

2015年ネパールゴルカ地震による土砂災害発生状況

(公社) 日本地すべり学会緊急調査団

檜垣大助 (弘前大学)・八木浩司 (山形大学)・若井明彦 (群馬大学)

1. 地震概要と調査経緯

2015年4月25日(土)11:56(現地時間)、ネパール中部ゴルカ郡(カトマンズ北西80km)の深さ約15kmを震源としたMw=7.8の大地震が発生した。震源断層破壊域は、同地点から東にカトマンズ盆地を含む東西120kmに及んだとされる(USGS, 2015)。また、その15分後にはコダリ近傍を震源とするM=6.8の余震、5月12日にはドラカ郡震源のM=7.3の誘発地震も生じた。当初、カトマンズやバクタプル市内での世界文化遺産倒壊や建物倒壊による甚大な被害が多数報告された。その後、トレッキングで有名なランタン谷での集落を埋没させた大規模な斜面変動や、アルニコハイウエー沿い、ゴルカ郡、ラスワ郡などで多数のランドスライドが報告されるなど、土砂災害の多発がしだいに明らかになってきた。

そこで、(公社)日本地すべり学会では理事会でネパール・ゴルカ地震災害対応委員会を組織し、5/29-6/2に緊急調査を実施した。現地では日本応用地質学会との合同調査として行い檜垣・八木・若井が現地に赴いた、また、先行して新潟大 福岡浩氏も5月上旬に調査を行っている。土木学会・地盤工学会・建築学会等も5月に調査団を派遣しており、国交省でも5月中旬から2か月間、復旧・復興ニーズ調査で3人のハイレベル専門家(耐震・都市・住宅)がJICAにより派遣されている。

2. 土砂災害発生概要と対応

車道から遠く離れた地域を含む山岳部の被災情報はいまだ十分に把握されていない。一方で、5月中旬以降、地元新聞紙上では、雨季到来の懸念から、ランドスライド危険の高い地域での住民移転(避難を含む)を行政機関が薦める報道が多くなっている。5/12の地震ではタマコシ川流域などに甚大な被害が生じ、さらに、5/24には、地震影響の少なかったネパール西部カリガンダキ川のダウラギリとアンナプルナの高峰を穿つ峡谷南部(MCT南隣)で大規模な崩壊で河道閉塞が生じ15時間後越流決壊した。これらにより国内での今後の地震や雨によるランドスライドへの不安はさらに高まったと言える。

一方、カトマンズとテライを結ぶプリスビハイウエー、開通式間近であったシンズリ道路では大きな被害はなく早い段階から交通が確保されている。

地震によるランドスライドや天然ダム発生については、連休頃からDigital Globe社から災害対応支援を目的に光学画像が順次公開されており、これを利用した世界各国のボランティアによる崩壊箇所把握が行われ、5月下旬までに3000箇所以上のランドスライドが認められている。また、調査団が聞き取った結果、ネパール政府では、DMG(鉱山地質局)、

DWIDP, TU(トリババン大学), ネパール地質学会, ICIMOD が中心となり、被害報告の多い Gorkha, Dadin, Rasuwa, Nuwakot, Sindhupalchouk, Dolakha 各郡に、専門家を送りランドスライド状況の緊急調査を行っている（結果は 6 月中旬にはまとめられる予定）。7 月で新予算年度になることから、ネ政府は 6 月中旬に国家会議、さらにドナー会議まで開き、来年度の復旧・復興事業の検討を急務とする段階にあるという。DWIDP では、ランドスライドインベントリー作成に基づく危険地域の抽出と対応策検討が急務であり、また、5 か年程度の復興計画でランドスライドハザードマップ作成を進めることを考えており、技術的支援が必要とされよう。

なお、八木・檜垣・佐藤剛（帝京平成大）による一部地域の衛星画像判読から、ランドスライドは、ゴルカからタマコシにかけて東西に延びる MCT 沿いの北へ向かって山地の起伏が大きく急峻になる地域に多発していることが分かった。このゾーンは、主要河川の河床勾配が上流へ急になる所であり、水力発電施設が存在しやすいことや、山奥の集落と郡中心地を結ぶ道路が通過することの多い場所でもある。

