浅層改良を併用したラフト基礎工法の開発と施工例

DEVELOPMENT OF RAFT FOUNDATION WITH SHALLOW IMPROVEMENT AND ITS EXAMPLES OF CONSTRUCTION

竹内謹治 —*1 山本春行 —*2
村上夕貴 —*3 東川 愛 —*3

Kinji TAKEUCHI —*1 Haruyuki YAMAMOTO —*2
Yuki MURAKAMI —*3 Megumi HIGASHIKAWA —*3

キーワード：
ベタ基礎、地盤改良、不同沈下、支持力

Keywords：
Raft foundation, Soil improvement, Differential settlement, Bearing capacity

This paper presents a new shallow foundation system with soil improvement. As the new raft foundation system without pile is the hybrid building foundation with concrete raft and shallow soil improvement, it is an economical foundation. As the adoption of the new raft foundation system is able to reduce the excavating soil and concrete materials, it can be used as an environment-friendly foundation. This paper also reports the examples of actual constructed structure with the new raft foundation system and the measurement data of the settlement of the structure are reported too.

1. はじめに

軟弱地盤上に構造物を構築する場合、支持杭基礎工法を用いるか深層改良による地盤改良基礎工法、あるいはベタ基礎と摩擦杭を併用したパイルドラフト基礎工法が用いられている¹⁾。しかし、支持杭基礎工法では周辺地盤の沈下が進行しても構造物自身は下がらないため周辺地盤との段差が生じる抜け上がり現象が発生する。また、支持杭基礎工法や深層改良による地盤改良基礎工法では、軟弱層が非常に厚い場合には適用困難である。さらに、軟弱地盤における支持杭基礎工法・深層改良による地盤改良基礎工法・パイルドラフト基礎工法ともに低層の構造物に対しては相対的に高価であり不経済な基礎工法となる場合が多く、これらの課題を解決する基礎工法の開発が望まれる。このような状況に対して、本報告では、軟弱地盤における構造物の不同沈下ならびに抜け上りを抑制することが可能であり、かつより経済的な低層構造物の基礎工法を提案し、その施工例ならびに沈下計測結果を示す。

2. 浅層改良を併用したラフト基礎工法の概要

この工法は地盤を井桁状に改良し、ベタ基礎と組み合わせた浅層

地盤改良工法である²⁻⁶⁾。改良された地盤も基礎と考えることにより、改良体の剛性を高めることで、従来必要とされていた地中梁を省略することもできる。井桁状に改良することで、地中応力を集中させることなく、分散化できる。また、構造物下の地盤の囲い込み効果により、沈下を抑制すると共に、地震時の液状化対策にも有効と思われる。図1に本基礎工法による基礎の概念図を示す。

3. 浅層改良を併用したラフト基礎工法による施工例

表1に、本基礎工法を採用した建物の概要を、図2～4にそれぞれの概要図を示す。表1から分かるように、どの建物も低層で比較

表1 浅層改良を併用したラフト基礎工法による建物の概要

建物名	建設地	竣工時期	構造	施工面積(m ²)
Wスーパーマーケット	岡山県玉野市	H15.8	S造平屋建	3,804
Mショップ	広島県福山市	H17.4	S造平屋建	674
Hドラッグストア	広島県福山市	H17.4	S造平屋建	1,039

図1 浅層改良を併用したラフト基礎工法による基礎の概念図

*1 (株)ティーアンドピー設計事務所 代表取締役
(〒723-0015 広島県三原市四一町4-2-14)
*2 広島大学大学院国際協力研究科 助教授・工博
*3 (株)ティーアンドピー設計事務所 所員

*1 President, T&P Architect Engineers' Office Co., Ltd.
*2 Assoc. Prof., Hiroshima University, Dr. Eng.
*3 Designer, T&P Architect Engineers' Office Co., Ltd.

(a) 沈下測定結果

(b) 荷重載荷時期と載荷重量

図5 Wスーパーマーケット

(a) 沈下測定結果

(b) 荷重載荷時期と載荷重量

図6 Mショップ

(a) 沈下測定結果

(b) 荷重載荷時期と載荷重量

図7 Hドラッグストア

面積規模が大きく、後述のように単位面積当たりの荷重が小さい。しかし、図2～4のそれぞれの土質柱状図に示すように（圧密試験や、一軸圧縮試験を行ったものについては、それらの結果を同図中に示している）、これらの建物が建つ地盤はかなり軟弱で、杭工法を用いた場合、地盤沈下のため杭の抜け上がり等による地盤沈下障害の可能性がある。特に、MショップとHドラッグストアの地盤は、河川の後背湿地にあった水田の跡地であり、表層から10数mの深さまで粘土が堆積しており、この間のN値はほぼ0であった（サンプラーが自沈）。このような地盤では低層の比較的軽い構造物とはいえ、浅い独立基礎や布基礎の適用は困難であり、通常のベタ基礎を採用すれば全体に占める基礎そのものの重量が相当に大きくなり、さらに沈下量を増大せしめることになる。そこで、直下に浅い地盤改良体を設置し、その上のベタ基礎の厚さを半分程度に減じ得る本基礎工法を適用した。また、それぞれの建物における柱通り直下の地盤改良層の厚さは、基礎底面に作用する接地圧が改良体による応力分散効果によって低減され、その応力が下部地盤の許容支持力以下になるように設計した。その他の部分の改良体層厚は、Wスーパーマーケット、Mショップに比べて、Hドラッグストアの方が厚くなっており、これは、長辺方向のスパンが2倍程度になっているためである。地盤改良の方法は浅層混合とし、目標強度は100kN/m²以上、セメント添加量は100kg/m³とした。なお、改良体の4週圧縮強度試験を行ったところ、Wスーパーマーケットの場合には、450～550kN/m²であった。

