

[論文 No. GR6]

「擁壁背後の地盤沈下の地盤リスクを考慮した予防保全計画の提案事例」

株式会社藤井基礎設計事務所 ○齊藤龍太

1. 事例の概要

造成から30年以上経過した小学校の敷地内で、約10年前から大型ブロック擁壁（以下、擁壁と記載する）天端付近に設置してある水路の排水機能が悪くなり、地盤沈下が確認されていた（写真1）。同時に校舎の基礎コンクリートの表面が部分的に剥離し（写真2）、階段工の端部コンクリートに亀裂が発生していたと報告されている。このときは報告があったものの対策はされていない。

変状について関心が高いとは言えない状態であったが、2021年は島根県内で大雨による災害が多発する年となった。小学校付近の河川が氾濫しそうになった状況に接して、従前より変状を認知していた学校側より、安全性の評価と今後の方針について検討することを求められた。ただし限られた予算内で検討することが求められたため、詳細な地質調査は実施できない。そこで、現地調査・資料調査の結果により、想定した変状機構に沿って地盤リスク項目を洗い出した。リスクランクを算出し、対策計画の優先順位を作成した。簡易計測では緊急性は見られなかったため、予知保全の観点から、崩壊に至る予兆を事前に察知するための定期点検を提案した。

今回の事例は、地盤変状が発生しているが、実際の対策工事は実施していない。また調査結果により対策工を小規模化などから段階的に取り組むことを提案した事例である。そのため、地質リスクマネジメントの事例タイプの分類に厳密には当てはまらないが、あえて分類するならば、将来的にリスクを回避するという点でA型とした。



写真1 地盤沈下の状況



写真2 コンクリート構造物の剥離と亀裂

2. 事例分析のシナリオ

(1) 発注者ニーズと目的の確認

発注者は小学校を管理している教育委員会であった。そのため発注者のニーズは以下のようにまとめられる。なお、ニーズ強さの強弱については著者の私見である。

- ・校舎に危険が直ちに迫っているかの評価判定（ニーズ：強）

- ・擁壁が直ちに崩壊する可能性の評価判定（ニーズ：強）
- ・地盤変状メカニズムの想定（ニーズ：中、発注時の業務項目）
- ・今後の調査・対策工の計画立案（ニーズ：中、発注時の業務項目）

今回の業務で変状の対応方針を決め、発注者は今後の詳細調査および対策工の予算計画を立案するという位置付けである。事業段階としては施設を使用しているため維持管理段階である。しかし、発生した変状にこれから取り組むという点で、目的や留意点の面では構想・計画段階に近い¹⁾。

(2) 地質リスク情報の抽出

発現した変状メカニズムの想定と将来的に発生する地質リスクを抽出するため、下記の既存資料を調査した。既存資料として、発注者が当時の工事資料を保管していたが、対象箇所の記録は部分的であった。施工業者やメーカーにも問い合わせたが、すでに残されてはいなかった。資料調査の結果をまとめて、表-1 に示す。

- ・発注者が保管していた工事資料（造成図・施工写真・工事数量が部分的に残る）
- ・空中写真・造成計画平面図
- ・現地踏査による変状位置の比較
- ・気象データ記録（気象庁 HP より近隣の観測点を選定）

表 1 資料調査のまとめ

施工資料	<ul style="list-style-type: none"> ・背後地盤は N 値 1 程度の軟弱層である。 ・隣接の体育館は杭基礎である。 ・埋戻土に現地発生土として粘土質砂（$\phi = 3.5^\circ$）が使用され、部分的にブロックが変状したと想定される。 ・変状後に購入土に設計変更の申請記録がある。
地形変遷と現地の変状	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地拡張のため擁壁と盛土で平地を増やしている。 ・盛土が既設法面上に造成した。 ・地盤沈下範囲や構造物の変状箇所は、敷地造成された箇所と重なっていた。 ・過去の空中写真では、近隣に地すべり地形は見られなかった。
過去の気象	<ul style="list-style-type: none"> ・発注のきっかけとなった 2021 年の年間降水量は約 2600mm であった。これは造成から調査までの期間で過去 3 位の降雨量である。 ・年間積雪量は、この 10 年はやや減少傾向に見える。 ・近隣の地震データで、2000 年以降に震度 4 を 3 回観測した。

