

『やっぱり強かった補強土工法』

新潟県中越地震および福岡県西方沖地震
における補強土工法の被害状況

平成 17 年 4 月

REECOM

株式会社 補強土エンジニアリング

目 次

| | p . |
|--------------------------------|-----|
| 1 . はじめに | 1 |
| 2 . 地震による土構造物の被害状況 | 2 |
| (1) 新潟県中越地震による土構造物の被害状況 | 2 |
| (2) 福岡県西方沖地震による土構造物の被害状況 | 4 |
| 3 . 土木学会からの提言 | 6 |
| 4 . まとめ | 7 |

1. はじめに

日本付近で発生した主な被害地震（人的被害があった地震）（1996年～2004年12月）の年別発生件数を図-1に示す。

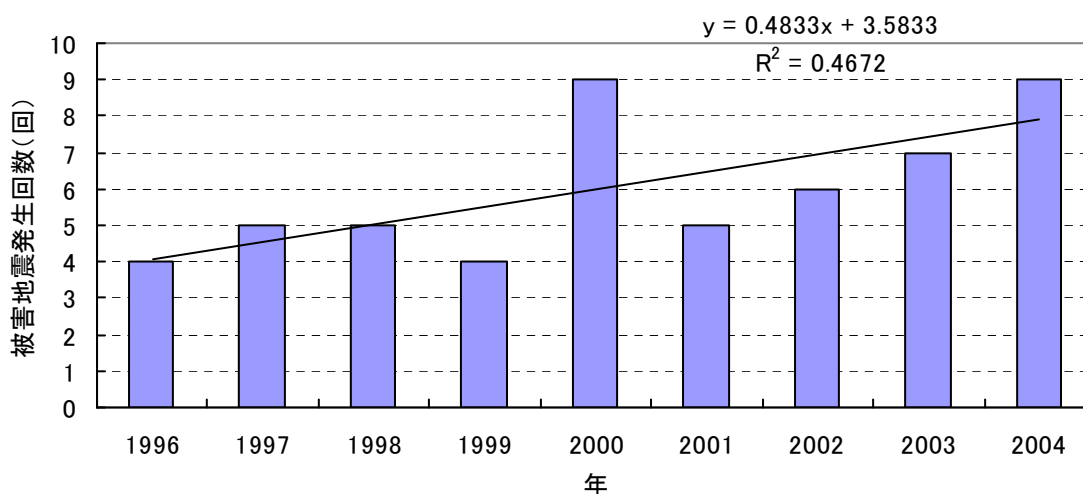


図-1 被害地震の発生件数

図-1より被害地震の発生件数は増加傾向にあるのがわかる。また、最近では2004年10月23日に発生した新潟県中越地震や2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震では土木構造物に多大な被害が発生した。さらに海外に目を向けると、2004年の暮れから2回にわたるスマトラ沖地震などが発生しており、非常に大きな人的・物的被害が発生した。

ここでは、国内で発生した2つの大きな地震による『土構造物』の被害状況を調べるとともに、今後における土構造物(特に補強土工法)の耐震設計について考えることにする。

注1) 新潟県中越地震

2004年10月23日17時56分に新潟県中越地方の深さ13kmでマグニチュード(M)6.8の地震が発生し、新潟県の川口町で最大震度7を観測した。

注2) 福岡県西方沖地震

2005年3月20日午前10時53分頃、福岡県西方沖（福岡市の北西約40kmの玄海灘）を震源とする地震が発生した。震源の深さは9km、地震の規模はマグニチュード(M)7.0と推定されている。この地震により、福岡市中央区・東区と福岡県前原市、佐賀県みやき町で震度6弱、福岡県久留米市や長崎県壱岐市などで震度5強の揺れを記録した。

2. 地震による土構造物の被害状況

新潟県中越地震と福岡県西方沖地震による土構造物の被害については、土木学会の調査団による調査結果を引用する。

(1) 新潟県中越地震による土構造物の被害状況

ここでは『土木学会・平成 16 年新潟県中越地震第二次調査団（家田仁団長）・「調査結果と緊急提言」 I 報告・提言編(2004.12.10)』より、土構造物に関連する部分を引用して紹介する。

●土木学会・平成 16 年新潟県中越地震第二次調査団（家田仁団長）・「調査結果と緊急提言」 I 報告・提言編(2004.12.10)よりの引用文

2. 調査結果

2.3 土構造物及び自然斜面等の被害に関する調査結果

(1) 盛土の被害

一般道路・在来鉄道・宅地は、盛土部の大きな変形・変位、さらには全面的崩壊によって、各所で大きな被害を受けた。急峻な高い斜面・沢部・谷部などの集水地形に建設された場合、さらに排水性の悪い盛土材を用いた場合は、特に大崩壊に至った場合が多い。関越自動車道の盛土もほぼ同様であった。山間部では、迂回路が無い道路の盛土が多く崩壊したため、緊急復旧工事も行なえない場合が多かった。山間部では、棚田や鯉の養殖池で堤体の崩壊と池の底面のクラックが見られた。

