत्वपूर्ण है कि सड़क/राजमार्ग के मूलभूत विकास में, पहाड़ी ढलान/भूस्खलन को सड़क के विकास नीतियों में एक महत्वपूर्ण तत्व के रूप में शामिल किया जाए। अत्यंत धनराशि, मानव जीवन के नुकसान और राजमार्गों पर खतरा बढ़ने के बावजूद, अभी भी कोई व्यावहारिक नीति नहीं बन सकी है।

राजमार्गों में भूस्खलन-इसके ट्रिगरिंग घटक और महत्व

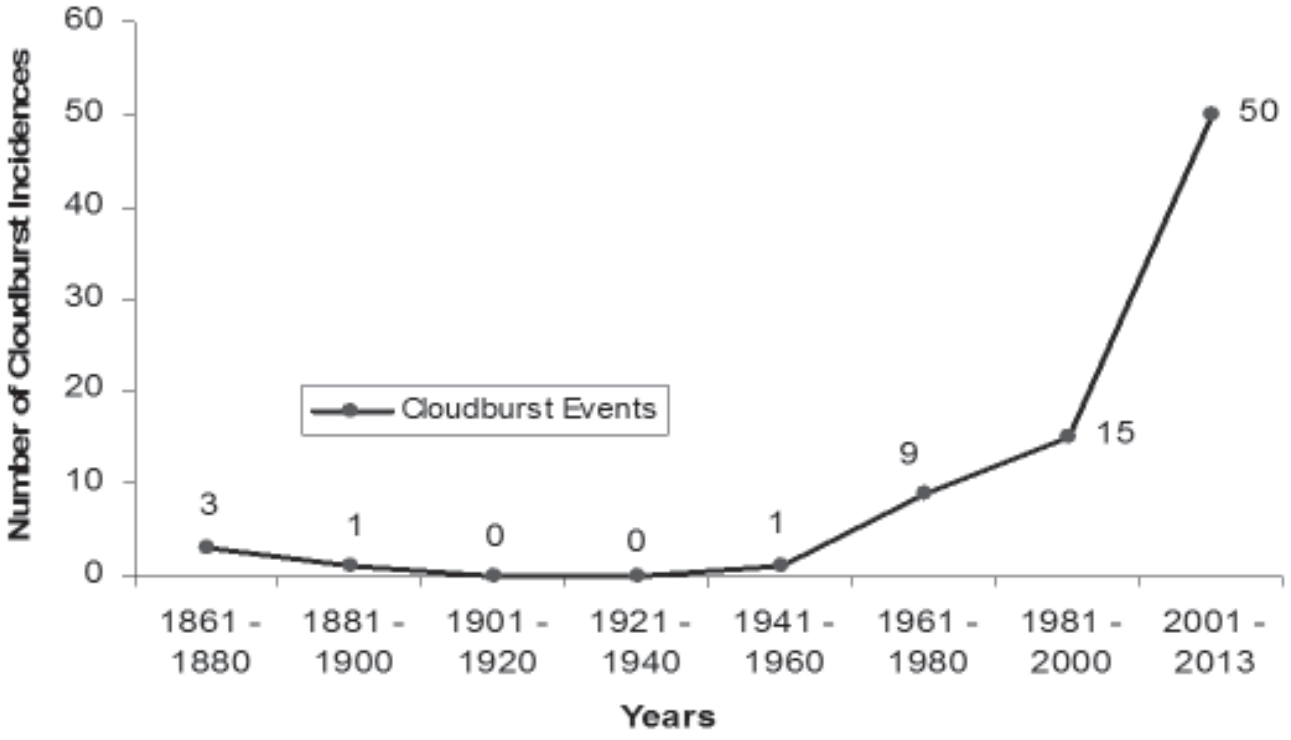
भूस्खलन बनाम बादल फटना

हिमालय क्षेत्र में बादल फटने के उपलब्ध आंकड़ों से स्पष्ट संकेत मिलता है कि बादल फटने वाली घटनाओं की संख्या समय के साथ बढ़ी हैं। साल 2000 से पहले और उसके बाद, विभिन्न

