

宅地擁壁の改修事例と 調査・診断のポイント

鹿糠 嘉津博* 宮崎 世納** 佐藤 秀人***

1 はじめに

我が国ではこの四半世紀の間に、兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災，1995）、鳥取県西部地震（2000）、新潟県中越地震（2004）、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災，2011）、熊本地震（2016）などの大地震を経験してきた。そのたびに建築物の耐震性、特に上部構造の設計・施工法は再検討され、より安全で堅牢なものへと発展を遂げつつある。しかし住宅地盤に関しては、液状化対策は比較的積極的に検討されているものの、擁壁の築造に関しては、基本的には1961年に制定された宅地造成等規制法に基づいて行われているのが現状であり、宅地地盤の安全性確保に関しては検討すべき事項が多く残されている。

2016年に発生した熊本地震では、住宅地の擁壁が倒壊する被害が数多く発生した¹⁾。また、擁壁の倒壊は土中に雨水が浸透し、擁壁に作用する外力（土圧+水圧）が増大することによっても生じ、宅地防災マニュアルの解説および小規模建築物基礎設計指針（日本建築学会）²⁾は、集中豪雨などで実効雨量が100mmを超えると擁壁崩壊の危険性が増大するとされている。

擁壁は倒壊まで至らない場合でも、擁壁に何らかの変状が生じると、宅地地盤やその上に立つ建築物にもダメージが及ぶことが多い。したがって、宅地地盤や住宅の安全性を確保するためにも、擁壁の健全性を調査・診断し、必要に応じた補強を実施することが肝要である。

擁壁の設計は、擁壁自体が破壊しない、転倒しない、滑らない、沈下しないという4つの条件に基づいて行う。一方、擁壁に生じるトラブルの主な要因は、①外力による要因、②地盤による要因、③人為的な要因（設計ミス、施工不良など）に大別される。これらのうち、「外力による要因」では、地表面の載荷重、土圧・水圧などの外力が増加することによりひび割れ、はらみ出しなどが生じ、擁壁の倒壊に至ることもある。「地盤による要因」では、擁壁の支持地盤や擁壁前面地盤の強度が不足することにより、擁壁が沈下あるいは滑動することで傾斜や転倒が生じ、場合によっては住宅が傾く被害事例もある。「人為的な要因」については多種多様なものがあるが、施工不良の1例として擁壁背面を埋め戻す際の転圧不足があげられる。擁壁背面地盤の強度が不足すると、近接する住宅に不同沈下が生じることがあるので注意が必要

である。

擁壁に関する大きな問題点として、既存不適格擁壁がある。既存不適格擁壁とは、現在の法律に適合していない擁壁のことをいうが、擁壁に前述のようなトラブルが生じるのは、既存不適格擁壁に関するものが圧倒的に多い。国土交通省では、擁壁のトラブルを未然に防ぐことを目的として、擁壁のチェックシート³⁾を作成している。また、地方自治体でも独自のチェックシートを作成したり、擁壁の改修や補強に対する助成金制度を設けるなど、様々な取り組みを行っている。しかし、擁壁の状態を定量的に評価することはなかなか難しい問題である。

本報では、既存擁壁に生じたトラブル事例と改修事例を何例か紹介する。そして、それらの改修事例を踏まえて、既存擁壁の健全性を評価する方法を検討する。

2 既存不適格擁壁の改修事例

2.1 豪雨によって倒壊した擁壁の改修

2.1.1 倒壊の原因と倒壊による近隣の被害

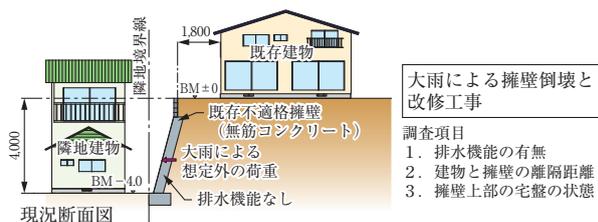
写真-1は、横浜市K地区の高さ4mの無筋コンクリート擁壁が2015年の集中豪雨によって倒壊した状況を示したものであり、図-1は擁壁倒壊前から改修後までの状態を示したものである。旧擁壁（図-1(a)）は、無筋コンクリート造で厚さ20~30cmの擁壁、国土交通省：「宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案）」³⁾の判定では、外観上における異常等が「大」と判定された。また、擁壁上端には雨水を排水するためのパイプを設置していたが、擁壁と建物の離隔が1.8mほどあり、敷地内に浸透する雨水を排水するには不十分であると思われた。図-2は、地盤調査結果から推定した当該地の断面図を示したものである。擁壁の上部が大きく崩壊していることから、降雨によって盛土部分の土圧（土圧+水圧）が増大し、経年劣化した擁壁が耐え切れなくなって崩壊したものと考