これら盛土被害の様態のほとんどは、従来の工学的経験の範囲内の現象であった。阪神・淡路大震災以降、新規に建設される重要な盛土についてはレベル 2 地震に対応した新工法の採用が行なわれてきたが、既存の重要な盛土への対応については今後の課題となっていた。

なお、切土斜面で、擁壁・格子枠・アンカー等の適切な処置をした場合には、著しい被害を受けた例は限定的であった。

(2) 擁壁の被害

非常に多くの斜面上の重力式・もたれ式擁壁が崩壊したが、特に沢部・谷部では崩壊の程度が著しい場合が多いことが際立っていた。兵庫県南部地震以前から、これらの課題に対処するために、盛土内に面状補強材を多層に設置して自立性を与える補強盛土工法・擁壁工法が開発され、多くの道路・鉄道の盛土と擁壁が建設されてきている。今回崩壊した盛土と擁壁は、このような新工法で建設されたものは殆どない※1。

※1 例外的なものとして、集水地形に建設された鉄筋補強土（テールアルメ）擁壁が大きく変状した例があった（関越自動車道堀之内 PA）。これは、排水処理が不十分なため盛土内が飽和状態になっていたためと思われる。この擁壁は現在解体中である。その他、沢部に建設された無補強盛土の崩壊に巻き込まれる形で、隣接するジオテキスタイル補強盛土が部分崩壊した例がひとつあった（国道 290 号栃尾市栗山沢）。

以下に，土木学会・平成 16 年新潟県中越地震第二次調査団（家田仁団長）・「調査結果と緊急提言」Ⅱ記録・資料編(2004.12.21)より引用した被害状況写真を示す。



写真－1 道路面の斜面方向への陥没

盛土された道路の陥没



写真－2 盛土された道路の陥没



写真－3 沢地形に盛られた道路盛土の崩壊



写真-4 家屋の下のもたれ擁壁の崩壊



写真-5 ブロック積み擁壁の崩壊



写真-6 盛土崩壊箇所

(2) 福岡県西方沖地震による土構造物の被害状況

ここでは『福岡県西方沖地震・土木学会被害調査団（大塚久哲団長）による速報「第1報(2005.3.31)」』より，土構造物に関連する部分を引用して紹介する。

●福岡県西方沖地震・土木学会被害調査団（大塚久哲団長）速報「第1報(2005.3.31)」よりの引用文

1. はじめに

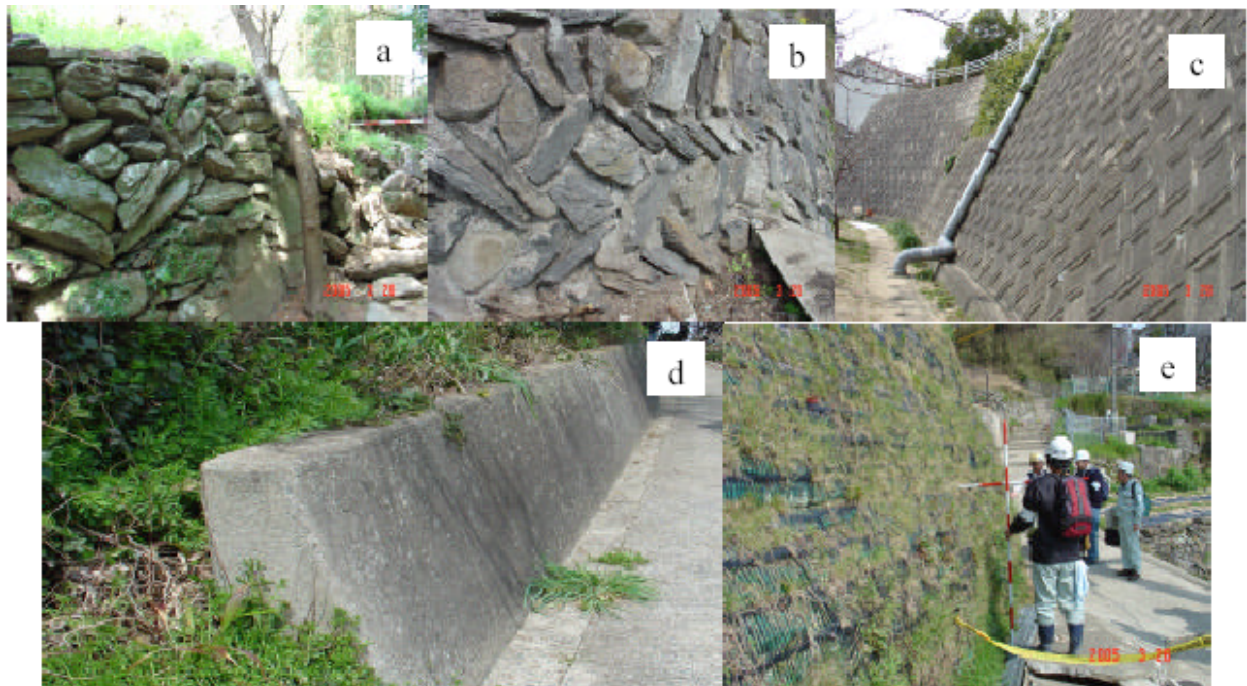
今回の地震では，震源地に近い玄海島（福岡市西区）では非常に多くの住家が損壊し，島民 706 人のうちほぼ全員が船で福岡市の避難所等に避難した。玄海島はお椀を伏せたような山岳地形の島であり，急傾斜地に建つ住家が多く，住家損壊の原因は主に，宅地造成のための擁壁が崩壊することによるものであり，急傾斜地に建つ住家の耐震安全性に関する問題を露呈させた。