संसाधनों से उपलब्ध आँकड़ों में यह पाया गया कि साल 2000 से पहले केवल 29 घटनाओं में बादल फटने की घटना दर्ज़ हुई, जबकि साल 2000 के बाद 50 घटनाओं के साथ संख्या बढ़ी (चित्र 1)।

दक्षिण एशियाई क्षेत्रीय सहयोग संगठन (SAARC) के अनुसार एशियाई देशों में अत्यधिक बारिश का होना, भूस्खलन को ट्रिगर करता है (सारणी 1)। हिमालयी क्षेत्रों में सड़क निर्माण के दौरान मलबा पैदा होता है जिससे ढलाव अस्थिर हो जाता है। नदियों और सड़क निर्माण के दौरान पैदा होता मलबा और आगामी भूस्खलन और अन्य द्रव्यमान संचलन (mass movement) से होता मलबा तथा निरंतर पृष्ठीय अपर्दन (soil erosion) के कारण अवसादन (sedimentation) बढ़ा देते हैं और अन्य जल स्रोत जो कि पहाड़ी ढलानों और नदी के ताल (riverbed) को अवरुद्ध कर अस्थायी बांध का निर्माण कर देते हैं। जब भारी वर्षा होती है तो यह पानी सिर्फ़ बाढ़ के रूप में ही निकल पाता है। इन स्थानों में कम समय में अत्यधिक वर्षा और बादल फटने से ऐसे बांधों का निर्माण होता है। इन स्थानों में कम समय में अत्यधिक वर्षा और बादल फटने से ऐसे बांधों का निर्माण होता है। उदाहरण के लिए 5 अगस्त 1894 में बिरही घाटी में गौना-ताल का निर्माण हुआ, जिसमें 40 हज़ार मिलियन क्यूबिक पानी गढ़वाल हिमालय के कई गाँवों को बहा ले गया था। 20 जुलाई 1970 में पातालगंगा घाटी में बादल फटने के कारण हुई अत्यधिक वर्षा से प्राकृतिक रूप से निर्मित बांध शीघ्र गति से ढह गया। आकस्मिक बाढ़ से जीवन और संपत्ति का बहुत नुकसान हुआ। बेलाकुची गाँव जो जोशीमठ-नीती और बद्रीनाथ आते जाते वाहनों के यातायात को नियंत्रित करने का केंद्र था, पूरी तरह से नष्ट हो गया, जहां लगभग 15 वाहन और 35 लोग 20 जुलाई की घातक रात को मौजूद थे। सड़क निर्माण के दौरान होती गतिविधियां, भूस्खलन के खतरे को दो प्रकार से प्रभावित करती हैं। पहला, सड़क निर्माण से ढलानों में स्वाभाविक रूप से अस्थिरता आती है, यह ढलान को आंतरिक रूप से काटकर खड़ी ढलान पैदा करता है, जबकि मलबा ठीक से न हटाने पर सड़क पर भार बढ़ता है और प्राकृतिक जल निकास तंत्र को भी प्रभावित करता है।

दूसरा, बसी हुई बस्तियों से क्षेत्रीय यातायात तंत्र के जुड़ने से आते बदलाव से प्रभावित होता है। हिमालयी क्षेत्र जो भूकंपीय और विवर्तनिक (techtonically) रूप से बहुत सक्रिय हैं वे भी भूस्खलन को ट्रिगर करने का एक कारण है। भूकंपीय भूस्खलन