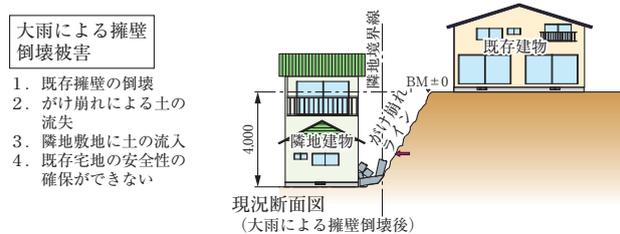
写真-1 大雨による擁壁倒壊事例

* KANUKA Katsuhiko (株)カヌカデザイン 代表取締役
** MIYAZAKI Sena 同上 主任
*** SATO Hideto 日本大学 理工学部 教授、博士(工学)

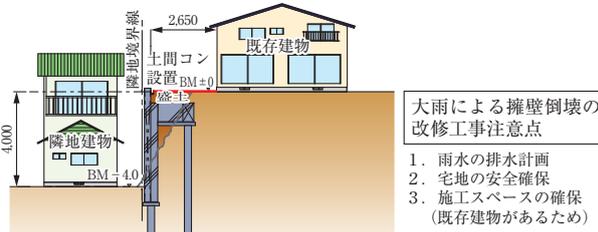
横浜市西区戸部本町51-9 ながせ高島町ビル5階
同上
千葉県船橋市習志野台7-24-1



(a) 擁壁倒壊前



(b) 擁壁倒壊後



(c) 擁壁改修後

図-1 ゲリラ豪雨による擁壁倒壊と改修工事

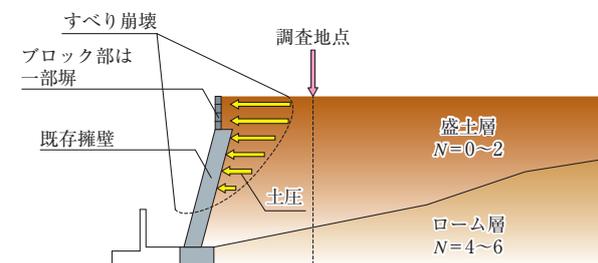


図-2 調査地点推定断面図

えられる。

擁壁の倒壊に伴って、擁壁が支持していた土砂・フェンス・ブロックなどが既存擁壁とともに落下し、近隣の住宅に被害をもたらした。

2.1.2 改修工事

本擁壁の改修計画に当たり、間知ブロック練積み擁壁、L型擁壁を用いた場合の検討を行った。

- ① 間知ブロック積み擁壁の場合には支持地盤の強度が不足し、また耐震性にもやや不安な状態であった。
- ② L型擁壁の場合には、間知ブロックと同様に支持地盤の強度が不足するため底盤の面積を大きくする必要があり、掘削範囲が大きくなって既存建物と干渉してしまい、施工が困難であることが分かった。

そこで本事例では、以下のような小口径鋼管杭を用いた2点支持型の擁壁⁴⁾を用いることにした(図-1(c))。

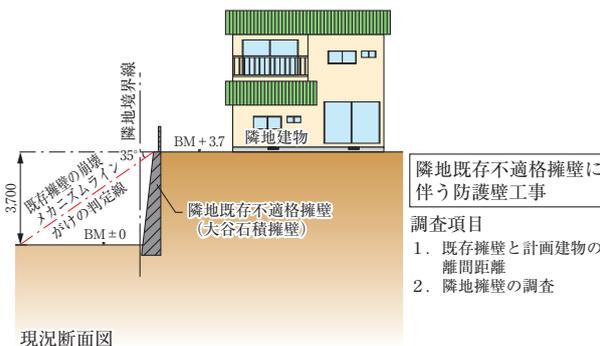
- ① 擁壁背面側に山留め壁を設置した後、擁壁前面位置と背面側に、スパン1.5mで2列の小口径鋼管杭(φ267.4×t6.6mm)を打設する(写真-2)。