(3) 地質リスク現地調査

① 現地踏査

現地踏査で確認できた事項を表-2 に示す。地盤沈下が発生しているのは擁壁の背後である。沈下範囲を横断上に投影すると概ね主働崩壊角と一致すること、擁壁足元の歩道が変状していること、ブロックが部分的に緩んでいることを考慮すると、敷地内の地盤沈下

は擁壁の変状に起因している可能性が高いと想定した。

擁壁天端をみると、歩道の変状箇所が顕著である部分の目地が後方回転しているように変状していた。

②簡易計測

詳細な地質調査を実施する代わりとして、以下の簡易計測により現状把握を試みた。観測期間は約半年で、豪雨および融雪後に変動量と定点撮影・目視にて現状を確認した。

- ・ 亀裂計の設置（水路目地・構造物の亀裂箇所）
- ・ コンベックスによる簡易沈下量計測
- ・ 水準測量

表 2 に観測結果のまとめを示す。観測手法として、簡易沈下量計測を実施していた場所に小動物による穴ができるなどハプニングがあったが、観測結果によって定量的に地盤変状を示すデータは得られなかった。写真比較により、定性的に地盤沈下が進行したような感じはしたが、明瞭ではなかった。観測期間の降雨量および降雪量が、例年と比較してやや少ない条件も影響していたかもしれない。ただし、周辺の地盤変状は見られないが、コンクリートに発生した亀裂の変状には進行性が見られた。

表 2 現地調査のまとめ

現地踏査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 階段端部コンクリートに亀裂があり、大型ブロック側の地盤が沈下している。 ・ 亀裂は大型ブロックとほぼ平行に発生している。 ・ 大型ブロックに緩みが見られる（変状している）。 ・ 天端の目地にズレがある。 ・ 歩道が変形している。 ・ 大型ブロックの法尻から、湧水がある。
観 測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亀裂計の観測から、階段端部コンクリートの亀裂は拡大している。 ・ 側溝目地はほぼ変状は見られない。 ・ 簡易沈下量計測と写真比較から、地盤沈下がわずかに進行した可能性がある。 ・ 水準測量に有意な変状は見られないが、強いて言えば融雪後に全体的な沈下傾向がある。（高さ基準点の計測誤差の可能性もある）

3. データ収集分析

(1) 地質リスク解析

①地質リスクの抽出

調査結果を総合すると、以下のことが言える。

- ・ 敷地内の地盤沈下および歩道の変状は、造成した擁壁の変状に起因する。
- ・ 今回の計測範囲では、変状が進行中の可能性はあるが、顕著ではない。

地質リスクの抽出をする上では、擁壁の変状・損傷の発生形態²⁾を参照した。このうち、亀裂の発生状況からすべり性のあるものは可能性が低いと判断した。擁壁自体にも単体では明瞭な損傷は無かったため、躯体の損傷の可能性も除外した。

これらに施設の維持管理面から重要な事項を抽出し、変状とその誘因となる地質リスクを抽出した（表 3）。

表 3 地質リスクの抽出

項目	注目する要因
大型ブロックの滑動／転倒	(ア)地下水流入による水圧の増加 (イ)埋戻土の劣化等による強度不定 (ウ)地震による慣性力の増加
背後地盤の沈下	(エ)埋戻土／基礎地盤の圧密沈下
吸出し／背面の空洞化	(オ)地下水が流入しやすく吸出されやすい (カ)埋戻土が細粒分を多く含み流出しやすい
地質リスク以外の注意点	(キ)変状の進行性 (ク)校舎自体の健全性

(2)地質リスクの分析・評価

表-3 にて抽出した地質リスクについて、主観的ではあるが影響度と発生確率を想定し、表-4 によってリスクランクの判定を行った。判定結果を表 5 に示す。

表 4 リスクランクの組合せの判定表¹⁾

		発生確率		
		小	中	大
影響度	大	B	A	A
	中	C	B	A
	小	C	C	B

(3)対応方針の提案

表 5 にて抽出した地質リスクに対して優先的に対応する計画を提案した。すなわち、まずはリスクランク A である、地下水の流入による水圧増加（検討項目 ア）・変状の進行性の詳細観測（検討項目 キ）に対応するため、排水ボーリングと伸縮計観測を計画する。その後も変状が継続する場合には、リスクランク B に対応してアンカー工を計画するという段階的な維持管理計画である。

しかしながら、変状の進行が現時点では不明瞭であり、工事予算を確保することか現実的に困難であった。そのため最小限の定期点検で監視し、変状の進行を予防しながら施設を保全する視点で、維持管理を行うこととなった。その前提として、今後の変状シナリオを想定した。