चित्र 1 – बादल फटने की आवृत्ति साल 1860 से 2013 तक

जिसे गतिशील भूस्खलन भी माना जाता है सबसे ज़्यादा नुकसानदायक संपार्श्विक (collateral) ख़तरा है। इसलिए सड़कों में ढलान के आस-पास बढ़ती हुयी बस्तियों के बसने से अत्यधिक जान माल का नुकसान तो होता ही है साथ ही राहत और बचाव कार्य में भी अवरोध पैदा करता है। 18 सितंबर 2011 को सिक्किम में 6.9 तीव्रता वाले भूकंप के आने के कारण, क्षेत्र के सड़क नेटवर्क के साथ कई नए और कुछ पुराने भूस्खलन सक्रिय हो गए, जिससे लोगों की परिस्थितियां और भी खराब हो गयीं। दार्जिलिंग-सिक्किम हिमालय की 12 अलग- अलग सड़कों पर कुल 210 भूस्खलन देखे गए। 210 भूस्खलनों में से 195 नए थे और 15 पुराने पुनः सक्रिय हो गए थे। जिसमें मलबा का बहाव (114), चट्टानों का खिसकना (77) और पत्थरों का गिरना (8) सबसे अधिक थे। 16 जुलाई 2001 में फाटा-बिंग क्षेत्र में भूस्खलन से 23 लोग मरे, सड़क पूर्ण रूप से क्षतिग्रस्त हो गया और फाटा-बाज़ार धवस्त हो गया। यह क्षेत्र, भूगर्भीय संरचना एवं भूकंपीय रूप से बहुत नाजुक है। विवर्तनित (Tecktonized) चट्टानें और MCT क्षेत्र की भुरभुरी ढलान, वर्षा, भूकंप, वाहनों की वजह से पड़ते सड़कों में कंपन और खनन कार्य भूस्खलन के मुख्य कारण हैं। बर्फीले क्षेत्र बादल के फटने से ज़्यादा असुरक्षित होते हैं। ग्लेशियर मोरेंस द्वारा निर्मित (Glacial Moraines) बांधें तुलनात्मक रूप से अधिक कमज़ोर होती हैं और अचानक टूट जाती हैं, जिससे अत्यधिक मात्रा में पानी और मलबा निकलता है[4]। ऐसे क्षेत्रों में, कम समय में अत्यधिक बारिश और बादल फटने से ऐसे बांधों का टूटना कई गुना तबाही बढ़ा देती हैं। उदाहरण के लिए (1) गोनाताल (5 अगस्त 1894), बिरही घाटी जहां 40 हजार मिलियन क्यूबिक पानी ने गढ़वाल हिमालय के प्रमुख शहरों को बहा दिया, (2) जुलाई 1970 में पातालगंगा बेसिन में अलकनंदा नदी में आकस्मिक बाढ़ ने बेलाकुची आबादी को नष्ट कर दिया जिसमें हज़ारों पर्यटक, तीर्थयात्री और स्थानीय लोग थे। (3) जून 2013 के महीने में केदारनाथ में बादल विस्फोट की घटना ने पूरी घाटी को तहस-नहस कर दिया जिसमें हज़ारों पर्यटक और स्थानीय लोग थे। हिमालय के राज्यों में भी 2012 में भी इसी तरह कि घटनाएँ घटी। 2012 में उत्तराखंड में तीन प्रमुख बादल फटने की और हिमाचल से भी दो घटनाएँ दर्ज़ की गईं थे[4]।

भूस्खलन खतरे से राहत और प्रबंधन प्रणाली

भारत में प्राकृतिक आपदाओं के निवारण और प्रबंधन के विभिन्न पहलुओं पर दशकों से चलते अनुसंधान और विकास कार्यों के बावजूद, निम्नलिखित प्रश्नों का व्यावहारिक जवाब देने की आवशयकता है[5]।

- वह कौन कौन से प्राकृतिक आपदा परिदृश्य है जिनकों, सड़कों और राजमार्गों के नियोजन, रचना, निर्माण और प्रबंधन कार्य से जोड़ा जा सकता है?
- छोटे और बड़े स्तर के खतरे (hazard) के नक्शे को देखते हुए, सड़कों और सड़क नेटवर्क के आपदा मूल्यांकन में किस कार्य प्रणाली का पालन किया जाना चाहिए?
- कैसे विज्ञान, भूस्खलन के उपकरण और मॉनिटरिंग सिस्टम को सुधारा जा सकता है, जो कि भूस्खलन से बचाव के लिए एक प्रभावी, विश्वसनीय और लागत प्रभावी पूर्व चेतावनी तंत्र प्रदान कर सके।
- भूस्खलन की रोकथाम और नियंत्रण के लिए कैसे प्रौद्योगिकी पैकेज को डिज़ाइन किया जाए जो स्थिति विशेष भूस्खलन की सम्पूर्ण जानकारी जैसे उसका इतिहास, चालू विकास योजनाएँ, पर्यावरणीय अनिवार्यताओं और जलवायु परिवर्तन की आवश्यकताओं को ध्यान में रखे।
- कैसे स्थानीय समुदायों को उनसे संबंधित क्षेत्रों में भूस्खलन से होते खतरे के बारे में बताया जा सकता है और आपदाओं से बचाने के लिए भूस्खलन प्रबंधन के बारे में प्रशिक्षित किया जा सकता है?
- सभी हितधारकों और भूस्खलन प्रबंधन एजेंसियों को कैसे ग्लोबल नेटवर्क के साथ जोड़ा जाए और नॉलेज नेटवर्क को कैसे विकसित किया जाए?