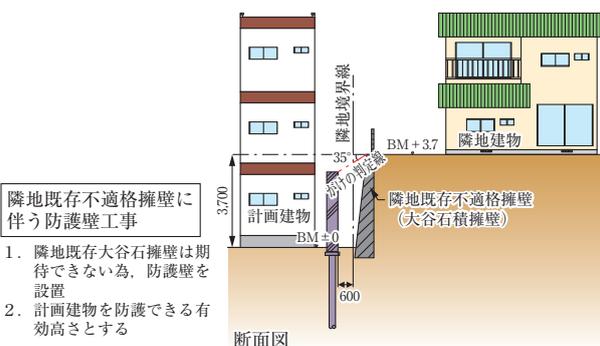
写真-2 鋼管杭打設



写真-3 擁壁改修後



(a) 防護壁築造前



(b) 防護壁築造後

図-3 隣地既存不適格擁壁の倒壊対策のための防護壁工事

- ② 擁壁前面には幅250mmのRC壁を築造し、杭頭部(擁壁頂部)を幅450×高さ750mmのRC梁で連結した。

本工法は、擁壁に作用する外力を前後の杭によって分担支持するものであり、ラーメン架構としていることから容易に応力・変形計算を行うことができ、十分な安全性を確保することができる。また、標準のL型擁壁に比べて掘削土量は約1/3となり、施工期間および施工費用を大幅に削減することができた。さらに、擁壁面が垂直であるため宅地の有効面積も増大した(写真-3)。

2.2 隣地既存不適格擁壁の倒壊対策のための防護壁工事

2.2.1 隣地不適格擁壁の危険度調査

本事例は、隣地の既存不適格擁壁(大谷石積み3.7m+コンクリートブロック塀1.0m)の倒壊対策として防護壁を設置したものである。図-3に防護壁築造前後の状況図を示す。東京都S区に3階建の共同住宅を計画したところ、隣地には大谷石積み擁壁が存在していた(図-3(a))。当該擁壁の目視調査では、クラックやはらみ出しなどの変状はなかったが、大谷石積み擁壁は経年による劣化が激しく、構造・耐震性能を保証することができないため、既存不適格擁壁と判断した。



写真-4 防護壁工事（前面側）

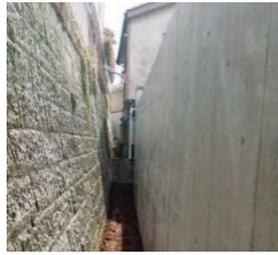


写真-5 防護壁工事（背面側）



(a) 擁壁の崩壊



(b) 宅地地盤の沈下

写真-6 防護壁施工時に発生した既存擁壁崩壊と支持地盤基礎部の沈下

隣地に崩壊（倒壊）の可能性のあるがけ（擁壁）が存在し、崩壊時の十分な離隔がとれない場合には、防護壁を設置するか建築物の外壁を耐土圧性能の高いRC造として、建物の安全性を確保しなければならない。一般に防護壁は、斜面崩壊などの危険性が高い丘陵地や山間部で計画されることが多いが、近年では隣接する既存不適格擁壁の倒壊対策として都市部で採用される例が増えている。

