

柱状改良施工時における既存擁壁の変状について

小川 正宏^{*1} 藤井 衛^{*2} 金 哲鎬^{*3}

Deformation of Retaining Walls Caused by Construction of Soil-Cement Column

by

Masahiro OGAWA^{*1}, Mamoru FUJII^{*2} and Chol-ho KIM^{*3}

(Received on Mar. 27, 2013)

Abstract

With the increasing demand for housing, homes built on cut earth or embankments have been increasing. In order to effectively use the land for housing, houses in the vicinity of retaining walls are often built during reclamation. A problem sometimes occurs in the vicinity of the existing retaining wall due to displacement. However, because the mechanism is not clear, it is difficult to carry out the suitable countermeasure to the displacement of the retaining wall.

In this paper, based on the observed displacement of the retaining walls in the vicinity of the ground reinforcement work, some considerations are described. In addition, the actual troubles of the retaining walls are also described in the paper.

Keywords: Retaining wall, Soil-cement column, Deformation

1. はじめに

住宅の需要が増加していることに伴い、切土や、盛土によって造成された宅地に建築される住宅が増えている。その際、宅地を有効利用するために、造成時に建造された擁壁近傍に住宅を建築することが多い。宅地地盤の補強工法は、柱状改良工法(深層混合処理工法)が補強方法の約6割を占めている。しかし、柱状改良体施工時に擁壁の変状事故が多く、そのメカニズムの解明が難しいため、対策を見出すことが困難な状況となっている。本稿では、宅地地盤における擁壁の変状事例についての集計結果から、擁壁近傍の地盤補強工事についての注意点や、実際に発生した擁壁の変状事例について報告する。

2. 擁壁変状事故集計結果

宅地地盤の補強は、安価な工法であることから柱状改良工法が多く用いられている¹⁾。柱状改良工法とは、セメント系固着材と水を混合攪拌したセメントスラリー(以下、スラリー)を作製し、このスラリーを攪拌ビット先端より吐出しながら攪拌翼を

回転および掘進させ、原地盤とスラリーの混合攪拌を行い、柱状の改良体を築造する工法である。住宅基礎下に改良体を築造することにより、地盤の支持力の向上と住宅の不同沈下の抑止を目的としている。擁壁を有する宅地においては、擁壁背面土の埋戻しが不十分であったり、敷地地盤が軟弱であるため直接基礎が採用できない場合に、小口径鋼管杭工法または柱状改良工法の採用を検討する機会が多い。しかし、柱状改良工法を既存擁壁の近傍で施工する際に、擁壁の変位や割れ、クラック等の変状を発生させるケースがあとをたないのが実状である(Fig.1参照)。本章では、その変状事例について集計を行った結果を示す。

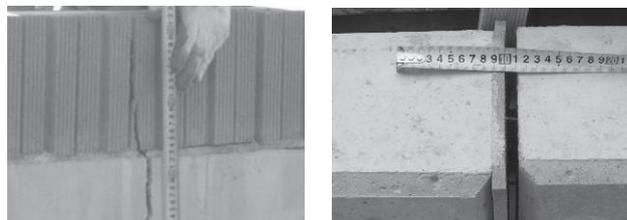


Fig.1 Deformations of retaining wall

2.1 集計データ

宅地地盤の地盤補強工事は、一般に柱状改良工法が約6割、補強工事の際に擁壁が存在する割合は約2割程度と言われている。集計に用いたデータは、擁壁が存在する宅地地盤において柱状改良を施工

*1 報国エンジニアリング(株) 技術本部

*2 東海大学工学部建築学科 教授

*3 総合理工学研究科総合理工学専攻

した結果、擁壁変状事故が起こった事例を対象に、2007年から2009年の擁壁変状事故について、18社の地盤改良工事会社から聞き取り調査を行い、擁壁に生じた変状、擁壁高さ、柱状改良体の位置関係、施工機について全58件の集計を行った。