3, 現地調査結果概要

限られた時間での調査だが、1) ランタン谷の空中調査、2) シンズパルチョウク郡の空中調査・地上調査、3) カトマンズ市内の地盤変状調査、を行った。

1) ランタン谷

この谷はトリスリ川にシャブルベシで合流するランタン川沿いで、海拔 3000—4000m の U 字谷底にいくつかの集落があり、トレッキングやヤク放牧が盛んな地域である。いくつかの崩壊が起こっているが、4/25 の地震で、海拔 7240m のランタンリルンの南西壁（他にもありそうだが）の岩盤と氷河の崩壊が生じ、下方にあったモレーン？や氷河の崩壊も併せ、大規模な泥を多量に交える岩屑・氷なだれとなって、ランタン村を埋没させた。比高は 3000m 近くに達したようである。高速の土砂移動は爆風を伴い、ランタン川対岸の高木をなぎ倒した。関係は不明だが同谷 6km 上流のキャンジンでも風で屋根が飛ばされた。土砂量はそれほど多くないらしく湛水は生じていない。

この他、トリスリ川の V 字谷出口ラムチェ付近まで、多数の崩壊一部地すべりが生じ天然ダム化している箇所もある。この下流に水力発電施設が見られる。シャブルベシードンチェートリスリ間の道路も崩壊・地すべり被害箇所が多い。

2) シンズパルチョウク郡

空中調査で、主にネパール領内のボテコシ（スンコシ上流）川とその支流を調査した。八木作成分布図にあるように、多数の崩壊（地すべりは少ない）と、急峻な斜面には農地の亀裂が見られた。いずれも遷急線付近や溪岸急斜面の岩盤・風化岩崩壊が多く、斜面比高は 1000m 以上に及ぶ所も多いため、移動土砂量が大きいと言える。農地を埋没させた崩壊や国境の町コダリでは集落に突入した崩壊も見られる。アルニコハイウエーや発電施設

があり、中国側の崩壊地含め、重要施設・集落と崩壊地の関係や土石流被災危険箇所の把握が重要である。また、多数の山腹崩壊で住民が尾根部にテントで避難している状況も見られた。このエリアは今回の地震で最も土砂災害懸念の高い地域の1つである。

地上調査では、郡中心チョウタラ（Chautara）周辺を訪れた。見た目であるが2割強の建物が居住不能の全壊という感じである。とくに、尾根上の街道に沿って開けた街で被害がひどく、頂部を切土して両側に盛りこぼした急斜面に基礎を置いた建物の倒壊や、石積土壁住宅の被害がひどい。尾根部での地震増幅による被害も考えられる。急斜面下の地すべり地形が再活動した形跡は見られなかった。

3) カトマンズ市内

すでに報告が多い地域であるが、2つ特筆点を記す。

1) 世界文化遺産スワヤンブナート寺院は、盆地から比高100m弱の小山の上にあるが、その敷地で何か所か沈下や亀裂が生じている。その上にある遺産建築物も取り壊ししないといけないものもある。UNESCOとしては斜面安定のための調査・対策を検討を必要としている。長年の盛土や廃棄物が斜面を覆うことが原因と推定され、ボーリング調査・傾斜系等での変動監視を提案した。

2) 高規格のカトマンズーバクタブル道路で路面に数か所変状が生じた区間を調査した。この部分は谷を盛土した区間であるが、西南西―北北東方向に延びる亀裂は、段丘面にも数百m以上続いており、その上のみ著しい住宅の変状が見られた。推定であるが、盆地を構成するやや軟質な層での地震動の応答の結果生じたラテラルスプレディングの可能性もある。異常に長周期な地震動の生成など、盆地の厚い軟質層の影響は、地震動に影響した可能性がある。