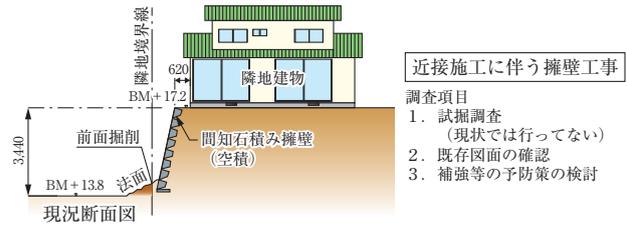
2.2.2 防護壁の築造

本事例における防護壁の計画に当たり、L型擁壁や逆T型擁壁の防護壁も検討したが、敷地面積が限られており、いずれも底盤部分が計画建物の基礎および隣接する大谷石積み擁壁の基礎に干渉するため、施工不可能であることが判明した。そこで、杭支持方式の自立型防護壁を用いることにした（図-3(b)）。自立型防護壁の場合には、隣地擁壁倒壊時の土圧による防護壁頂部の変位が問題になる。この事例では、小口径鋼管杭に $\phi 267.4 \times t 6.6\text{mm}$ を用いて、打設間隔を1,200mm、防護壁躯体の厚みをW450とすることで十分な安全性を確保した。写真-4, 5に防護壁築造後の状況を示す。

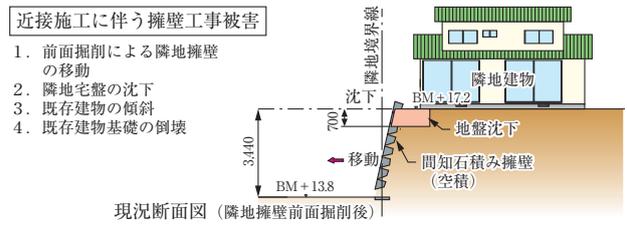
2.3 近接施工によって崩壊した既存不適格擁壁の改修

2.3.1 近接施工による既存不適格擁壁の倒壊

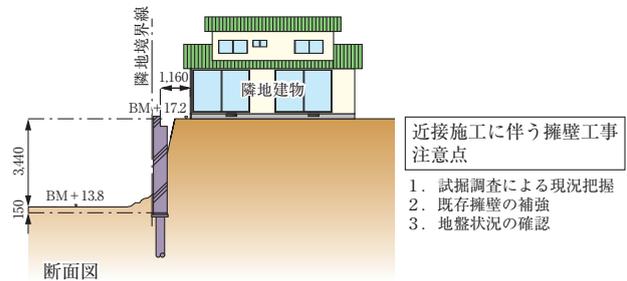
本事例は、神奈川県F地区における宅地造成工事の際に生じたものである。当該敷地の隣地には、高さ3.4mの間知石の空積み擁壁が存在する。国土交通省：「宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案）」³⁾によって判定を行ったところ、ひび割れ、はらみなどの擁壁前面での異常は見られず、水抜き穴も機能していたが、空積み擁壁であることから既存不適格擁壁と判断された。そこで、事例2.2と同様に、小口径鋼管杭（ $\phi 216.3 \times t 5.8\text{mm}$ ）を用いた自立型防護壁を築造することとなった。ところが、



(a) 改修前



(b) 擁壁の倒壊



(c) 自立式擁壁に改修

図-4 近接施工によって崩壊した既存不適格擁壁の改修



写真-7 改修後の状況①



写真-8 改修後の状況②

杭の打設が終了した時点で空積み擁壁が崩壊し、擁壁が支持している宅地地盤が約700mm沈下するというトラブルが発生した（写真-6）。

事故後の調査によって、既存擁壁にも構造上の問題点があることが判明したため、当該地の両所有者との協議の結果、防護壁築造はとりやめ、既存擁壁を安全なものに改修することとなった。

2.3.2 改修工事

図-4に、擁壁倒壊前～改修工事後の状況図を示す。本擁壁の改修方法を検討するに当たり地盤調査を行ったところ、支持地盤の強度が不足することが判明した。また、隣地既存建物に干渉するため、間知ブロック積み、L型擁壁ともに施工が不可能であったため、杭支持方式の自立型擁壁を築造することとなった（図-4(c)）。

本事例では、鋼管杭に $\phi 318.5 \times t 7.9\text{mm}$ を用いて、打設間隔を1,000mm、擁壁の厚みをW500mmとすることで、十分な安全性を確保することができた。写真-7, 8に擁壁改修後の状況を示す。