2.2 変状事例集計結果

全58件の変状事象別集計結果をFig.2に、そのうちコンクリートブロック（以下、CB）を除いた35件の集計結果をFig.3に示す。CBは簡易的な土留として用いられていることが多いので、Fig.3ではCBを除いて集計を行った。Fig.2より、変状事象は、擁壁の滑動によるものが最も多く、過半数を占める。これは、柱状改良体施工時に擁壁に水平土圧が作用することにより、変位していることを示している。続いてクラック（亀裂）、転倒の順となった。既往の実験結果²⁾³⁾からは、柱状改良施工時に擁壁底版には約100kN/m²の水平土圧が作用しており、このような土圧が擁壁に作用することが、滑動等の擁壁変状の原因となっている。

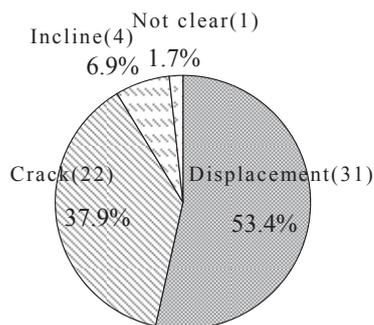


Fig.2 Ratio of deformation(including concrete blocks)

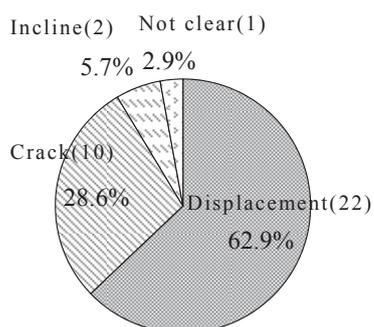


Fig.3 Ratio of deformations (except concrete blocks)

2.3 擁壁高さと柱状改良体施工位置との関係

擁壁種別の集計結果をFig.4に示す。全58件のうち、約4割の23件がCBとなっている。既存擁壁の実態調査を行った既往の研究結果によれば、CBは212件中7.1%⁴⁾、127件中4.1%⁵⁾程度であったにもかかわらず、柱状改良施工時の変状事象においては最も多い割合となった。前述したように、CB

は簡易的な土留として用いられているため、土圧に対する抵抗力がほとんどなく、柱状改良施工時の土圧により容易に変状が起こる。続いてプレキャストL型擁壁が27.6%、現場打ちL型擁壁が15.5%となっている。RC造L型擁壁は212件中20.8%⁴⁾、127件中22%⁵⁾程度で用いられており、柱状改良体施工時の変状事故も多い結果となった。間知ブロック擁壁は212件中29.7%⁴⁾、127件中23%⁵⁾程度用いられていたのにもかかわらず、変状事例では6.9%という結果であった。

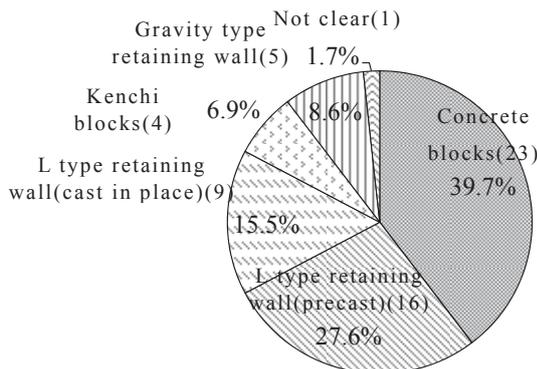


Fig.4 Ratio of retaining wall

Fig.5に、擁壁高さHと擁壁前面から柱状改良体施工位置の距離Xの関係の集計結果グラフを示す。擁壁変状事故は、高さ（見え高）2m以下の擁壁に集中していることがわかる。高さ2mを超える擁壁は、工作物の確認申請が必要となり、建築基準法や宅地造成等規制法施行令や各指針に基づいて設計されているかが、特定行政庁等によって検討される。そのようなチェックを受けていない2m未満の擁壁では、擁壁構造および下部地盤の検討がされていないことが多く、検討が不十分であることが変状の原因である。さらに、2m以下の擁壁は自重および上載土の重量が比較的軽く、柱状改良施工時の作用力により、変状が発生しやすいと言える。このような擁壁においては、設計段階において、柱状改良体施工位置、改良体の打設順序を十分に検討しなければならない。

