

カトマンズリングロード内外の動的なコーン貫入抵抗と地域特性に関する一考察

山梨大学 学生会員 ○柏原 史弥
 山梨大学 正会員 荒木 功平
 山梨大学 正会員 宮本 崇
 山梨大学 正会員 中村 高志

1. はじめに

ネパール連邦民主共和国（以下、ネパール）の首都カトマンズ北西 77km 付近、ガンダキ県ゴルカ郡サウラパニの深さ 15km を震源として 2015 年 4 月 25 日に Mw7.8（アメリカ地質調査所）の地震（以下、ネパール・ゴルカ地震）が発生した。ネパール人口の約 30%（約 800 万人）が被災したといわれている¹⁾。一般に戸建住宅のような小規模な建造物は、地盤に作用する荷重が小さく、地表下数 m が支持力や沈下に主に影響する²⁾。

本報告では、カトマンズ盆地の地表下数 m の地盤構造に関する知見を得る目的で、簡易動的コーン貫入試験を行い（2015 年 8 月）、地形等の地域特性と合わせて一考察を述べている。

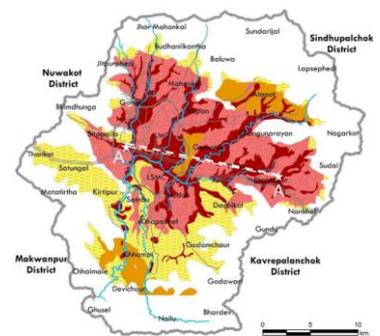
2. ネパール・ゴルカ地震の液状化等の調査報告例に関する概要と一考察

図-1 にカトマンズ盆地の地盤特性（液状化マップ）³⁾を示す。（公社）地盤工学会³⁾はネパール・ゴルカ地震の特徴として、「液状化発生地点はこれまでに確認できているだけで数カ所。それによる被害は認められない」ことを報告しているが、それと同時に「今回程度の比較的小さな加速度と繰り返し回数でも液状化する軟弱な地盤であることが改めて確認された」こと、「想定地震では大規模な液状化被害の発生が容易に想像できる」こと、ネパール、カトマンズ盆地の「液状化判定法が確立していない」ことを指摘している。

液状化被害に関する報告は少ないが、噴砂などの液状化の発生地点については、バグドール⁴⁾、Bungamati⁵⁾、また、Imadol, Duwakot, Ramkot, Hattiban, and Manamaiju⁶⁾など複数例あり、カトマンズのリングロード内では、「傾いた建物は川沿いの特に川が分岐する地点の軟弱地盤領域に被害が点在する」⁷⁾ことが報告されている。地域特性と地盤の動的なコーン貫入抵抗値などが関連づけられれば有用な知見となるとおもわれる。

3. 簡易動的コーン貫入試験の実施場所の概要

カトマンズリングロード内外で簡易動的コーン貫入試験を実施（2015 年 8 月）した。写真-1 に貫入状況・現地状況の一例として Kathmandu の Shova Bhagawati の Vishnumati 川に近い地域での実施状況を示す。地震により大きく傾斜した建物がみられた。図-2 に調査位置関係（図中（a）～（h）の全 8 地点）（Google Earth）を示す。図-3（a）～（h）には図-2 に示した調査地点の概況（Google Earth）を拡大したものを示す。



