

## ■ トップヘビーの地盤は脆かった

正会員 工博 神戸大学教授 工学部建設学科 軽部 大蔵 Daizo KARUBE

1年前、混乱の巷から見上げた六甲連山は、泰然と頼もしかった。しかし、季節の移ろいととも尾根筋に幾本もの崩落崖が現れ、今もって成長を続けている。地震の一撃によって、芦屋ロックガーデンや山腹から張り出した造成地数カ所が崩れた。また、六甲から流下する数本の天井川の矩形状三面張り護岸も方々で崩れた。臨海部では、直立式ケーソン岸壁のほとんどが前方へ移動した。対照的に、ダムや緩傾斜の河川堤防は、主として基礎地盤が液状化したものが被災し、また、道路・鉄道用の切盛土における被災割合は限られていた。自然地形であれ、人工物であれ、トップヘビーの物が集中的に被災したのである。

地盤震害への地下水の関与もまた議論されてきた。崩落が目立つ尾根筋や、三面張り護岸は、地形や当時の天候からみて不飽和状態にあり、水は無関係であろう。一方、34名を呑み込んだ西宮市仁川の住宅地崩壊は、旧谷底面に沿う滑り破壊といわれており、また山麓部を通る阪急電鉄の路

線でも、谷や池を埋めた地点で変形が起こった。そして極めつけは、臨海部の直立ケーソン岸壁である。沖合の防波ケーソン堤は、沈下はあっても法線はほぼ保たれていたから、岸壁の移動は背後地盤抜きには考えられない。その背後地盤が液状化した。ポートアイランドの中央に埋殺された旧護岸では、裏込栗石までが噴出した。極端な想定として、もし、埋立層が海水面以深で完全液状化したとすれば、岸壁の静的な滑り出しに関する安全率は1を遥かに下廻る。ところが、ケーソンはいち速く飛んでいて、液状化圧力は間に合わなかったとする説が有力である。実際はどうであれ結果は同じであって、水平方向に支持されない液状化層は、表土層を載せたままプレートテクトニクスのように海側に流れ、いくつかの基礎構造物を傾斜させた。影響距離は100mに及んでいる。重力式地盤構造物の適用性について、重い宿題を貰ったと理解している。

## ■ 土構造物の被害について思うこと

正会員 Ph.D. 京都大学講師 工学部土木工学科 吉田 信之 Nobuyuki YOSHIDA

先の阪神・淡路大震災では各種の盛土や土留めなど土構造物も甚大な被害を受けた。被害形態としては盛土の崩壊・不同沈下や法面崩壊、地滑り、土留め壁の変形・崩壊などであり、液状化、地震動による慣性力、支持力低下あるいはそれらの相乗作用によって生じたものと考えられる。また、その多くは基礎地盤が弱い（緩い）、盛土自体が弱い（締固め不十分）、過去を無視できない（旧蛇行跡、旧河川敷など）箇所が発生している。ただ、これら被害形態は新しいものではなく過去の大地震でも認められている。

また、陸域造成地では六甲山系の南側の段丘堆

積層あるいは大阪層群の丘陵地上の盛土や崩積土部に大きな被害が生じたが、山麓の基盤上の宅地には被害が少なかった。地震動・地下構造・地上構造物の複雑な三角関係を示唆している。

話はまったくそれるが、被害現場を歩いていたときふと思い出したことがある。もう3年前前になるがNHKのスペシャル番組で「テクノパワー～知られざる建設技術の世界」がシリーズで放映されたが、その最終回「巨大都市・再生への道」である。番組では社会資本の老朽化をキーワードにその対策、維持整備の大切さを訴え、よい社会資本を造り遺産として次世代に引き継ぐことを考

える時が来ていると警鐘していた。それを怠った場合の廃墟と化した大都市の予想図も映し出していた。原因はともあれ、震災直後の神戸そっくりではなかったか。

これを機に、既存構造物の補修維持整備が追いつ

つかない現状を直視し、安全で快適な生活を送れるべく社会資本を補強整備し次世代に引き継ぐこと・方法を真剣に考える時が来ているのではないだろうか。対象が大きい土構造物では、特にその方法を真剣に考える必要があるように思う。

## ■ 緩い盛土と地盤調査法

正会員 大阪市立大学教授 工学部土木工学科 高田 直俊 Naotoshi TAKADA

地盤工学会の阪神大震災調査委員会土構造部会のメンバーとして河川堤防、道路・鉄道、宅地などの被災を調べてきた。被災程度は地震動の地域差で当然異なるが、被災した土構造物は、主として緩い盛土であった。また自然斜面は緩い表層が、切取斜面は切り残した崩積土が滑りを生じていた。

河川堤防は何回も高上げをされており、芯部の古い盛土と基礎地盤は緩いままであったため、多くの地点で被災していた。また下流の高潮区間の多くは杭でコンクリート壁を支え、コンクリート版やブロックで被覆されてアスファルト舗装の天端道路を有するが、天端に及ぶ裏法の変形や滑りが多発し、緊急時の交通問題をも引き起こした。このような護岸は断面を見るとコンクリート・杭構造物にも見えるが、盛土や基礎地盤が緩いことが被災原因である。鉄道盛土は古い物が多く、特に盛土高の大きいものは、擁壁をまき込む大きな変形や破壊を各所で生じているのも盛土が緩いことに起因している。これに対して、締固めの行き届いた高速道路の盛土は軟弱地盤上にあってもほとんど変状はない。

宅地盛土は至る所で被災した。丘陵地の谷部を埋めた盛土は、激震地の六甲山麓のみならず、千里丘陵でも多い。これらの盛土は土の強度を考慮して締固めたとは思えない。千里丘陵には傾斜地に

古い集落があり、家が古い故に家屋の損傷はあるが、無理な盛土を作っていない(当時は作れなかった)ので、宅地の変状はほとんど見られない。

ため池の堤防被災は特に淡路で多発した。芦屋市の池も中仕切堤が崩壊している。ため池の堤防は緩く、液状化を伺わせる破壊・変形が多く見られた。これに対して上水用の「ダム」は、被災を受けていない(震源から少し遠いこともあるが)。先の高速道路と同様に、締固めの効果といえる。

土や地盤は締固めて初めて「製品」と呼べる、土工の原点に立つべきである。特に、戸建住宅用の宅地は製造者責任が問われよう。

一方、被災地盤の調査は相変わらず標準貫入試験(SPT)一本槍で、日頃、慣れ親しんでいる調査法とはいえ、支持地盤を探すために用いられることが多い調査法である。弱い地盤の存在はわかるが、調査対象地盤がN値10以下のため、被災と無被災を判別できる分解能はなく、液状化や塑性流動が疑われるような緩い地盤の調査には適さない。高価で非効率なSPTに替えて、オートマチックラムサウンディングや間隙水圧の測定できるコーン貫入試験を高効率、高密度に用いるべきで、発注者側の意識の切り替えが要求される。復旧工事のための調査で唯一用いられた前者によって、被災した河川堤防が旧河道の軟弱地盤を横切っていたことが見出されている。