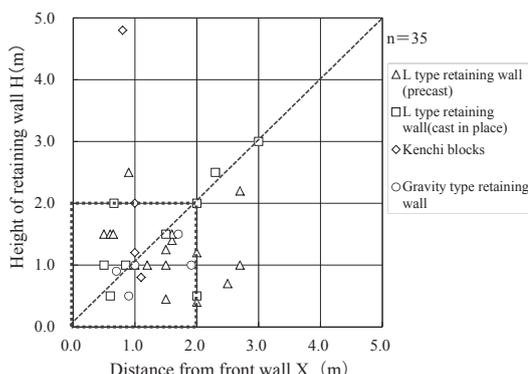


Fig.5 Relation between height and distance

2.4 柱状改良施工機と変状事故

Fig.6 に施工機械別の変状事故件数を示す。柱状改良体施工において、クローラータイプの施工機を用いた場合の変状事故件数が最も多い結果となった。擁壁の設計時に考慮する荷重は 10kN/m^2 であるが、多く用いられている 8t クラスのクローラーの接地圧は、施工機重量およびキャタピラの接地面積から求めると約 50kN/m^2 となる。これは走行状態の接地圧であり、施工機のリーダーを立てると重心が移動し、前方の接地圧は計算上約 110kN/m^2 程度になる。既存擁壁の構造にもよるが、施工機が擁壁近傍に接近するだけで擁壁への影響が現れる可能性もある。機械重量の影響を低減させるため、できるだけ重量の軽い施工機を選択することも必要である。Table1 にクローラータイプの重量別変状事故件数を示す。 6t クラスの施工機では変状事故の件数が少ない結果となっている。

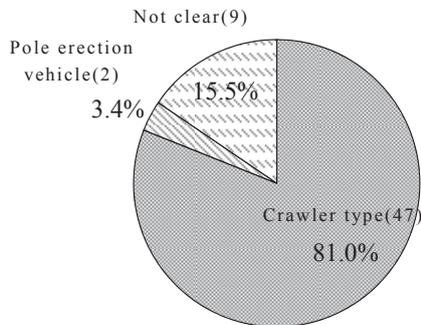


Fig.6 Ratio of construction equipment

Table1 Weight of construction equipment

Weight of construction equipment	Numbers
~6t	4
8t	29
8~10t	10
10t~	2
25t	1
Not clear	1
Total	47

柱状改良体施工において、掘進中は掘削攪拌ビットを押し込むことにより、施工機の後方に接地圧が大きくかかり、引抜き動作時には、施工機の前方に大きな接地圧がかかる。引抜き時の前方部の接地圧は、約 150kN/m^2 前後になる⁶⁾。このような施工機の荷重が、擁壁に影響を及ぼすことで、変状が発生する。施工機の攪拌ビットの掘進および引抜き時の接地圧の変化を Fig.7 に示す。

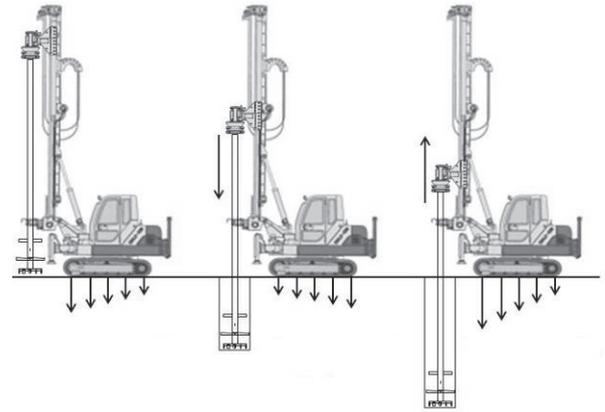


Fig.7 Vertical pressure of crawler type machine

柱状改良体の施工が既存擁壁に及ぼす影響については、施工機接地圧、掘進および引抜き速度、スラリー吐出量など様々な要因が重なり発生している。そのため、計画段階にて発生土圧や施工機の引抜き時の接地圧などを予測し、あらかじめ対策を検討しておくことが重要である。