(UNDP(1994)液状化予測図に加筆)
 図-1 カトマンズ盆地の地盤特性（液状化マップ）³⁾



写真-1 貫入状況・現地状況の例

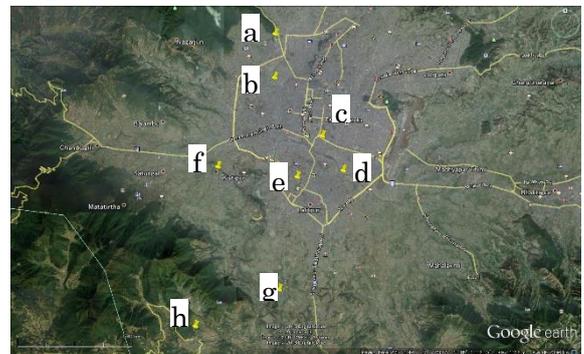
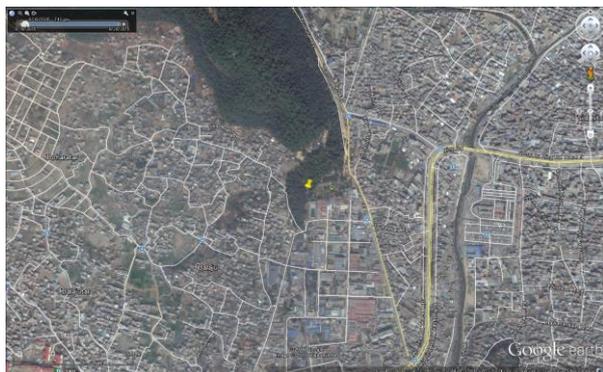


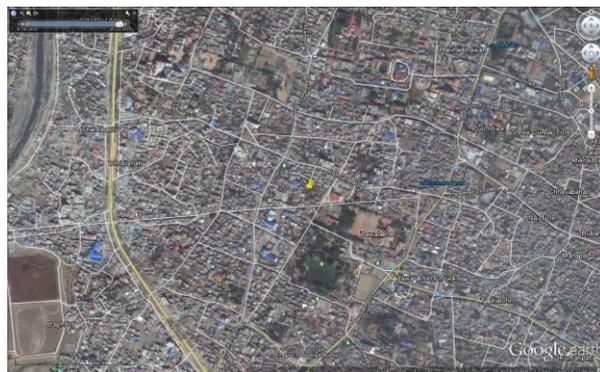
図-2 調査位置関係（Google Earth）

キーワード ネパール・ゴルカ地震, 動的なコーン貫入抵抗, 地域特性

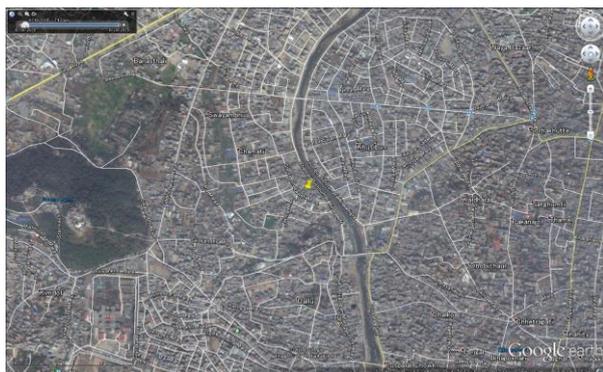
連絡先 〒400-0016 山梨県甲府市武田 4-3-11-B-1-124 山梨大学工学部 TEL. 055-220-8528 E-mail : karaki@yamanashi.ac.jp



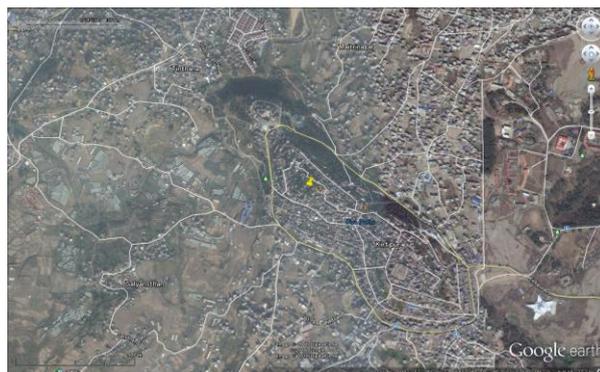
(a) Kathmandu, Balaju Park 近傍
 27° 44' 01.4" N, 85° 18' 00.4" E, elev 1323m



