

VALUE ENGINEERING AND OBSERVATION OF SETTLEMENT BEHAVIOR ON PILED-RAFT FOUNDATION OF HADRON EXPERIMENTAL HALL OF J-PARC : PART3

Kiyoshi Yamashita^{1,A)}, Takeshi Yamada^{A)}, Toshio Hashiba^{A)}, Hidetoshi Ito^{A)}

^{A)} Takenaka Corporation

1-1-1 Shinsuna, Koto-ku, Tokyo, 136-0075

Abstract

Piled raft foundations are recognized to be able to offer a cost-effective alternative to conventional pile foundations. This paper describes performance of piled-raft foundation used for the Hadron Experimental Hall in J-PARC. To confirm validity of the foundation design, field measurements were performed on the foundation settlement and load sharing between raft and piles from the beginning of construction to four years after the end of construction. The measured settlement reached 20 mm and the ratios of the load carried by the piles to the effective load in the tributary area of the instrumented piles were estimated to be 0.86 and 0.67, respectively, 42 months after the end of construction. Two months later, the 2011 Tohoku Pacific Earthquake occurred. The peak horizontal ground acceleration of 546 gal was recorded at Nakaminato (K-Net) 10 km south from J-PARC. Based on the measurement results, there were no significant changes in the foundation settlement and the load sharing, therefore, the piled raft was found to be quite stable after the strong seismic vibration.

J-PARC原子核素粒子物理実験施設のパイル・ラフト基礎採用と挙動観測:その3

1. はじめに

パイルド・ラフト基礎は、直接基礎と杭基礎を併用した基礎形式であり、直接基礎と杭が複合して荷重に抵抗するものである。J-PARC原子核素粒子物理実験施設は、基礎スラブ厚1.2m~7m、床上に遮蔽コンクリートなどを有する重量構造物である。この施設の基礎の設計において、比較的良好な地盤条件と地下部を有する建屋条件を活かし、詳細な沈下検討に基づき原設計の支持杭基礎をパイルド・ラフト基礎に変更するVE提案を行い、実施した¹⁾。

本文では前報²⁾に続き、基礎の設計の妥当性を検

証するために実施している沈下挙動観測に関し、竣工4年後までの結果を示す。この間に発生した東北地方太平洋沖地震が、本建屋基礎の挙動に及ぼした影響についても速報する。

2. 建屋・地盤条件と基礎形式

図1に建屋の断面と地盤条件、図2に基礎の平面を示す。建屋はSRC造およびS造の1階建て、設計地盤面(SGL)からの高さは19mである。積載荷重(196~294kPa)を含む基礎の接地圧は、実験ホールで259kPa(最小値)、ビームダンプで442kPa(最大値)で

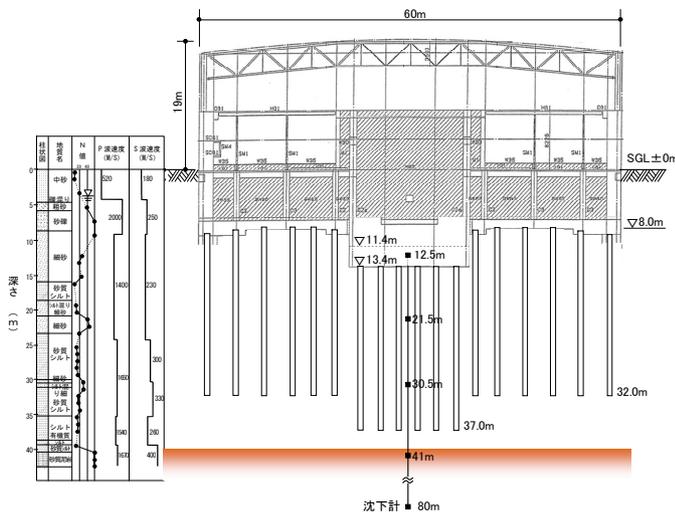


図1：建屋の断面と地盤条件

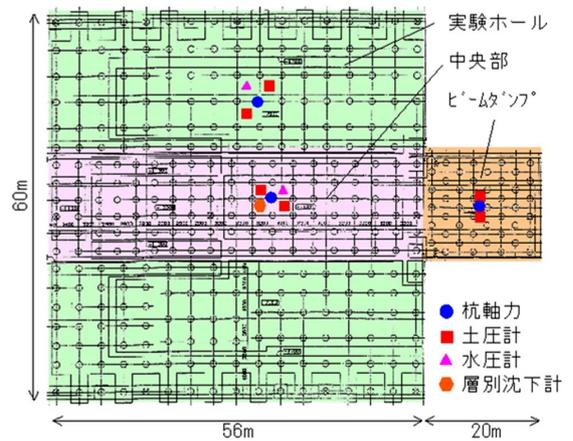


図2：基礎の平面と計測器の配置

¹⁾ yamashita.kiyoshi@takenaka.co.jp

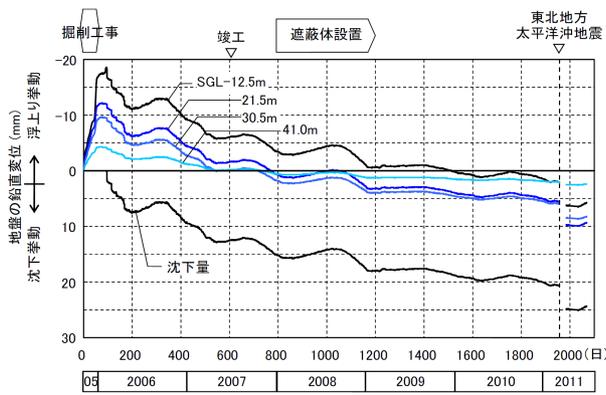


図3：地盤の鉛直変位の経時変化 (中央部)