3. 擁壁変状事例

本章では、既存擁壁付近で柱状改良を施工した場合に、擁壁に変状が発生した事例について述べる。

3.1 擁壁変状事例1（老朽化石積擁壁）

Fig.8 は、古い石積擁壁がある建替え物件において、柱状改良施工後、擁壁の目地が開いていることが確認された例である。敷地に古い擁壁がある場合は、事前にその危険性を考慮した上で、地盤改良工事を実施することが必要である。

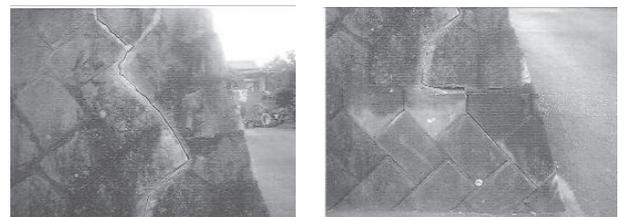


Fig.8 Deformation of retaining wall (case1)

3.2 擁壁変状事例2（大谷石+CB）

Fig.9 は、大谷石の上に、2~5段積み of CB により土留めを行なっている宅地で柱状改良の施工後、CB 天端に亀裂が生じた例である。CB が滑動し、目地に隙間が発生していることを、整地作業時に発見した。

施工機を道路側から擁壁側に移動する打設順序であったことから、掘削および攪拌、スラリー注入による土圧の影響が原因と考えられる。隣地の被害

が、当該地より大きいことと CB の滑動状況から、CB 下部への土圧の影響があったと思われる。



Fig.9 Deformation of retaining wall(case2)

3.3 擁壁変状事例 3 (石積擁壁+CB)

Fig.10 は、柱状改良の施工時の土圧により、石積擁壁および CB に変状が生じた例である。建物配置とブロックおよび石積みが接近していたため、杭位置を偏心し、建柱車による先行掘削を行ったが、ブロック目地の割れおよび石積擁壁に変位が生じた例である。

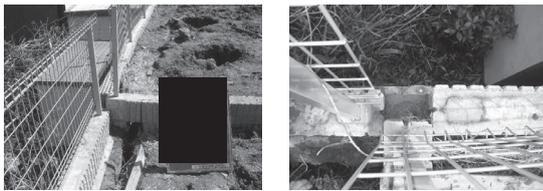


Fig.10 Deformation of retaining wall(case3)

3.4 擁壁変状事例 4 (CB)

Fig.11 は、5 段積み CB が存在する宅地において、柱状改良の施工により、15mm 程度の変位が発生していた例である。柱状改良体施工位置と擁壁の離間距離が 900mm であったことから、改良体位置を 100mm 偏心し、土圧低減のための空掘を行った。しかし、CB には控壁が 800mm 突出しており、控壁に土圧がかかったことが原因と考えられる。

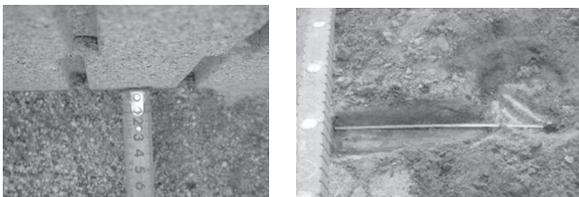


Fig.11 Deformation of retaining wall(case4)

3.5 擁壁変状事例 5 (重力式擁壁+CB)

Fig.12 は、重力式擁壁の上に、2 段積み CB がある宅地内において、擁壁側の一行を偏心して柱状改良工法の施工を行った結果変状が生じた例である。打設中に作業員が擁壁の状況を確認していたが、施工完了後、重力式擁壁にクラックおよび CB に破損が確認された。擁壁近傍施工時には、変状が見られ