4、今後に向けて

この雨季の危険を回避する山間地での適切な場所への移転（避難地確保）や、道路・発電施設等周辺の危険箇所点検や天然ダムの変化状況と決壊時のリスク評価など、緊急に行う必要がある。まずは、ランドスライド発生個所把握と危険性の簡易評価が必要である。中長期的には、地震時のランドスライド危険箇所の把握、氷河を持つような高起伏山岳地での危険斜面の把握とモニタリングなどが必要である。また、崩壊地対策として DWIDP に蓄積されたバイオエンジニアリングの効果評価資料なども参考にインフラ防災対策検討が必要である。



Lantan集落を襲った岩屑・氷なだれと泥(左手奥のU字谷壁岩盤の上方から来て写真中央右にあった集落を埋没させた)(Rasuwa)



崩落の際の爆風?で建物が損壊したKyanjin集落 (Lantan, Rasuwa)



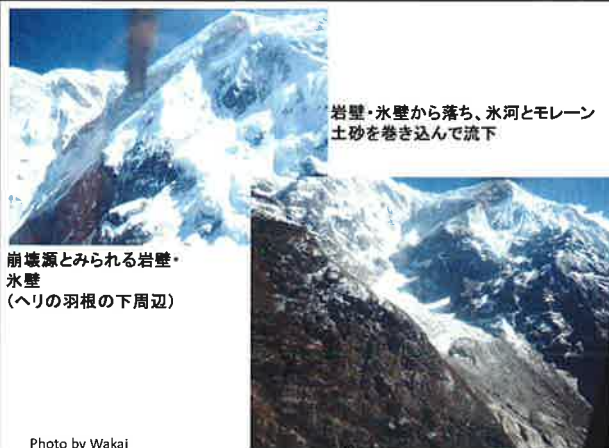
Lantan谷へ流れ込んだ岩屑・氷なだれ (泥は対岸へ駆け上った:中央)



Lantan Lirun南西側の岩壁と氷河(中央やや上)が崩落したと思われ、氷河上を通りLantan谷U字谷壁を落下。



ランタン川対岸の斜面で爆風でなぎ倒された針葉樹高木



岩壁・氷壁から落ち、氷河とモレーン土砂を巻き込んで流下

崩壊源とみられる岩壁・氷壁 (ヘリの羽根の下周辺)

Photo by Wakai



写真の右側矢印付近からへ向かって岩屑・氷なだれがU字谷壁を下りLantan集落Lantan川を埋めた(写真下方には農地跡や歩道が見える)



Gosai kund山塊南側の村一屋根だけが残った人家や崩壊が多数見られる(Nuwakot)



Sindhupalchouk郡の中心地Chautaraの状況(痩せ尾根上に並ぶ人家で被害が著しい一地震動増幅のためか?)



Chautara市街の状況(尾根沿いに発展した市街地では、尾根部の切土を盛った斜面に基礎がある建物で被害が大きいようである。)



尾根部の平坦地(グラウンド)に解説された緊急支援基地(各国の赤十字等医療チームなどが活動している)(Chautara, Sindhupalchouk)



崩壊の集中するKodari, Tatopani付近(Bhote Koshi 川)



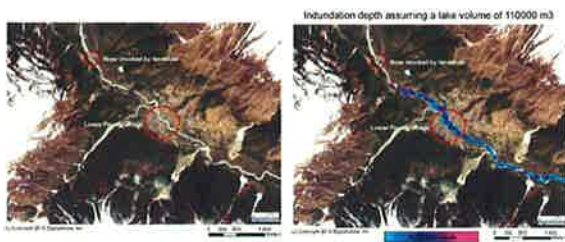
地震後に形成された天然ダム
と
被災したLANGTANG集落

インターネットから収集したもの

2015. 4. 25に発生したM=7.8のGorkha地震により形成された6か所の大きな崩壊地のうち、Gandakili流域のManangのPisang村付近の天然ダム。ICIMODにより、決壊した場合のシミュレーションが行われている。
MUKHYA GOTAME(SNOWYAKS@YAHOO.COM)