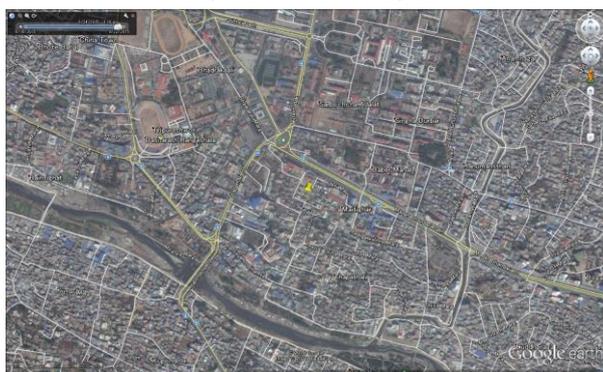
(e) Lalitpur, KISC school 近傍
 27° 40' 33.3" N, 85° 18' 36.6" E, elev 1321m



(b) Kathmandu, Vishnumati 川近傍
 27° 42' 58.2" N, 85° 17' 59.2" E, elev 1296m



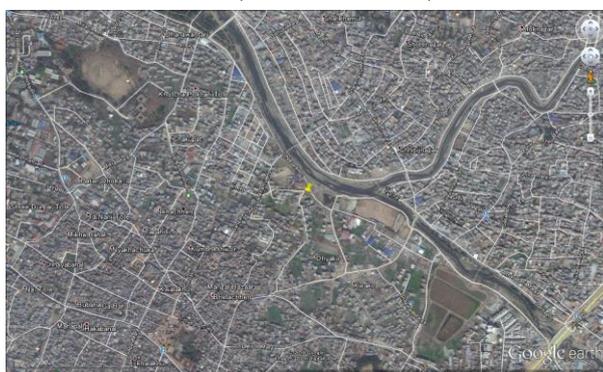
(f) Kirtipur, Uma Maheshwor Temple
 27° 40' 48.1" N, 85° 16' 26.9" E, elev 1415m



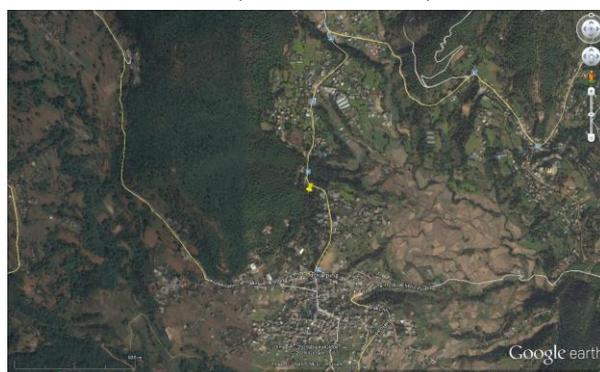
(c) Kathmandu, Hotel Kido
 27° 41' 32.9" N, 85° 19' 17.3" E, elev 1302m



(g) Bungamati, Bungadaya 寺院近傍
 27° 37' 48.9" N, 85° 18' 06.9" E, elev 1347m



(d) Lalitpur, Bagmati 川近傍
 27° 40' 42.7" N, 85° 19' 51.5" E, elev 1291m



(h) Dakshinkali, Narayan 寺院近傍
 27° 36' 57.9" N, 85° 15' 51.6" E, elev 1568m

図-3 調査地点ごとの位置概要 (Google Earth)

(a) ~ (c) が Kathmandu, (d), (e) が Lalitpur, (f) が Kirtipur, (g) が Bungamati, (h) が Dakshinkali である。(a~e) の 5 地点がカトマンズリングロード内, もしくは周辺である。なお, 写真-1 の地点は (b) が該当する。5 地点のうち河川から最も遠いのは (e) である。全 8 地点の中で標高が最も低いのは (d) で, かつ川の分岐点に近い。標高が最も高いのは (h) で, 次に (f), (g) が続く。