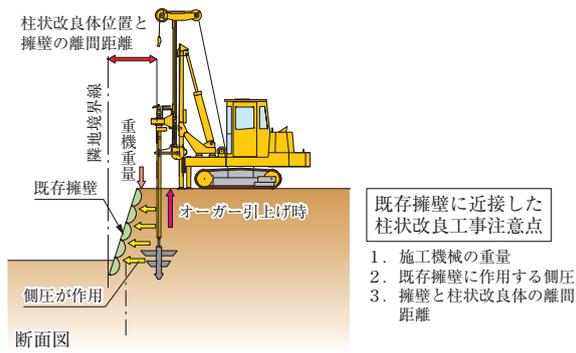


図-5 既存擁壁に近接した柱状改良工事



(a) 隣接する農業用水路

(b) 水路周辺

写真-9 隣地既存水路

2.3.3 近接施工による擁壁トラブルを防ぐために

本事例において、擁壁倒壊後の調査よれば、既存擁壁は適正な基礎工事がなされておらず、基礎下方の地盤も軟弱な状態であったために、近接した防護壁工事（杭の打設）によって擁壁基礎部が沈下し崩壊に至ったものと判断される。このように、既存擁壁の近接部（下側地盤）において工事を行う場合、その擁壁の状態を把握するとともに、擁壁を支持している基礎地盤や上側の既存宅地を含めた近隣の地盤状況を調査しておく必要がある。

また近年では、切土および盛土によって造成し、擁壁を築造した宅地（上側地盤）の地盤補強工事を行う際に、擁壁がはらみ出したり亀裂が生じたりするケースが増えている。小川・藤井ら⁴⁾の研究によると、擁壁変状の主な原因には施工機械の重量による載荷重、柱状改良施工時のロッド引上げ時に作用する側圧などがあげられ、擁壁との離隔が小さいほど影響が大きくなることが指摘されている（図-5）。

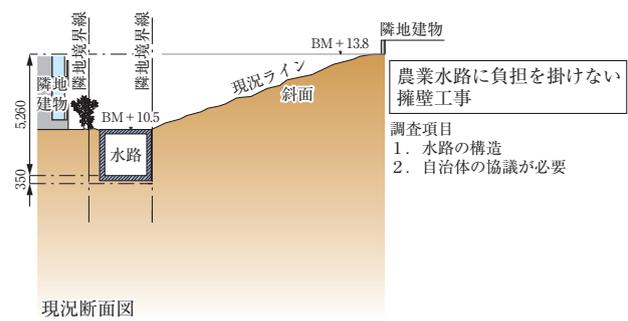
以上のことから、擁壁に近接した場所での施工は、擁壁に想定外の外力を作用させないように注意すること、施工計画を立てる際には慎重を期すこと、必要に応じて空掘りを行うなどして、擁壁に与える影響を確認してから本施工を行うことなどがあげられる。

2.4 農業用水路に隣接した宅地の新規擁壁築造工事

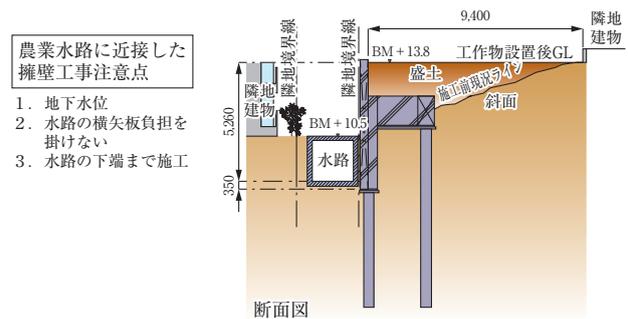
2.4.1 農業用水路に隣接した宅地の造成

本事例は、横浜市I区で実施した宅地造成工事における新規擁壁の築造工事に関するものである。近年では、土地の有効利用を目的とした宅地造成も盛んに行われているが、本事例では既存の農業用水路（写真-9）に隣接する斜面に擁壁を築造して幅10mの宅地を造成した（図-6）。

既存水路の構造を調査し、水路の所有者である自治体と協議しながら開発計画を立案した。擁壁の設計・施工に当たっての留意点は、既存水路の矢板や柱などに負担



(a) 現況状態



(b) 改修後

図-6 農業用水路に隣接した擁壁工事

をかけないように十分に安定した擁壁とすることである。

2.4.2 擁壁築造計画

本擁壁の形式を決定するに当たり下記の検討を行った。

- ① 間知ブロック積み擁壁の場合には、宅地盛土分の土圧増分が水路の側壁に作用するため、水路が損傷したり水漏れなどが生じる可能性がある。また、擁壁が傾斜を有している、宅地の有効面積が少なくなる。
- ② L型擁壁の場合には、擁壁面が垂直となり、大きな宅地面積を確保することができるが、間知ブロック積み擁壁と同様に、宅地盛土分の土圧増分が水路の側壁に作用してしまう。また、掘削土量が大きくなるため、土工の費用負担が大きくなる。