एक कामयाब भूस्खलन आपदा प्रबंधन प्रणाली जो हमें भूस्खलन से संबंधित मुद्दों और विशेष रूप से राज मार्गो से संबन्धित प्रबंधन को समझने मे मदद करे, उन्हें निम्नलिखित उद्देश्यों के साथ विकसित किया जाना चाहिएः

1. यह सुनिश्चित करना कि राजमार्गों के साथ खतरनाक ढलानों की सुरक्षा को पर्याप्त रूप से प्रबंधित किया गया है और उनकी स्थिरता को बनाए रखा गया है।
2. यह सुनिश्चित करना कि भूस्खलन आपदा और जोखिम वाले क्षेत्रों के निवासियों और संबंधित एजेंसियों को ऐसे आपदाओं की घटना के दौरान जोखिम के बारे में सूचित किया जाए ताकि वे जान-माल के नुकसान से बचने के लिए उचित कदम उठा सकें।
3. खतरे की स्वीकार्य सीमाओं की पृष्ठभूमि डेटा और दिशा-निर्देश प्रदान करना, जैसे कि खतरे को स्वीकार करना, खतरे को नज़र-अंदाज़ करना, खतरे की संभावना को कम करना, खतरे के प्रभाव को कम करना, खतरे की जांच करना और

खतरे को हस्तांतरित करना।

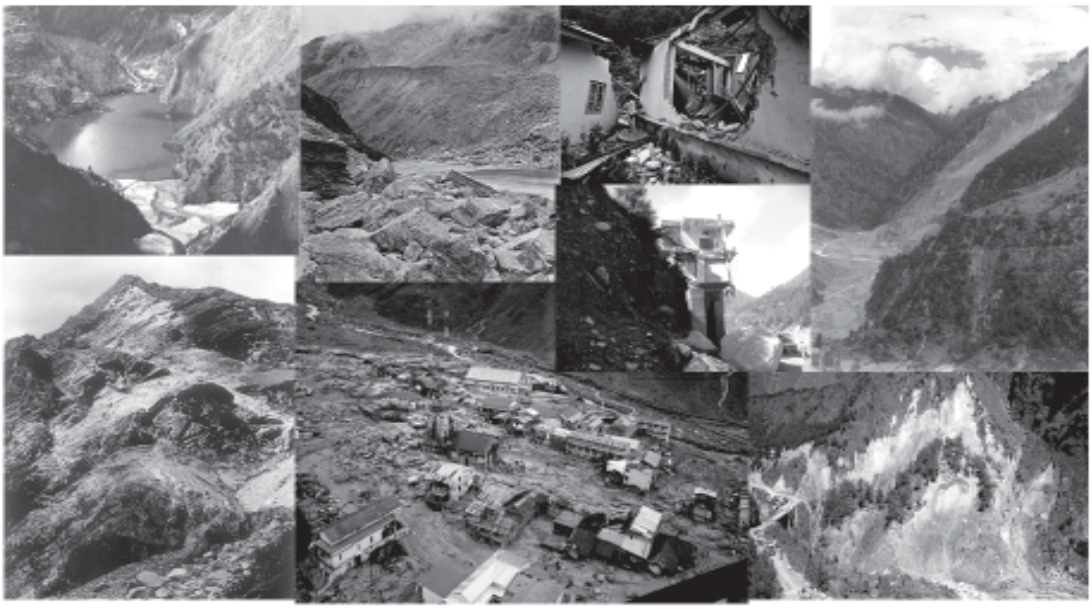
4. राजमार्ग नेटवर्क का सालाना परिचालन, ऑनलाइन पूर्वानुमान प्रणाली के माध्यम से सुनिश्चित करना, जिससे क्षेत्र के सामाजिक-आर्थिक विकास और सीमावर्ती क्षेत्रों में महत्वपूर्ण आपदाओं के सामरिक जरूरतों पर मजबूत असर पड़ता है।