決壊した場合のシミュレーション
ICOMOD



2015.5.24 午前2時頃、ネパールの北西部ダウラギリ県ミヤグディ郡のBhagwatiVDCのBaishari付近で崩壊が発生し、Gandakili川を堰き止めた。水位が150mも上昇し約4,000人の住民が避難した。インド側でも警戒態勢を敷いた。16時間後に越流して、洪水が発生したが、特段の被害は発生しなかった。



http://news.xinhuanet.com/world/2015-05/25/c_127837282.htm

<http://setopati.net/society/6758/Water-overflows-from-Kaligandaki-dam/>
越流した後の下流部での洪水状況



天然ダムにより流水が堰止められ干上がった河川
<https://twitter.com/gocoolchhetri>



越流が始まった天然ダム
<https://twitter.com/gocoolchhetri>

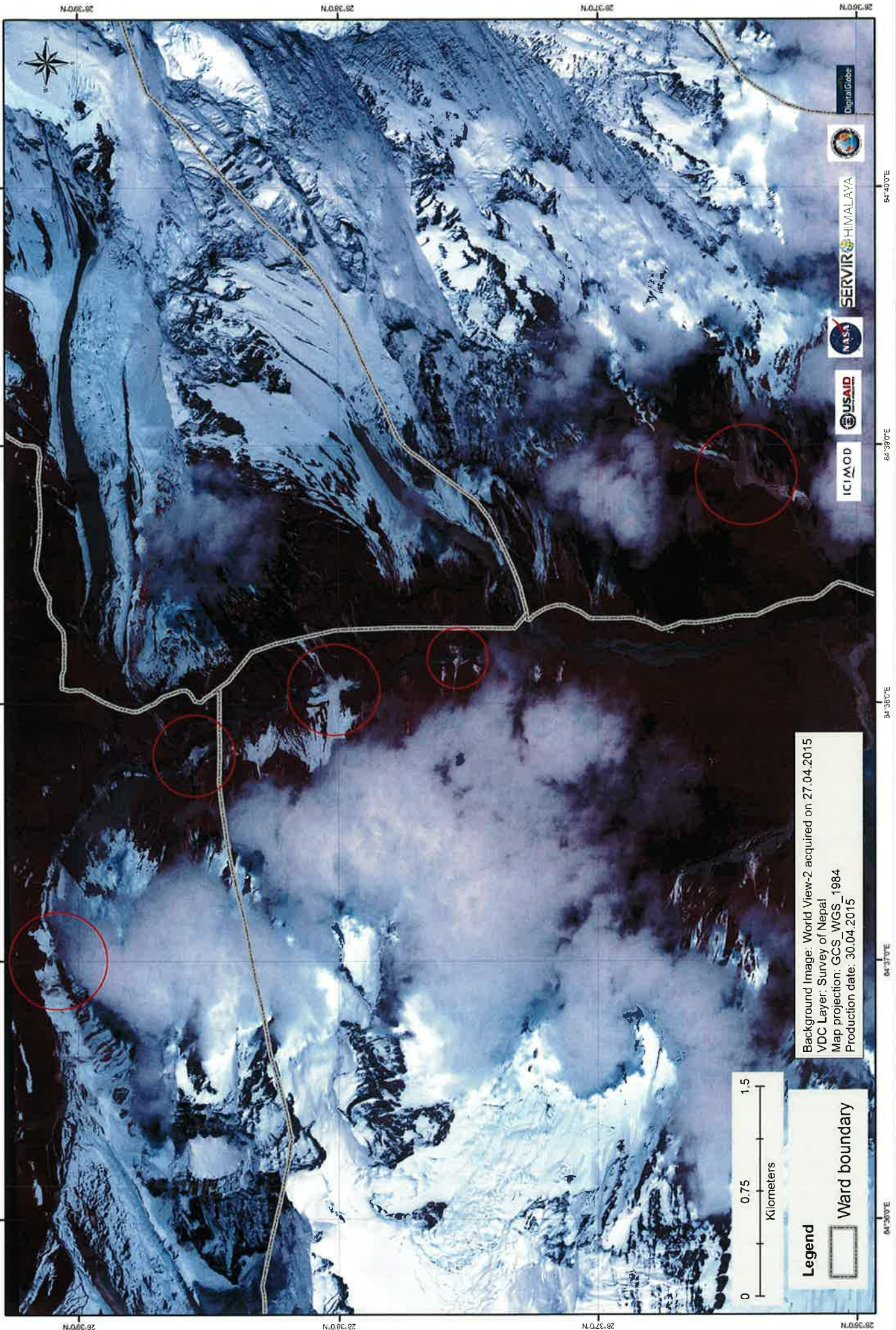


越流後、下流からの状況eKantipur





Avalanche blocking upper reaches of Budi Gandaki in Ward No. 5, 6 and 8 of Samagaun VDC, Gorkha district of Nepal