4. 簡易動的コーン貫入試験の方法と試験結果に関する一考察

①試験方法

簡易動的コーン貫入試験⁸⁾は, 質量 $5\pm 0.05\text{kg}$ のハンマーを $500\pm 10\text{mm}$ の高さから自由落下させ, 地盤の動的なコーン貫入抵抗を求めるものである。100mm 貫入させるのに要する打撃回数を N_d 値として記録する。貫入深さは周面の摩擦が大きくなる 3m 以浅が適当とされている。一般に貫入中止は 10 回の打撃による貫入量が 20mm 未満であるが, 本報告では 50 回の打撃による貫入量が 100mm 未満とした。

②試験結果

図-4 (a) ~ (h) に図-3 (a) ~ (h) の各地点の簡易動的コーン貫入試験結果を示す。ただし地点 (e), (f) は, 貫入中止深さは 3m に到達しなかった。図-4 (a) ~ (h) をみると全体的には N_d が 15 以下が多い。特に (d) は, N_d が 5 以下の特に緩い表層土が 200cm 以上連続する。また, (a), (c) は N_d が 10 以下の緩い表層土が厚く, 290~300cm ある。一方, (e) は, 1m 以深で $N_d=15\sim 25$ が多く, 全 8 地点の中では比較的良好といえる。(f), (h) は N_d が 20 以上の締まった地盤を含むことがわかる。

5. おわりに

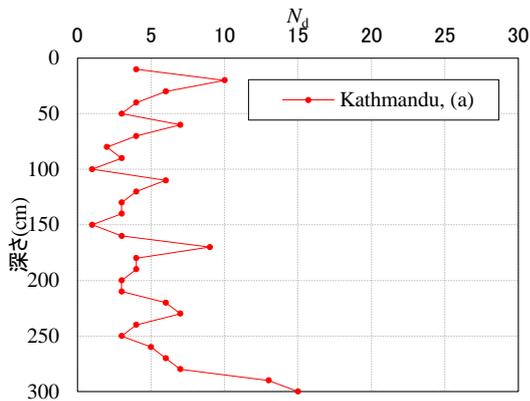
ネパールのような発展途上国では, ボーリングデータの報告例自体が少ない。また, 装置を運搬し, 海外で貫入試験を実施することも容易ではないため, 試験データは稀少で貴重なものとなっている。

本報告では, カトマンズリングロード内外で簡易動的コーン貫入試験を実施 (2015 年 8 月) した。調査地点 8 箇所を総じて貫入抵抗 N_d は 15 以下が多く, 緩い地盤であった。 N_d が 5 以下の特に緩い表層土が 200cm 以上連続する地点 (図-4 (d)) は標高が最も低く河川分岐地点であった。1m 以深で N_d が 15~25 が多い比較的良好な地点 (図-4 (e)) はカトマンズリングロード内の調査地点の中で河川から最も遠い地点であった。カトマンズのリングロード内では, 「傾いた建物は川沿いの特に川が分岐する地点の軟弱地盤領域に被害が点在する」との報告⁷⁾がある。液状化の発生が点在化していることと地域特性の関連性を明らかにする上で, 本報告が日本だけでなくネパール等の関係研究機関に有用で稀少なデータ提供となることを期待したい。