भूस्खलन खतरे से राहत और प्रबंधन प्रणाली की इकाइयाँ

भूस्खलन प्रबंधन प्रणाली को पाँच भागों में बांटा जा सकता है:

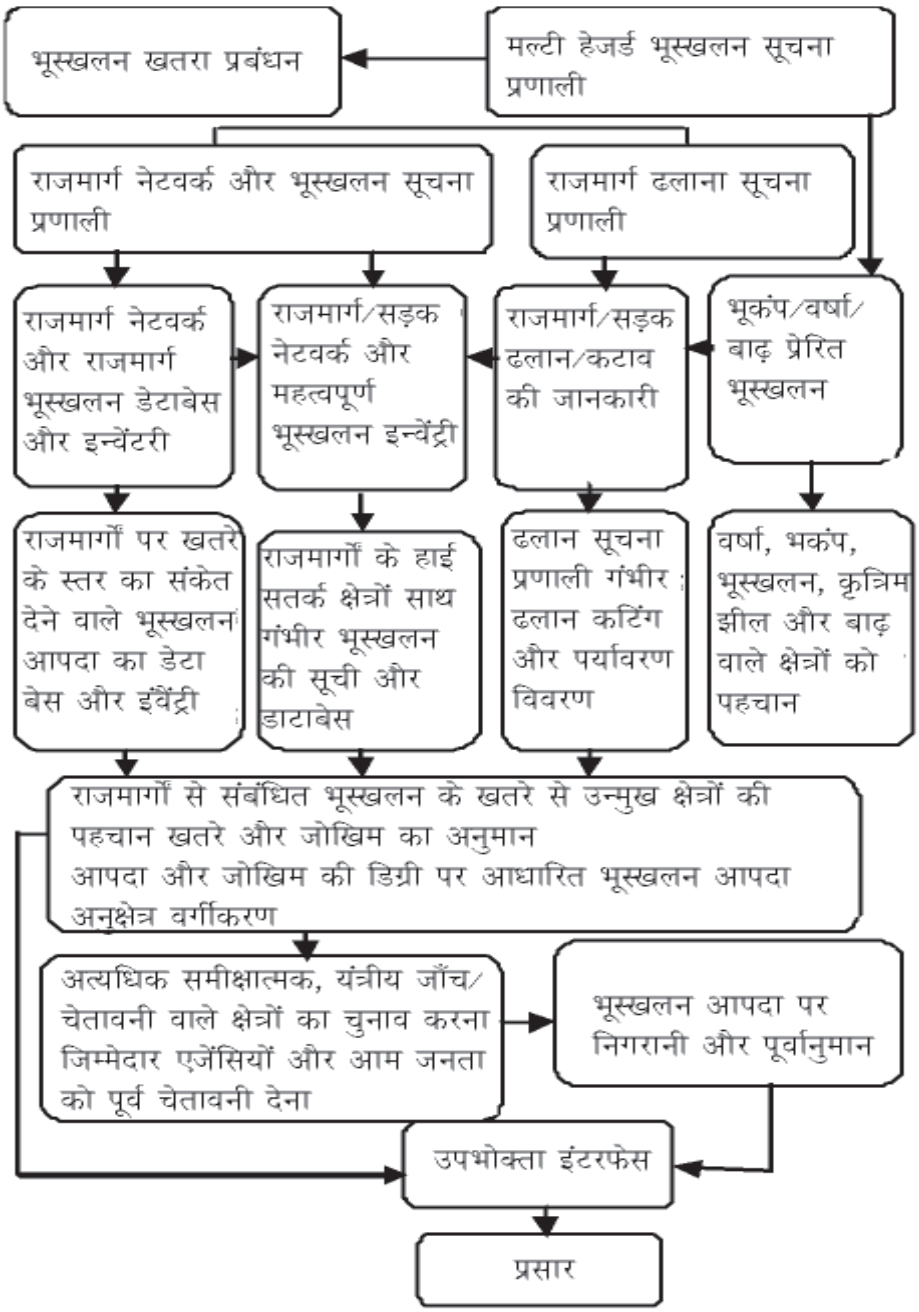
1. राजमार्गों के नेटवर्क और भूस्खलन की विस्तृत सूची (inventory) और आंकड़ा (database)।
2. राजमार्गों के ढलाओं की सूचना प्रणाली
3. भूस्खलन ख़तरे की निगरानी और पूर्व घोषणा प्रणाली
4. मल्टी-हज़ार्ड प्रणाली
5. भूस्खलन जोनेशन (zonation) और ख़तरे का आंकलन