Background Image: World View-2 acquired on 27.04.2015
VDC Layer: Survey of Nepal
Map projection: GCS WGS 1984
Production date: 30.04.2015

Legend
Ward boundary

0 0.75 1.5
Kilometers

USAID ICI/MOD NASA SERVIR HIMALAYA DigitalGlobe





資料 4

- Thamserk
- Kusum Ka
- Lobuje Ea
- Mehra (Kc
- Parchamo
- Kongde Ri
- Pokalde
- Ramdang
- Pumo Ri
- Cho Oyu
- Gaurishan
- Ganesh Hi
- Langtang I
- Langtang R
- Naya Kang
- Paldor
- Annapurna
- Chulu East
- Chulu West
- Mardi Him
- Pisang Pea
- Singu Chuli
- Tharpu Chuli
- Manashu
- Manaslu
- Thampus P
- Dhaulagiri
- Kanjirowa
- Sarjal Chuli
- Api

- Dhaulagiri II D7
- Dingjung Ri F13,14
- Dorje Lakpa E12
- Dorje Pahad E12
- Dund G17
- Everest F14,15
- Ganesh I E11
- Ganesh II E11
- Ganesh III E11
- Ganesh IV E11
- Ganesh V E11
- Ganesh VI E10,11
- Ganesh VII E11
- Gaugiri C9
- Gauriskankar F13
- Gorakh A5
- Himal Chuli F10
- Mukut Himal D7,8
- Mustang Himal C8
- Mutkya Chula D5
- Nilgiri D8
- Nimuche Tuppa A3
- Nuptse F14
- Paldor D11
- Pathibhara F17
- Phurbo Chyachu E12
- Pikey Peak F14
- Pumo Ri F14
- Putha Hiun
- Chuli D7
- Rakardu A4, 5
- Rani Peak F10
- Naulatirtha Tal B5
- Panch Pokhari F13
- Panch Pokhari F14
- Panch Pokhari F16
- Panch Tal D1
- Panch Tal D8
- Phoksundo Tal C6
- Ponkar Tal D9
- Rani Tal D1
- Rara Lake B5
- Rini Maksha Daha C5
- Rupa Tal E9
- Sabai Tsho F14
- Salpa Pokhari G14,15
- Sun Tal D6
- Surma Sarovar
- Tal B3
- Svayambhu B5,6
- Jajjala La E7
- Jangla Bhanjyang D6
- Jhinsang La F17
- Jhonta La C6
- Jyanta La C6
- Kagmara La C6
- Kang La A5
- Kang La D9
- Kangya La E12
- Keke La F15
- Khang La F17
- Khoma La C7
- Khung La B7
- Kimathanka La F15
- Kora La C8
- Lagu La D9
- Lakshmi La D10
- Raga La F16
- Renjo La F14
- Rupina La E10
- Sabui Bhanjyang E10
- Sakya La B4
- Samari
- Bhanjyang F10,11
- Sarpe La A3
- Sechi La A4
- Sela La C7
- Sele La F16
- Shimen La C7
- Shiyaba La C9
- Tashi Labtsa F13,14
- Teri La D9
- Thang La F16
- Dhankuta H15
- Dharan H15
- Dhulikhel F12
- Diktel G14
- Dipayal C2
- Dunai D6
- Dunche E11
- Gaighat H14
- Gangadhi B5
- Gaur H11
- Ghorahi E5,6
- Gorkha F10
- Gulariya E3
- Hetauda G11
- Ilam H16
- Inarwah15

INDIA