本事例では、既存水路に作用する土圧を極力抑えることと、計画擁壁上部の土地の有効利用や工事費用などを考慮し、事例2.1と同様に、鋼管杭を用いた2点支持型の擁壁を用いることにした。本擁壁に用いた鋼管杭はφ457.2×t12.7mmであり、スパンは3.0mである。また、擁壁前面には厚さ350mmのRC壁を築造し、杭頭部（擁壁頂部）を幅750×高さ1,300mmのRC梁で連結した。擁壁と隣地既存水路に負担を掛けないように、擁壁下端を隣地既存水路より下面に設定することによって、隣地既存水路には宅地造成による付加土圧が作用しないように工夫した。写真-10、11に、築造した擁壁（前面側）と造成された宅地の状況を示す。

3 宅地擁壁の調査・診断方法

3.1 擁壁の健全性評価のための調査項目

擁壁に生じるトラブルを大別すると、擁壁自体に問題がある場合と、擁壁上面および擁壁下面の地盤や建物、道路、水路などの状態に起因するものと分けられる。

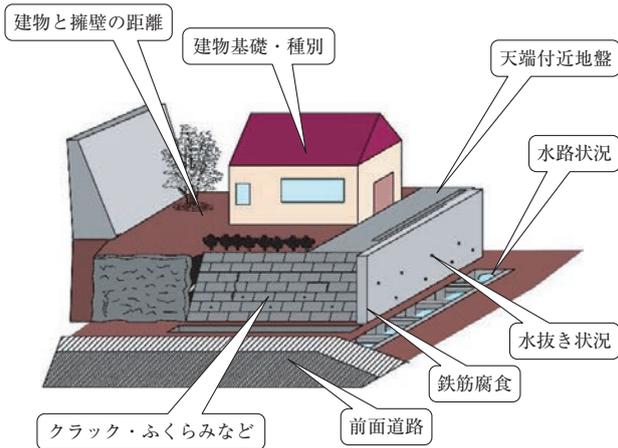


図-7 調査箇所

図-7に擁壁の健全性を診断する際のチェックポイントを、図-8に擁壁診断の大まかなフロー図を示す。また、表-1、2は地盤状況と建物状況とに分けた診断のポイントを示したものである。

擁壁高さが2m以上の場合には、建築基準法に基づいて工作物としての確認申請が必要となるが、2m未満ではこの確認業務が不要となる。擁壁診断の際には、まず上記を確認し、高さが2m以上の場合には、検査済証（確認済証）の存在と築造時の図面などで施工状況を把握する。高さが2m未満の場合でも図面などが残っている場合には施工状況が確認できるが、それがない場合には、現在の状態からトラブルの要因となる項目の危険度を慎重に判断することが必要となる。また、確認申請を行った擁壁であっても、経年による老朽化や周囲環境の変化によって、何らかの問題を抱えていることがあるので注意が必要である。

一般に、擁壁に生じるふくらみや横びひ割れは、擁壁に作用する外力（土圧+水圧）の増大または施工不良（擁壁裏込めの転圧不足など）によって生じる。また、縦び割れは、コーナー部に生じている場合にはコーナー部の補強不足によって生じることが多く、中央部に生じている場合には擁壁基礎地盤の支持力不足による不同沈下によって生じることが多い。

これまでの擁壁の擁壁崩壊事例を見ると、台風や豪雨時に生じるものが圧倒的に多い。これは、雨水が擁壁背面に浸透することで背面土の重量が増え、過大な外力（土圧+水圧）が作用するためである。宅地造成等規制法施行令では、土圧壁の見付面積3m²ごとに7.5cm以上の水抜き穴を設けて排水性を確保することが規定されて