表5 リスクランクの判定結果

検討項目 (リスク要因)	安定性の影響度	事象の発生確率	地質リスク ランク
ア) 地下水の流入による 水圧増加	中 不安定化するのは一時的であるため。	大 法尻から排水していることを確認。	A
イ) 埋戻土の劣化等による 強度不足	中 設計上は問題があるが、計算時に安全率を見込んでいるため、直ちに崩壊はしないと想定。	中～小 造成から30年以上は自立しているため、安全率 $F_s > 1.0$ と想定される。施工中に埋戻土の変更協議記録があり、それまでは良質土だったと想定される。一方で粘土が混入していた可能性は否定できない。	B～C
ウ) 地震による慣性力の 増加	中 不安定化するのは一時的であるため。	小 気象庁の記録では、2000年以降は震度4を3回しか経験していない。	C
エ) 埋戻土/基礎地盤の 圧密沈下	中 恒常的な不安定化要因であるが、変状が進むと擁壁に作用する土圧は低下する。	中 地盤変状が顕著なわりに、大型ブロックに破損は見られないため、沈下による変状の可能性は高い。一方で造成から30年経過しているため、圧密沈下は、ほぼ収束していると思われる。	B
オ) 地下水流入による吸 出し/空洞化	小 吸出しが進んでも擁壁自体の安定性への影響は小さい。	大 岩盤境界付近に排水孔の処理がある。岩盤斜面と近接していると推定され、ブロック背面付近を水が流れやすいと推測される。	B
カ) 埋戻土の細粒分が吸 出される	小 吸出しが進んでも擁壁自体の安定性への影響は小さい。	小 施工時の記録から、細粒な発生土は用いられず、良質土を用いたと想定される。	C
キ) 大型ブロック変状の 進行性	大 大型ブロック変状が進行していることが判明すれば、緊急対策が必要となる。	中～大 (不確定) 観測結果では変状が見られた箇所があった。	A
ク) 校舎自体の健全性	大 現在使用しており、もし変状があれば、職員、児童の安全を確保できない。	小 (不確定) 建物が不同沈下していれば、壁面等にも亀裂が入るが、現在は見られないため。ただし、詳細な調査はしていない。	B (不確定)

①擁壁が不安定化している場合の変状シナリオ

擁壁の変状機構のうち1) 大型ブロックの転倒・支持力不足、2) 大型ブロックの滑動の場合は、背後地盤の安定が失われていく過程であることから、今後の変状として地すべり崩壊と同様のシナリオが想定される。すでに変状を確認しているが、加速度的な変状は見られないため、現状は第2次クリーブ内であると想定した。最後の破壊に至る直前に、変状は再び加速度的に進行すると想定されるため、その予兆を見逃さないようにする。

②背後地盤が沈下している場合の変状シナリオ

擁壁の変状機構のうち、軟弱地盤の沈下の場合は、時間の経過とともに沈下量が減少していく。現在、造成してから30年経過しており、今後も変状が続くとしても、その沈下量は限られていると想定した。この場合、進行は収束する見込みである。

また、もし大型ブロックの変状を予知した場合には、道路の安全に大きな影響を与えることになる。したがって道路管理者と協議を実施し、事前に対応手順を確認することを提案した。

4. マネジメントの効果

本事例は、将来的にリスクを回避するという点で、A型様式によってマネジメント効果を計算する。当初工事費として、リスクランクAおよびBまでの計画、変更後工事費はリスクランクAのみで変状が収束した場合を想定した。ただし今後の調査により、変状の収束が確認できない場合は、リスク対策費は結果的に増加したことになる。

(1) 当初工事費	リスクランク A+B の想定対策費 測量・調査・設計+排水ボーリング+アンカー工	26,000 千円
(2) リスク対策費	計画・定期点検（来年度に再検証予定）	4,000 千円
(3) 変更後工事費	リスクランク A のみ想定対策費 （伸縮計観測・排水ボーリング）	8,000 千円
マネジメント効果（想定）	リスクタイプ A 型：(1) - (3) - (2)	14,000 千円

5. データ様式の提案

項目として、地質リスクを検討した事業段階を追加することを提案する。維持管理段階において記入する場合には、「工事費」を「補修費」に読み替えることでA型のデータシートを活用できそうなため。

引用文献

- 1) 全国地質調査業協会連合会, 「地質リスク調査検討業務」の手引き, 2021
- 2) 社団法人日本道路協会, 道路土工擁壁工指針, 2012, p. 15