4. 施工建物の沈下計測

本基礎工法を適用した建物の沈下計測を計画し、竣工後レベル計測を開始した。その後、ほぼ2ヶ月に1度の頻度で計測を継続している。沈下計測点は、図2～4のそれぞれの建物平面図に示す英字

記号の位置に設定している。なお、MショップとHドラッグストアにおいては、平面図の周囲の一部に、現時点における最終計測時の沈下分布図を示す。不動点は支持杭基礎で支持されている近隣の構造物に設置しているが、これらの杭基礎支持構造物はかなり抜け上がり、Hドラッグストアの近隣建物は、前面道路との段差が生じている。周辺状況から、当地域における地盤沈下はほぼ収束していると思われる、今回のレベル測量による沈下は主に建物荷重増によるものと考えられる。

それぞれの建物の沈下計測結果を、図5～7に示す。なお、同図中には、竣工までの載荷履歴も併記している。これらの沈下計測結果によれば、竣工後一年目あるいは二年目の時点で沈下が進行中であるが、それぞれの計測点で全沈下量は数cm以内に収まっており、また外見検査によってもまったく異常は無い。また、圧密試験が実施されているものについては（MショップとHドラッグストア）、構造物の剛性等を考慮しない簡便な一次元圧密沈下計算を行っている（建物中心位置の沈下量：図6、7中の(b)と隅角部の沈下量：図6、7中の(a)）。その場合、荷重は等分布荷重とし、荷重が加わった時期は、工期の中間時点として沈下計算を行った。圧密試験結果によれば、これらの地盤は若干過圧密であったが、竣工後一年目のMショップとHドラッグストアでは、圧密度がそれぞれU=65%と37%となる。したがって、建物中心位置の最終全沈下量は、Mショップ：8.5cmとHドラッグストア：11.7cmと計算上は推定されるが、竣工後一年目の沈下計測の傾向によるとそれらよりも小さくなるものと考えられる。ただし、計測値は圧密沈下計算値（工期の中間時点）よりも小さくなっているが、計測開始時期が圧密計算時期よりも約2ヶ月遅れていることが主な原因と考えられる。

さらに、表2ならびに表3に示すように、これらの建物については沈下計測結果および前述の簡便な一次元圧密沈下計算による相

表2 Mショップ 相対変形角

		E点	F点	D点
沈下量[cm]	計測値	1.2	1.6	1.0
	計算値	1.80	3.26	3.25
E点との差[cm]	計測値	-	0.4	0.2
	計算値	-	1.46	1.45
相対変形角[$\times 10^{-3}$ rad]	計測値	-	0.27	0.18
	計算値	-	0.99	1.29

表3 Hドラッグストアー 相対変形角

		C点	B点	D点
沈下量[cm]	計測値	1.3	1.9	1.6
	計算値	1.26	2.53	2.45
C点との差[cm]	計測値	-	0.6	0.3
	計算値	-	1.27	1.19
相対変形角[$\times 10^{-3}$ rad]	計測値	-	0.30	0.38
	計算値	-	0.61	1.49

対変形角の検討も行っている。表中の各点は、図3ならびに図4中の沈下計測点であり、隅角点と隣接する計測点との沈下差ならびにその間の相対変形角を示している。なお、上段が計測値によるものであり、下段が簡便な一次元圧密沈下計算によるものである。これらの表より、いずれも竣工後一年目の相対変形角は小さく、構造上の問題は無いことが分かる。

5. まとめ

軟弱地盤における構造物の不同沈下ならびに抜け上りを抑制

することが可能であり、かつより経済的な低層構造物の基礎工法の開発を目指し、浅層改良を併用したラフト基礎工法を提案した。本基礎工法の特徴は、軟弱地盤の表層を浅く改良し、その上のベタ基礎と組み合わせる構成にある。本基礎工法による施工工事ならびに沈下計測結果について報告した。今後、さらに沈下計測を継続して安全性を確認するとともに、圧密沈下に基づく不同沈下の検討に基礎や構造物の剛性効果を取り入れることや、井桁状に改良することによる地盤の囲い込み効果について検討し、より合理的な基礎工法へ進展させたいと考えている。

参考文献

- 1) 茶谷文雄（監修）：支持杭基礎から多様な基礎へ，建築技術，No. 656，pp. 91-178，2004. 9
- 2) 李 偉（他）：浅層地盤改良ベタ基礎工法の不同沈下抑制効果に関する解析的研究，日本建築学会中国支部研究報告集，第28巻，pp. 133-136，2005. 3
- 3) 山本春行（他）：浅層地盤改良を併用したベタ基礎の沈下挙動解析，第40回地盤工学研究発表会報告集，pp. 1499-1500，2005. 7
- 4) 李 偉（他）：数値解析による井桁型浅層地盤改良ベタ基礎の沈下性状についての検討，建築学会大会学術講演梗概集，構造I（B-I），pp. 779-780，2005. 9
- 5) H. Yamamoto et al., A new raft foundation system with shallow soil improvement, Proc. of the 3th international structural engineering and construction conference (ISEC-03) SHUNAN, JAPAN, pp. 797-804, 2005. 9
- 6) Wei Li et al., Effect of raft foundation with shallow soil improvement on controlling differential settlement, Proc. of the Second China-Japan geotechnical symposium, SHANGHAI, CHINA, pp. 350-357, 2005. 10

[2006年4月20日原稿受理 2006年7月27日採用決定]