なかったが、宅地内の柱状改良体打設による土圧の影響や柱状改良体の固化に伴う膨張等が影響したと考えられる。

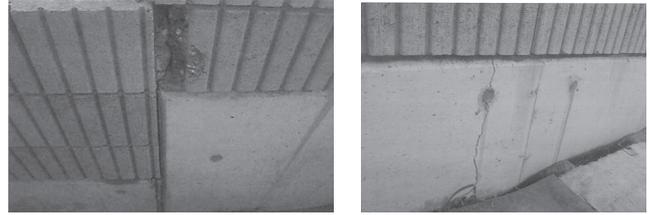


Fig.12 Deformation of retaining wall(case5)

3.6 擁壁変状事例 6 (重力式擁壁)

Fig.13 は、重力式擁壁近傍での柱状改良体施工を行った結果、擁壁中央部に幅約 5mm のクラックが生じた例である。擁壁中央部で最大 20mm 程度の変位が確認された。

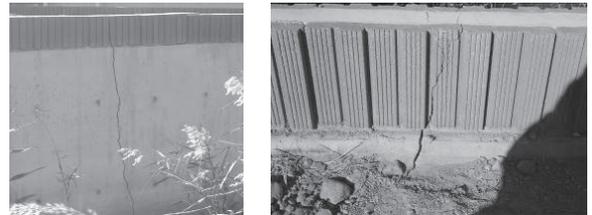


Fig.13 Deformation of retaining wall (case6)

Fig.13 に示す現場は、建物配置が擁壁近傍であったため、柱状改良体を偏心して施工を行ったが、擁壁に変状が発生した。また、長さ 10m 以上の擁壁であったが、伸縮目地が設置されておらず、水抜き孔もない状態の擁壁で、構造上の問題も原因の一つと考えられる。

3.7 擁壁変状事例 7 (プレキャスト L 型擁壁)

Fig.14 は、プレキャスト L 型擁壁(高さ H=1200mm、底版長 800mm)が存在する宅地において、柱状改良施工後に擁壁が 5mm 程度変位していることが確認された例である。施工前には先行掘削を行い、擁壁底版位置および施工位置を確認した上で施工したにもかかわらず、作業員は工期に気を取られ、擁壁に対しての注意を怠ったために L 型擁壁に滑動による変状が発生した。



Fig.14 Deformation of retaining wall (case7)

3.8 擁壁変状事例 8 (現場打ち L 型擁壁)

Fig.15 は、現場打ちの L 型擁壁(高さ H=1800mm, 底版長 1300mm) が存在する宅地において、柱状改良工法を実施後、擁壁に滑動による変位およびクラックが確認された例である。施工前には試掘による底版位置の確認を行い、元請けとの協議により施工位置および打設順序の確認を行った。しかし、柱状改良工法の結果、変状が発生した。擁壁がある宅地地盤においては、工法の変更も提案するべきと考えられる。

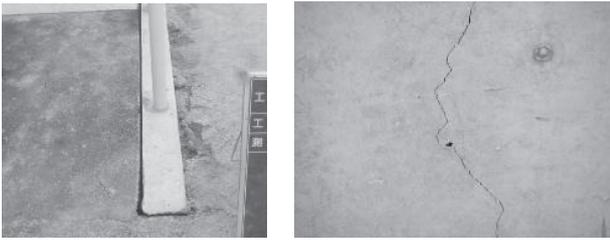


Fig.15 Deformation of retaining wall (case8)

3.9 擁壁変状事例 9 (プレキャスト L 型擁壁)

Fig.16 は、プレキャスト L 型擁壁 (高さ H=1500mm) が存在する宅地において柱状改良工法を施工した結果、擁壁に変状が発生した例である。敷地内に擁壁があることから、打設位置の変更、空掘等の対策を行ったが、事例 8 と同じく、計画時に工法の変更も検討すべきと考えられる。

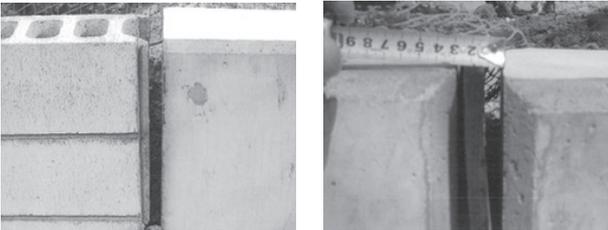


Fig.16 Deformation of retaining wall (case9)