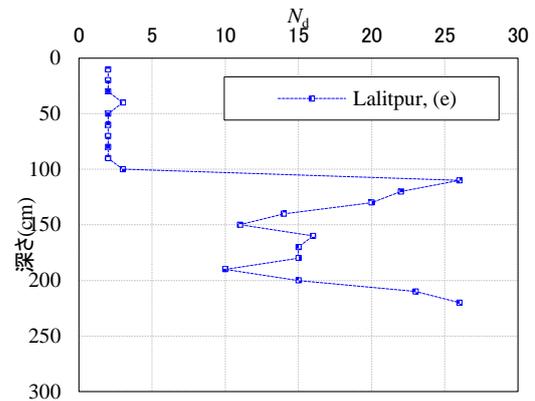
謝辞: 本研究は, 国立研究開発法人科学技術振興機構の国際緊急共同研究・調査支援プログラム (J-RAPID) (代表者: 風間ふたば (山梨大学)) により実施されました。本研究の一部は, 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) (代表者: 風間ふたば (山梨大学)), 国土交通省の河川砂防技術研究開発公募地域課題分野 (砂防) (代表者: 荒木功平), 山梨大学の分野横断的融合研究プロジェクト (代表者: 鈴木猛康 (山梨大学)) のご支援をいただきました。ここに深甚の謝意を表します。また, トリブワン大学, 現地関係者など多くの方に多大なご支援・ご協力をいただきました。ここに深甚の謝意を表します。

参考文献

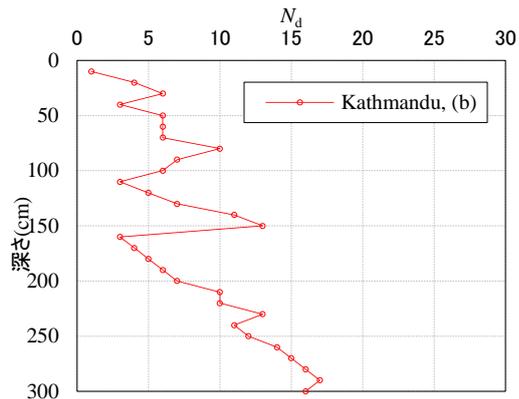
- 1) 読売新聞 (YOMIURI ONLINE): ネパール地震死者 5 1 0 0 人超…日本隊現地入り, 2015 年 4 月 29 日, <http://www.yomiuri.co.jp/feature/matome/20150512-OYT8T50097.html>, (2016 年 8 月 16 日閲覧)
- 2) 安川郁夫, 今西清志, 立石義孝: 絵とき土質力学, 改訂 3 版, 栗津清蔵監修, オーム社, pp.16-17
- 3) (社) 地盤工学会: 『地盤工学会 ネパール地震被害調査結果報告会』開催報告, <https://www.jiban.or.jp/images/somufile/2-Okamura.pdf>, (2017 年 1 月 4 日閲覧)
- 4) 株式会社エイト日本技術開発 災害リスク研究センター: 2015 年ネパール・ゴルカ地震被害調査報告, <http://www.ejec.ej-hds.co.jp/center/pdf/15110201-2.pdf>, (2017 年 1 月 12 日閲覧)
- 5) 琉球大学 島嶼防災研究センター: ネパール地震被害の実態と今後の対応, <http://www.bosai.u-ryukyu.ac.jp/pg-topics/pdf/%E3%83%8D%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%AB%E5%9C%B0%E9%9C%87%E8%A2%AB%E5%AE%B3%E3%81%AE%E5%AE%9F%E6%85%8B.pdf>, (2017 年 1 月 12 日閲覧)
- 6) Nepal Earthquake Clearinghouse: Evidence of Liquefaction: Kathmandu Valley, <http://www.eqclearinghouse.org/2015-04-25-nepal/2015/05/29/evidences-of-liquefaction-kathmandu-valley/> (2017 年 1 月 12 日閲覧)
- 7) 防災科学技術研究所: 2015 年 4 月ネパール地震 (Gorkha 地震) 第 1 次被害調査報告, http://www.bosai.go.jp/saigai/2015/pdf/20150611_01.pdf (2016 年 8 月 19 日閲覧)
- 8) (社) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説 (訂正第 3 刷), pp.274-279, 2007.