पहला भाग, भूस्खलन की डिजिटल सूची के लिए डाटा-संकलन, प्रबंधन और उनका नवीनीकरण है। भूस्खलन का डेटाबेस एवं सूची का होना किसी भी राजमार्ग के मूलभूत सुविधाओं के निर्माण और प्रबंधन कार्यों से ज्यादा जरूरी है। डेटाबेस किसी भी भूस्खलन ख़तरे के आंकलन के लिए बहुत जरूरी है जैसे कि भूस्खलन की बारंबारता, रन आउट दूरी, वेग आदि। इसलिए किसी भी प्रबंधन व्यवस्था का पहला कार्य भूस्खलन की सूची तैयार करना है। ढलान का सूचना तंत्र सभी ढलानों और राजमार्गों के निर्माण के दौरान काटी गयी सड़कों की सूचना देगा। सड़क निर्माण के दौरान यदि, काटी हुयी सड़कों को बिना उपचार किए छोड़ा गया तो यह बारिश के दौरान पहाड़ उसकी की परतों (strata) को अस्थिर कर देगा। पहाड़ों में भू-क्षरण, सड़कों के कटाव के तुरंत बाद या सड़क निर्माण के कुछ वर्ष बाद शुरू हो जाता है जिसके परिणाम स्वरूप पहाड़ी क्षेत्रों में भूस्खलन या अन्य जटिल समस्याएँ पैदा हो जाती हैं और जिससे पहाड़ी क्षेत्रों को नुकसान होता है। ये सभी दीर्घकालिक भूस्खलन वाले क्षेत्र न सिर्फ़ सड़क और संपत्ति का नुकसान करते हैं बल्कि जनजीवन के लिए भी ख़तरा हैं। राजमार्गों का बार-बार क्षतिग्रस्त होना, वहाँ के लोगों के बीच में डर पैदा करता है और सामाजिक जीवन अवरुद्ध करता है। किसी भी पहाड़ी सड़क का रख-रखाव करने के लिए, सड़क कटाव को उसकी संवेदनशीलता के आधार पर वर्गीकृत करना चाहिए, जो बहुत ज़रूरी भी है ताकि भविष्य में उस इलाक़े में भूस्खलन की घटनाएँ रोकी जा सके और सड़कों का कार्य आसानी से चल सके। इसलिए सड़कों की सुरक्षा तब तक सुनिश्चित नहीं की जा सकती, जब तक उसकी कटाव और उनके जुड़ी हुयी ढलान के बारे में, खासतौर से नाज़ुक क्षेत्रों के बारे में न पता हो। बार-बार होने वाले बड़े भूस्खलनों का रियल-टाइम (real-time) निगरानी/जांच (monitoring) और उनके स्वभाव तथा मौसम के हिसाब से, ख़तरे का अनुमान लगाना एक अन्य जरूरी पहलू है। इन भूस्खलनों के रख-रखाव कार्यों द्वारा राजस्व को नुकसान पहुंचता है। इन भूस्खलनों का वैज्ञानिक रूप से अध्ययन करना एक प्रगतिशील क़दम के रूप में जरूरी होना



चित्र 2 – कुछ प्रमुख भूस्खलन की घटनायें जिन्होंने राष्ट्र को हिला दिया और अगर उचित कदम नहीं उठाए गए तो भविष्य में भी दोहराया जा सकता है