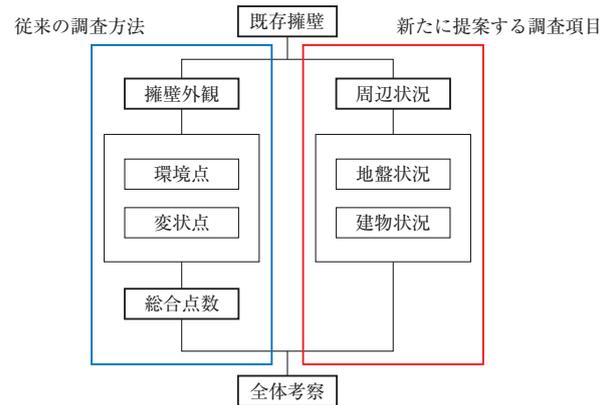


図-8 擁壁診断フロー

表-1 建物状況

項目	内容
建物条件	建物の重量が偏っている、建物の重量。建物の基礎形状はベタ基礎・布基礎・杭基礎なのか。
建物配置	建物等の荷重が擁壁に大きくかかる安息角を超えて建物が配置されているのか、その場合、擁壁に荷重を見込んでいるのか、建物基礎を深くおろすなど、対策はしてあるのか。
建物距離	近接する建物と擁壁の距離は、崩壊の危険がある場合は、上に建物がある場合は下端から、下にある場合は上端から高さの1.7倍以上の水平距離をとるか、防護壁が設けられ、安全性は保たれているか。
前面道路	崩壊の危険がある擁壁において、1.7倍以上の水平距離を保たれていない範囲に避難路やスクールゾーンなどが存在しているか、経路は確保できているかどうか。
建物排水	擁壁に近接して建物を建てるとき、もしくは建っている場合に、屋根の雨水や雪が直接隣地（擁壁天端付近）に注がれていないかどうか。
水路	河川に沿って近接施工する場合、水路の構造物を確認、自治体との協議が必要である。

表-2 地盤状況

項目	内容
排水機能	擁壁天端付近の地盤は排水されるようにアスファルト舗装や排水溝、勾配によって擁壁背面側に雨水などが流れてこないか。
背面地盤	宅地は切土盛土を施しているのか、締固めは十分か。粘性土か砂質土か。
前面地盤	既存擁壁前面側の地盤状況はどうなっているか、掘削した場合、既存擁壁が崩壊の恐れがないか試掘が必要である。
法面	地層や勾配はどのようになっているか。

おり、水抜き穴が正常に機能していることを確認することは極めて重要な事項である。

また、擁壁背面に浸透する雨水量を抑えるためにも、擁壁天端付近の排水状態を確認しておくことも重要なチェック項目となる。アスファルトによる雨水浸透の防止や排水溝の有無とその機能状態、建物の屋根からの雨水処理の状況などを確認し、さらに敷地の勾配によって擁壁側への雨水流入がないかをチェックする。

宅地背面などの隣地に既存擁壁がある場合には、その状態を確認するが、耐久性や安全性が期待できない場合には防護壁の設置が必要になることもある。また、既存

表-3 擁壁の排水状態に関する診断例

項目	内容	点数
水抜き穴	規定に基づいた水抜き穴がある。流れていて機能している。	0
	規定に基づいた水抜き穴ではない。設置されていない。	2
	機能していない。擁壁表面から水がしみ出している。	
擁壁表面のしみ出し	乾いている。	0
	表面が湿っている。	0.5
	水がしみ出している。	1

表-4 擁壁の変状に関する診断例

項目	内容	点数	
クラック	縦クラック	縦クラックなし。	0
	縦クラック	幅1mm～20mm未満のクラックあり。	2.5
		幅20mm以上のクラックあり。	5
		幅20mm以上のクラックあり。	5
	横クラック	水平クラックなし。	0
横クラック	幅1mm～20mm未満のクラックあり。	3	
	幅20mm以上のクラックあり。	5	
水平移動	水平移動なし。	0	
	20mm未満の横ずれがある。	2.5	
	20mm以上の横ずれがある。	5	
不動沈下	不動沈下なし。	0	
	20mm未満の縦ずれ、開きがある。	3.5	
	20mm以上の縦ずれ、開きがある。	6	
ふくらみ	ふくらみなし。	0	
	一部ふくらんでいる。	5	
	広範囲にふくらんでいる。一部抜け落ちている。	8	
傾斜・折損	傾斜・折損なし。	0	
	ひび割れ部から傾斜している。	4.5	
	全体のひび割れ部から傾斜・折損している。	8	
鉄筋の腐食	腐食なし。	0	
	部分的に腐食している。	5	
	全体的にコンクリートの剥離や錆汁が見られる。	8	