3.10 擁壁変状事例 (10)

擁壁の近傍で柱状改良施工時に、微細なクラックから変状が発生した事例を Fig.17 に示す。擁壁は、簡易的な無筋コンクリート造であった。

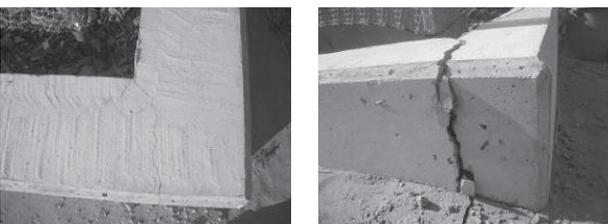


Fig.17 Deformation of retaining wall (case10)

クラック発生箇所の付近には気泡が無数確認され、擁壁を築造する段階での不具合であることが確認された。また、隅角部の補強および伸縮目地の設置が適切にされておらず、擁壁の構造についての検討不足が変状の原因と考えられる。擁壁隅角部には土圧が 2 方向に作用することで生じる引張力等により、変状が発生し易い箇所であることに留意しなければならない (Fig.18 参照)。

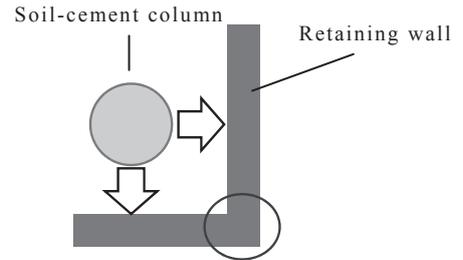


Fig.18 Soil-cement column and corner of retaining wall

4. まとめ

本稿では、擁壁変状事例についての集計を行った結果と、その代表的事例を報告した。擁壁の変状事例の原因については、以下のように考察する。

- (1) 柱状改良施工時における擁壁の変状事象としては、滑動によるものが最も多く、この原因としては、施工時に生じる土圧や、施工機械の重量が影響している。
- (2) 擁壁底版付近で柱状改良体を施工する場合に、擁壁への近接施工のほか、施工機の攪拌翼引抜きによって発生する接地圧の変動が変状を発生させることも考慮しておく必要がある。
- (3) 変状事例は擁壁高さ 2m 以下の擁壁に集中している。これは、高さ(見え高) 2m 未満の擁壁は建築基準法や宅地造成等規制法の適用を受けないため、擁壁構造および下部地盤の検討が十分にされていないことが原因である。
- (4) これまでの擁壁変状事例を整理すると、共通して事前の擁壁の変位予測が不十分であったケースが多い。

今後、擁壁に生じる変状のメカニズムの解明と対策工法を明らかにしていくことが必要である。また、既存不適格擁壁などの場合、予測できない変位や亀裂が発生する可能性もあり、変状事故を防止するための変状予測も必要である。住宅に住む人々の生命および財産を守る重要な構造物であり、周辺に対する安全性についても担保するものである。擁壁の変状予測から対策の検討を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008，pp.178-179
- 2) 山下大蔵，他：柱状改良工事が擁壁に及ぼす影響試験(その 1)，日本建築学会学術講演梗概集(関東)，2011，pp.607-608
- 3) 山下大蔵，他：柱状改良工事が擁壁に及ぼす影響試験(その 3)，日本建築学会学術講演梗概集(東海) 2012，pp.615-616
- 4) 須々田幸治，他：東京谷根千地区と赤羽地区における既存擁壁の実態調査結果，第 43 回地盤工学研究発表会(広島)，2008，pp.1705-1706
- 5) 黒澤明人，他：東京白山地区と大塚地区における既存擁壁の実態調査，日本建築学会学術講演梗概集(東北)，2009，pp.621-622
- 6) 中村弘伸，諏訪靖二：既存擁壁に住宅基礎を施工するときの施工管理ポイントとは，建築技術 2012 年 7 月号，pp.180-181