5. 斜面崩壊・土砂災害

(1) 玄海島における急傾斜地崩壊に関する調査

玄海島の斜面は 3 種類（盛土斜面，原地斜面，切土斜面）に分類され，斜面の種類によって被害が異なっており，それぞれ崩壊特徴が現れてきた。盛土斜面は原地斜面より多く崩壊された。また，切土斜面は崩壊したものが少ない。

急傾斜地の擁壁は 5 種類（間詰めなしの雑石積み（写真－7a），間詰めありの雑石積み（写真－7b），コンクリートブロック（写真－7c），重力式コンクリート（写真－7d），補強土（写真－7e））に分類され，擁壁の種類によって被害程度が異なっている。



写真－7 5種類の擁壁

被害程度の順番は下記のようになっており、間詰めなしの雑石積みの擁壁は崩壊した数が一番多いとなっている。

間詰めなしの雑石積み→間詰めありの雑石積み→コンクリートブロック→重力式コンクリート→補強土

斜面の種類と擁壁の種類と組み合わせて、その崩壊メカニズムと崩壊特徴を解明するために詳細調査する必要がある。

以下に、福岡県西方沖地震・土木学会被害調査団（大塚久哲団長）速報「第1報（2005.3.31）より被害状況写真を示す。



写真－8 盛土斜面の崩壊



写真－9 原地斜面の崩壊



写真－10 崩壊した道路右側の盛土斜面と崩壊しなかった左側の切土斜面

3. 土木学会からの提言

ここでは新潟県中越地震に対する土木学会からの提言を示す。

- 土木学会・平成 16 年新潟県中越地震第二次調査団（家田仁団長）・「調査結果と緊急提言」I 報告・提言編(2004.12.10)よりの引用文

3. 緊急提言

3.4 土構造物等に関する提言

(1) 盛土・擁壁の選択的な強化復旧

道路・鉄道・宅地等の盛土・擁壁の復旧は、迅速な復旧を最優先して行なう必要がある。しかしながら、重要度が高い施設が被災した場合、大規模な盛土や高い斜面上の盛土のように被災地の復旧が困難な場合など^{※1}においては、単純な原状復旧を超えて、選択的に、適切な排水処理と十分な締固めを行い、建設コストが適切となる最新の構造形式を採用して、原状よりも構造的に強化して機能復旧に努める必要がある^{※2}。

※1 鉄道・道路等の線状構造物では、一カ所の崩壊がシステム全体の機能不全につながる可能性がある。そうした箇所では、地震・豪雨等の同じ外力に対して、総合的に見て RC や鋼構造物、トンネルなどの異種構造物と同等の抵抗力を持っている必要がある。ここでいう総合的とは、建設費、復旧費、維持費などのライフサイクルコストを意味する。

※2 盛土・擁壁の耐災性と建設コストは、必ずしも比例するものではなく、費用対効果の高い新しい工法を開発して使用する必要がある。例えば、斜面上の重力式擁壁とジオテキスタイル補強土擁壁を比較すると、通常は前者の方が建設費は高く耐震性は低い。

(2) 土構造物の被災原因の究明と耐震診断

今回の地震で崩壊した盛土・擁壁と自然斜面の被害メカニズムとその原因の究明を行なうとともに、被害を性能設計の立場から評価して、今後の崩壊の予測、設計法・施工法の改善に役立てることが必要である^{※1}。この結果を反映しつつ、崩壊した場合の被害の程度と社会的影響度が大きい既存の盛土・擁壁と自然斜面の耐震診断法を、最新の知見・設計法^{※2}に基づいて整備し、それに基づいた耐震診断と補強を実施することが不可欠である。