चाहिए और इनके अध्ययन में कुछ बातें शामिल होनी चाहिए जैसे प्राथमिक सर्वेक्षण, बड़े पैमाने में मानचित्रण, भू-तकनीकी, भू-आकृति-वैज्ञानिक, भू-वैज्ञानिक जांच-पड़ताल, यंत्रीकरण और मोनिट्रिंग, जोख़िम-विश्लेषण, पूर्वानुमान और उपचारात्मक कार्य। पूर्वानुमान प्रणाली पर आधारित होनी चाहिए ताकि कभी भी, किसी को भी ख़तरे की पूर्व जानकारी मिल सके और ख़तरे को टाला जा सके। भूस्खलन अक्सर बहु-खतरे वाली प्रक्रियाओं के मूल तत्व के रूप में होता है, जिसमें एक प्रारंभिक घटना दूसरी घटनाओं को ट्रिगर करती है या जिसमें दो या अधिक प्राकृतिक खतरों की प्रक्रिया एक ही समय में होती है। ये आमतौर पर अन्य



चित्र 3 – भस्खलन आपदा प्रबंधन योजना

सारणी 1 – भूस्खलन को सक्रिय करने वाला विश्वस्तरीय वितरण तंत्र (SAARC, 2007)

क्रमांक	गतिविधि	भूस्खलन की संख्या	विपत्तियों की संख्या	विपत्तियों का प्रतिशत
1.	तीव्र वर्षा	319	2690	89.2
2.	निर्माण कार्य गतिविधियां	25	101	3.3
3.	खनन और उत्खनन	17	53	1.8
4.	रिवरबैंक प्रक्रियाएं	5	23	0.8
5.	भूकंप	5	20	0.7
6.	हिमपात	2	9	0.3
7.	ज्वालामुखी विस्फोट	1	8	3.7
8.	अज्ञात	20	113	3.7
9.	कुल	394	3017	100

प्रमुख प्राकृतिक आपदाओं जैसे कि भूकंप, ज्वालामुखी की गतिविधियों और भारी वर्षा की वजह से आई बाढ़ के कारण होती है। बहुखतरे की समस्याओं को, किए जाने वाले व्यक्तिगत भूस्खलन खतरों के अध्ययन से बदल कर सभी प्रक्रियाओं के प्रभाव का अध्ययन में बदलना चाहिए। ऐसे कई उदाहरणों में से एक, भूस्खलन बांधों का बनना है। इसी तरह ऐसे उदाहरण हैं जब बड़े पैमाने पर भूस्खलन, भूकंप आने के बाद हुआ है, जो कि भूकंप का प्रभाव बढ़ने के कारण हुआ। निर्धारित खतरे को, एकत्रित किए गए आंकड़े से ख़तरे का विश्लेषण करके भूस्खलन ज़ोनेशन (zonation) मानचित्र के रूप में व्यक्त किया जाएगा। जिससे सभी संभावित प्रभाव जैसे जान-माल आदि के नुकसान का अनुमान लगाया जा सकेगा। इस भूस्खलन मानचित्र का महत्व सभी साझेदारों और स्थानीय लोगों को बताया जाएगा। भूस्खलन और प्रबंधन प्रणाली की एक संक्षिप्त प्रक्रिया चित्र 3 में बताई गयी है। इनमें से किसी एक घटक के अभाव में, किसी को भी भारी गल्तियों के साथ आंकड़ा तैयार नहीं करना चाहिए, हालांकि अतिसंवेदनशील ज़ोनेशन मानचित्र एक अच्छा उपाय हो सकता है।