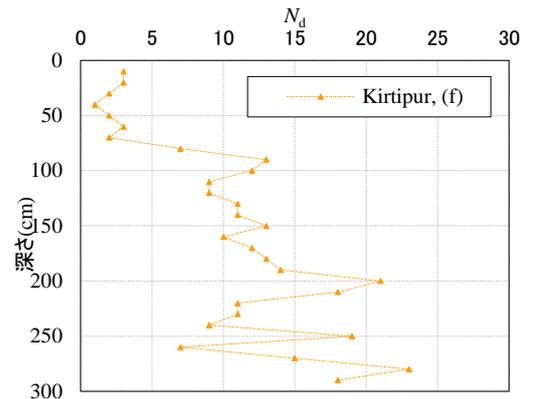
(a) Kathmandu, Balaju Park 近傍



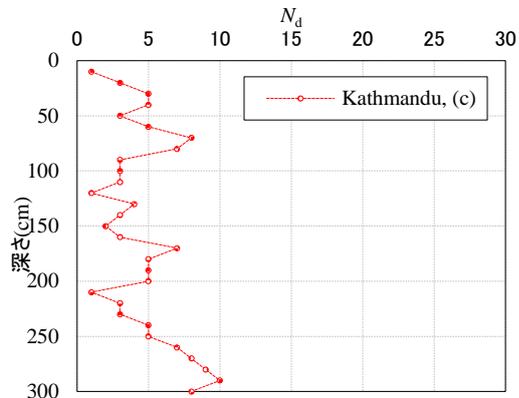
(e) Lalitpur, KISC school 近傍



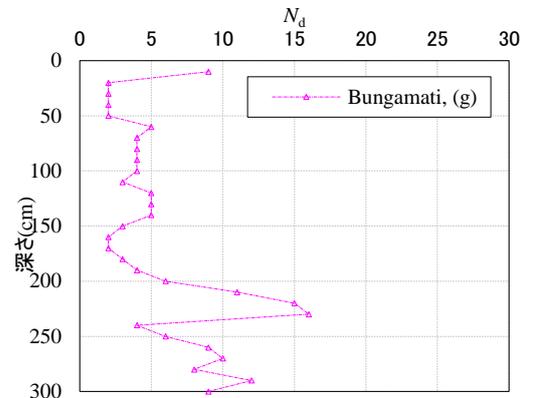
(b) Kathmandu, Vishnumati 川近傍



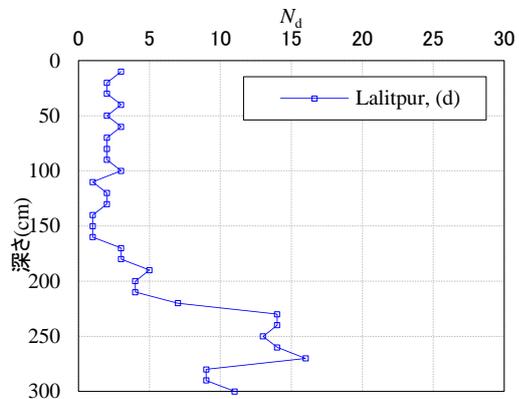
(f) Kirtipur, Uma Maheshwor Temple



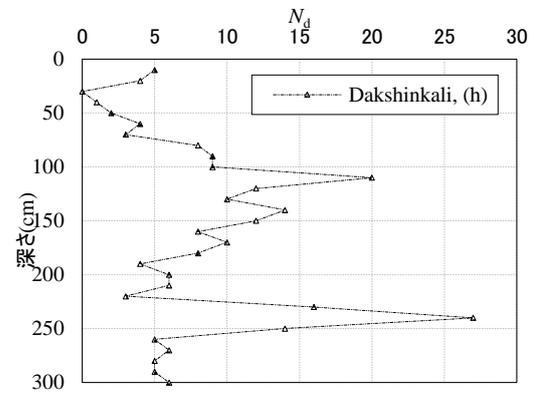
(c) Kathmandu, Hotel Kido



(g) Bungamati, Bungadaya 寺院近傍



(d) Lalitpur, Bagmati 川近傍



(h) Dakshinkali, Narayan 寺院近傍

図-4 地点ごとの深さ～ N_d 関係