※1 盛土材料は、一般に現地の地盤から採取したものをを用いるため多様であり、締固め度・含水比などの相違によって地震時に極めて複雑で多様な挙動を示し、地震時の盛土崩壊メカニズムは未だ十分に把握されていない。また、自然斜面の形態や安定性は更に多様であり、広範囲にわたる自然斜面の実態を正確に把握することは現状では難しい。

※2 1995年兵庫県南部地震で盛土・擁壁構造物が著しい被害を受けたことから、土木学会で土木構造物の耐震設計法に関する特別委員会が設置され、第五WGで「土構造物および地中構築物の耐震設計法」の見直しを行なった。その成果は「土木構造物の耐震設計法等に関する第三次提言と解説」（平成12年6月）に述べられている。主な変更点は、レベルII地震動を取り入れた設計計算法を採用すること、一定の条件の下での変形を許容すること、地盤・盛土の設計せん断強度を合理化し、土質・盛土材料による差を考慮できるようにすること、補強土工法など新しい工法の採用を検討すること等である。これらの提言は、順次鉄道構造物・道路構造物・ダム構造物等の耐震設計に活かされつつある。

4. まとめ

以上、新潟県中越地震と福岡県西方沖地震による土構造物の被害について、土木学会の調査団による調査結果と提言について示した。

以上を要約すると次のようになる。

- ① 新潟県中越地震と福岡県西方沖地震に共通して、切土斜面に比べて盛土斜面の被害が大きかった。特に盛土が急峻な高い斜面・沢部・谷部などの集水地形に建設された場合、さらに排水性の悪い盛土材を用いた場合は、特に大崩壊に至った場合が多い。
- ② 新潟県中越地震における擁壁の被害を見ると、非常に多くの斜面上の重力式・もたれ式擁壁が崩壊したが、特に沢部・谷部では崩壊の程度が著しい場合が多いことが際立っていた。一方、補強盛土工法や補強土壁工法を含む補強土工法は殆ど崩壊しなかった。

また、福岡県西方沖地震における擁壁に被害を見ても、間詰めなしの雑石積み→間詰めありの雑石積み→コンクリートブロック→重力式コンクリート→補強土の順に被害が少なかった。

- ③ 提言では、原状よりも構造的に強化して機能復旧に努める場合には、「適切な排水処理と十分な締固め」を重要視している。

以上より、今回の2つの地震による被害状況をみても、擁壁の中では補強土工法が際立って耐震性が高かった事が判明した。しかしながら1995年に発生した兵庫県南部地震と比較すると、新潟県中越地震における補強土工法の崩壊や変形の被害が大きかったようである。この理由としては、部分的に兵庫県南部地震よりも地震加速度が大きかったことや、中越地震前の連続的な降雨により盛土材の含水比が上昇して、盛土材のせん断強度が低下していたことが考えられる。

補強土工法を含む土構造物の耐震化がコンクリート構造物に比較すると非常に遅れているといわれているが、これは土構造物は復旧が比較的容易なことも関係している。多大なコストを高めなくても、壊れた後に早く復旧すればよいという考え方である。

しかしながら、土木学会の提言でも述べられているように、鉄道・道路等の線状構造物では、一カ所の崩壊がシステム全体の機能不全につながることもあるため、そうした箇所では、地震・豪雨等の同じ外力に対して、総合的に見てRCや鋼構造物、トンネルなどの異種構造物と同等の抵抗力を持っている必要がある。

我々の経験からは、補強土工法が完成してから何らかの問題が発生するのは、殆どの場合が豪雨や地震に遭遇する場合であることがわかっている。さらに一般的には豪雨による被害が地震によるものよりも多い。

安定で良好な補強土工法を構築するために、我々が設計・施工上留意すべき点には次のようなことがある。

- ① 基礎地盤や盛土材の調査を十分に行なう。
- ② 盛土内に水を浸入させないように、地下排水工を設置する。
- ③ 良質な盛土材を使用して、十分な転圧を行なう。

前述した留意すべき3項目は、豪雨を意識したものであるが、土木学会の提言でも重要視されているように、ここで挙げている『適切な排水処理』と『十分な締固め』は地震に対しても有効であると考えられる。

今回のような大地震や豪雨に遭遇しても、崩壊せず安全に供用できる補強土工法を設計するのが、我々の役目であり使命であると考えている。前述した3項目の留意点の中でも、『適切な排水処理』を現場ごとに対応していくことは、まだ技術的に課題として残るが、今回の「調査結果と緊急提言」を真摯に受け止めて、今後の設計に活かしていくことが我々には必要と考えている。