भूस्खलन पर नियंत्रण

भूस्खलन क्षेत्र पर इसके तंत्र और इसके कारणों को समझने के लिए निम्नलिखित अध्ययन किए गए हैं। भूगर्भीय अध्ययन से पता चलता है कि यह एक नाजुक इलाका है जहां अतीत की विवर्तनिक गतिविधियों के कारण चट्टानें बर्बाद और बरबाद हो गईं। भौगोलिक रूप से, चट्टान की ढलान को तीन भागों में विभाजित किया गया है; राजमार्ग के निचले सतह से ढलान के आखिरी हिस्से तक (नदी के स्तर तक), दूसरा सड़क के स्तर से भूस्खलन के शीर्ष (crown) तक, जो सबसे सक्रिय हिस्सा है और तीसरा शीर्ष से ऊपर, वह भी सक्रिय भाग है। विशेष रूप से डिज़ाइन किए गए उपकरणों जैसे स्टील पैडस्टल, टोटल स्टेशन से निगरानी/जाँच की गई है, जो कि क्राउन और ऊपर के भाग के सबसे अधिक सक्रिय होने का संकेत देती है और बार-बार प्रतिक्रिया करती है। वास्तव में बार-बार होने वाले स्लाइड का मूल कारण बारिश पाया गया। क्षेत्र के भूगर्भीय, भू-आकृति विज्ञान, भू-तकनीकी आधार पर और यंत्रों द्वारा निगरानी से प्राप्त आंकड़ें के अनुरेखण के बाद, निम्नलिखित उपचारात्मक उपाय डिजाइन किए गए। ऊपर से आने वाले कंकड़ पत्थर को इकट्ठा करने के लिए रॉकफॉल बैरियर/गेबियन, सड़क पर गिरने वाले कंकड़ पत्थरों को रोकने के लिए स्टील का जाल, विशेष रूप से डिजाइन किए गए विक्षेपणे चनते का निर्माण करके निचले सतह (toe) की सुरक्षा, जूट कोइरमेश का इस्तेमाल कटाव पर नियंत्रण और वनस्पति विकास के लिए होता है।

निष्कर्ष

जब एक नई सड़क की योजना बनायी जाती है या उनका चौड़ीकरण किया जाता है तो निर्माण के दौरान और बाद में भूस्खलन की संभावना पर विचार करने के लिए मार्ग का संरेखण सावधानीपूर्वक निर्धारित किया जाना चाहिए। इसके बिना सड़कें, चौड़ीकरण के कारण अनपेक्षित ढलाव की अस्थिरता का समस्या का सामना करेंगी, जैसा की हिमालय की अधिकांश सड़कों में पाया गया। हर साल होने वाले सैकड़ों भूस्खलनों को वैज्ञानिक रूप से बड़े पैमाने पर अध्ययन किया जाना चाहिए जिसमें उनका बड़े पैमाने पर जांच, जोखिम विश्लेषण, आपदा का पूर्वानुमान और उसकी स्थायी स्थिरता शामिल हो। भूस्खलन को पृथक

घटना के रूप में नहीं देखा जाना चाहिए, बल्कि बाढ़, भूकंप, बादल फटने आदि जैसे अन्य घटनाओं के साथ-साथ देखा जाना चाहिए। क्योंकि भूस्खलन प्रक्रिया भी इसी तरह की घटनाओं के कारण होती हैं।

संदर्भ

1. AGS, Guideline for landslide susceptibility, hazard nal Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD). (2009) 9p.
5. Gangopadhyay S Kumar K, A Cover article on theme "safety and efficient management of road network in landslide prone areas. *Journal of Science and Culture. India Science News association Kolkata*, **75** (11-12), (2009)380-388.
6. Gangopadhyay S Kumar K, Hill road and highways vs. landslides hazards. Seminar on Recent Trends in Highways Development, IRC New Delhi 10-11Oct, (2012) 155-165.
7. Kumar K & Sati D, Exploring the history of Alaknanda - Patalganga tragedy of 1970 & possibility of its recurrence and impacts on Patalganga basin. A GIS and remote sensing based study. Proceedings of 8th annual conference and exhibition in the field of GIS, GPS, Aerial Photography and Remote Sensing, 7-9 Feb 2005. Map India & Geomatics 2005, New Delhi.
8. Kumar K, Prasad P S, Kathiat A, Negi I S, Mathur S, Landslide hazard management on mountainous highways of India. A critical need, 12th ESRI India User Conference, Noida (NCR), December 7-8 (2011).
9. SPIKER E C, GORI P L, National landslide hazards strategy, A framework for loss reduction. U.S. Geological Survey, Open. File Report 00-450 (2000).