擁壁に近接した施工（掘削や基礎杭の打設など）を行う場合には、工事によって既存擁壁に変状（沈下・傾斜など）が生じないように試掘を行ったり、必要に応じて山留めを設置するなどの対策が必要となる。

このほか、間知石積み擁壁に関しては、傾斜角度が規定に基づいているかといった点や、宅地造成規正法施工例では、延長距離20m以上や擁壁の基礎種別が異なる境界部分には伸縮継手を設けることが規定されているので、そのチェックも診断のポイントとなろう。

3.2 擁壁の健全性の簡易診断

擁壁の健全性を評価する場合には、擁壁自体の状態のみではなく、周囲の地盤状況や擁壁上面の建物の配置などを考慮して行う必要がある。国土交通省：「宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案）」³⁾では、擁壁の湧水状況、排水状況、変状などを点数化して老朽化した宅地擁壁の危険度を判定するものである。さらに国土交通省では、本マニュアルをもとに専門的な知識がなくても擁壁の危

表-5 総合点

擁壁躯体の点数	宅地における擁壁の安全性について
5.0点未満	外観上、危険性が低い。
5.0点以上9.0点未満	外観上、危険性がある。
9.0点以上	外観上、危険性が高い。

険度を簡易的に評価できる「我が家の擁壁チェックシート」⁶⁾を作成している。現在では、このチェックシートをそのまま利用したり、独自のアレンジを加えたりして一般に公開する市区町村が増えてきている⁷⁾。

上記のチェック方法を参考にして、擁壁の排水条件、擁壁の変状などの診断項目の設定例を表-3、4に、これらの点数を加算して最終的な擁壁の危険度を評価したものを表-5に示す。

これらの診断項目はすべて目視によって簡便に評価できるものであり、もし「最終診断が危険性が高い」と評価された場合には、シュミットハンマーによる非破壊検査やコア抜き、表面波探査などを行う専門的ななどの詳細な調査によって、より正確な擁壁の状態を把握し、必要に応じて補修・改修を行うことになる。

なお、大谷石積み擁壁、ガンタ積み擁壁などの既存不適格擁壁では、別途詳細な診断が必要であろう。しかし、本報の改修事例でもあげたように、既存不適格擁壁は非常に重大な問題を抱えていることが多いので、早急な措置を講ずる必要がある。

4 おわりに

本報では、宅地擁壁の改修事例を紹介し、さらに擁壁に生じる種々のトラブルと、その原因に基づいた健全性評価のポイントを整理した。新規に造成される擁壁は安全性が高く美観や景観に配慮したものも多くなっているが、現存する擁壁には経年劣化による老朽化が進んだものや、既存不適格擁壁と呼ばれる危険性の高い擁壁も数多く存在しているのが現状である。専門的な知識がなくても既存擁壁の健全性を確認できる「チェックシート」は、地震や豪雨時の宅地防災の観点から有効な方法であると思われる、一般への幅広い普及が望まれるところである。また、診断項目や判断手法などを再検討して、本手法をより合理的で使いやすいものへと発展させていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成28年熊本地震建築物被害調査報告書，2016.9.
- 2) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008.2.
- 3) 国土交通省：宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案），2005.4.
- 4) 鹿糠嘉津博，佐藤秀人：既存擁壁の改修事例，基工，Vol. 39，No.10，pp.73～76，2011.10.
- 5) 小川正宏，藤井衛他：柱状改良体施工時の側圧が既存擁壁に及ぼす影響，地盤工学ジャーナル，Vol.9，No.3，pp.417～426，2014.9.
- 6) 国土交通省：我が家の擁壁チェックシート（案），2009.1.
- 7) 横浜市建築局建築防災課：石積み・ブロック積み擁壁のチェックシート，2014.4.