4. 地盤及び落石被害

4. 1 Onna 村郊外 Aterno 川周辺の地盤クラック

後述するように、Onna 村では多数の建物が倒壊する等甚大な被害が生じるとともに、Aterno 川を横断する橋梁にも被害が生じた。Aterno 川左岸上流側の堤防には、写真-2 に示すように 複数の亀裂が連続して堤体の平行方向に生じた。亀裂深さは最大 0.9m 程度で、周辺には液状 化の痕跡は見られなかったことから、ゆすりこみ沈下あるいは堤体の滑りによると考えられ る。

堤防から Onna 村中心部に向かう道路でも、図-5 に示すように、盛土の沈下と側方への変 位によって、盛土両肩に道路平行方向に、段差約 300mm の亀裂が生じていた。また、堤体か ら Onna 村中心部とは反対方向に向かう道路では、Aterno 川から 200m 程度離れた箇所に位置 する住宅において、周辺地盤で 100mm 程度の地盤沈下が生じていた。このように、Onna 村周 辺では、沖積層の厚さが厚いため、各所で地盤の亀裂や沈下が生じていた。地震動の増幅が 大きかったと推定される。



写真-2 Aterno 川堤体に生じたクラック



図-5 Aterno 川周辺の地盤クラック及び地盤沈下

4. 2 Sinizzo 湖周辺の側方流動と地すべり

直径約120mの Sinizzo 湖周辺では、写真-3、写真-4 に示すように地盤が側方流動した。特に、湖の北側では数多くの土塊が池側に流動しており、池に最も近い土塊は湖に流出して水没している。この部分の地盤は、盛土であったと想像される。北東に位置する2つの名前が付けられているきれいな泉は枯れていたが、その北側に新たに活発な泉が形成されていた。このことからも、背面斜面から豊富な伏流水が供給され、また地下水もかなり高いことがわかる。地震動により表土層内の水圧が上昇したことが考えられる。また、地盤の変位により地下水流の経路が変わったことがわかる。南側の護岸は、明瞭な滑落崖を示しながらすべり土塊が池中に滑動している。

写真-5 に示すように、池から東側に位置する石灰質礫岩で構成される岩盤斜面は、今回の 地震により大規模に滑落している。



写真-3 Sinizzo 湖周辺に生じた地盤流動(Google map に加筆)







写真-5 石灰質礫岩斜面の大規模な滑落(Sinizzo湖の東側)

4. 3 Grotte di Stiffeの落石

Grotte di Stiffe では2箇所で落石があった。1つは、大きさ1.5m×1.6m×1.9m で質量約12t の石灰質礫岩のブロックである。石灰質礫岩といっても、ほとんどがマトリックスのみで構 成されているため、石灰岩とみなしてもよい。写真-6に示すように、この落石が公園最下部 の建物の壁を直撃し、写真-7に示すように壁を破壊した。落石表面には新鮮な白色はほとん ど見られず、長い間空気に接触した黒色を呈している面が大部分であるため、発生源におい て岩盤表面に露出していたか、浮石・転石状態であったことと推定される。

跳躍距離から衝突時の速度を計算すると 15m/sec 程度であり、衝突時のエネルギーは 2,700kJ となることから、通常の建物の壁では抵抗できない。

もう1つの落石は、最初の落石から100m程度東側の地点で生じた。大きさも上記の落石よりも多少小さめであるが、斜面の最下端まで到達している。

本地点周辺には建物や公園といった保全対象があること、またごく周辺には宅地が密集し ていることから、早急に落石源を特定して、保全対象への2次災害の危険性を確認する必要 があると考えられる。発生源付近の地形・地質状況を詳細に把握して、不安定岩塊や浮石・ 転石等が存在する場合には、落石経路を微地形から判断することができる。落石シミュレー ションにより衝突エネルギーの算定が可能であり、発生源の確認とカルテ(落石高さ、落石 形態、不安定岩塊の有無、落石経路、保全対象の有無、想定される対応策など)の作成が有 効であろう。



写真-6 落石の通り道(木が折れ、地盤上に落石の落下による穴が開いている)



写真-7 公園最下部の建物の壁を直撃し、破壊した落石

4. 4 液状化痕と斜面崩壊

沖積低地が Aterno 川沿いに拡がっているが、液状化の痕跡はあまり見られなかった。しか し、Martini 地区と呼ばれる旧ラクイラ市街の南端に位置する Aterno 川沿い地区では、写真 -8 に示すように、河川近くの畑と駐車場において、噴砂が見られた。噴砂厚さは最大 100mm 程度と大規模なものではないため、液状化による周辺地盤た構造物への影響は生じていない。 図-6 は持ち帰った噴砂を東海大学とトルコの Pamukkale 大学で分析した粒径加積曲線であ る。0.2~1mm の粒径が卓越しており、液状化しやすい砂層に相当する。





4. 5 Paganica 北部の落石

Paganica 北部の西側斜面において新しい崩壊跡が数多く確認された。写真-9 に示すように、 一部の岩塊は道路まで達しており、さらに道路を通り越えて東側河川にまで達したものも数 多くある。道路に近接している岩斜面では覆式ロックネットが施工され、小規模落石には十 分抵抗している。今後の道路への2次災害を防ぐために、不安定岩塊の点検はぜひ必要と感 じた。住宅地および道路などの保全対象に近接する同種斜面においては、落石カルテ(落石 の形態(岩盤崩壊型か浮石・転石型)、落石高、落石径、岩質、既存対策の有無など)の作成 が有効であろう。



写真-9 Paganica 北部の西側斜面における新しい崩壊跡

4. 6 自然空洞アーチ部の破壊による路面陥没

ラクイラ旧市街では、2 箇所で自然空洞アーチ部の破壊による路面の陥没が生じた。最初 の箇所は写真-10 に示すように、路面が陥没して車が落下したと報じられた箇所で、著者ら が調査した時点では写真-11 に示すように、すでに崩壊ガラなどで埋め戻されていた。

もう1箇所はここから約100m離れた地点で、写真-12に示すように、直径は約8m、深さは 確認できた範囲で13mの陥没孔がそのままの形で残されていた。孔の構造は図-7に示すよう になっており、孔の底面はさらに深くまで拡がっている可能性がある。路面から3.7mの深さ に、石灰質礫岩を掘削してコンクリート製下水路が埋設されていた。下水路を建設するため に空洞アーチの肩部を掘削していることから、空洞のアーチアクラウンが弱くなっていたと ころに地震動が加わって崩壊したと考えられる。写真-10、写真-11に示した陥没は、この陥 没よりも大規模で、陥没のすぐ横の住宅にあった外構壁が落下し、孔の底は路面から確認で きないほど深かったとのことである。



図-7 自然空洞アーチ部の破壊による陥没(写真-12参照)

なお、このような陥没はラクイラ旧市街地内には他にもあると言われている。ラクイラ旧 市街地には、陥没を生じる可能性のある地下空洞が広域的に多数存在する可能性があるため、 地下空洞の存在を明らかにし、今後の安定性を確認することが重要だと考えられる。そのた めには、まず地表からの非破壊探査を早急に実施することが有効であろう。簡便な非破壊探 査方法として、重力探査、地下レーダー探査、表面波探査などが考えられる。



写真-10 自然空洞の崩壊による路面陥没 (web による)



写真-11 応急的に埋め立てられた写真-10と 同一箇所



写真-12 自然空洞の崩壊による路面陥没(図-7参照)