ある。パイルド・ラフト基礎の沈下および杭とラフトの荷重分担を調べるため、図2に示す3箇所計測器を配置した。計測は掘削工事直前から開始し、竣工4年後(2011年6月末)において継続中である。

3. 計測結果

3.1 基礎の沈下

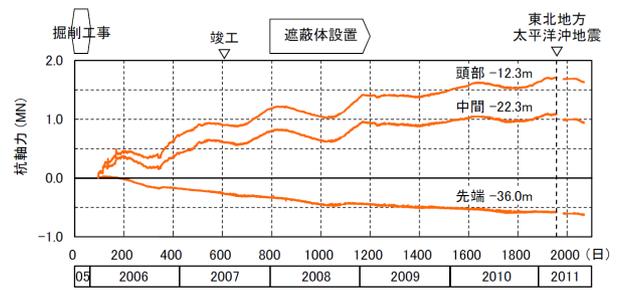
図3に、中央部における地盤の鉛直変位の経時変化を示す。併せて基礎の構築開始を初期値としたSGL-12.5mの地盤の鉛直変位(基礎の沈下量)を示す。掘削による地盤の浮上り量は最大18mmであった。基礎の沈下量は建屋構築とともに増加し竣工時に12mmとなった。その後も遮蔽体の設置により増加し、竣工3年半後(2010年12月末)に20mmとなった。

3.2 杭の軸力とラフト底面の土圧

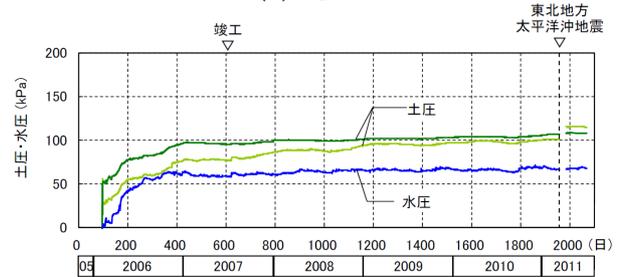
図4に、中央部における杭の軸力、ラフト底面の土圧と水圧の測定値を、同様に図5にはビームダンプにおける測定値を示す。杭軸力、土圧とも竣工後も遮蔽体の設置により増加している。なお、実験ホールについては、竣工後も杭頭の軸力がほぼ0の状態にあり、この理由として実際の積載荷重が想定より大幅に小さいことがあげられる。

3.3 杭とラフトの荷重分担³⁾

中央部とビームダンプについて、計測杭の支配面積における杭の軸力とラフト底面の土圧(2個の平均値)×支配面積および水圧×支配面積の経時変化を図6、図7に示す。支配面積における有効荷重(全荷重から浮力を除いた荷重)に対する杭の荷重分担率は、竣工時および竣工3年半後において、中央部で81%および86%、ビームダンプでは58%および67%である。同様に、全荷重に対する杭の荷重分担率は、中央部で57%および66%、ビームダンプで30%および44%であり、設計時の想定範囲(60~80%)とほぼ対応している。

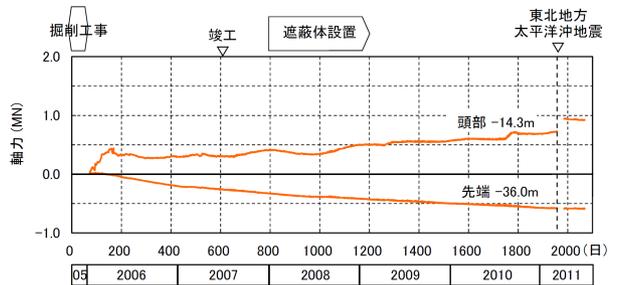


(a) 杭の軸力

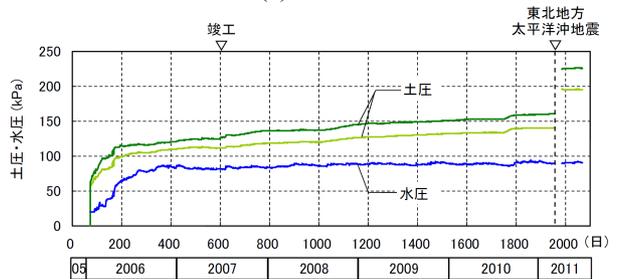


(b) ラフト底面の土圧と水圧

図4：杭軸力と土圧・水圧の経時変化 (中央部)



(a) 杭の軸力

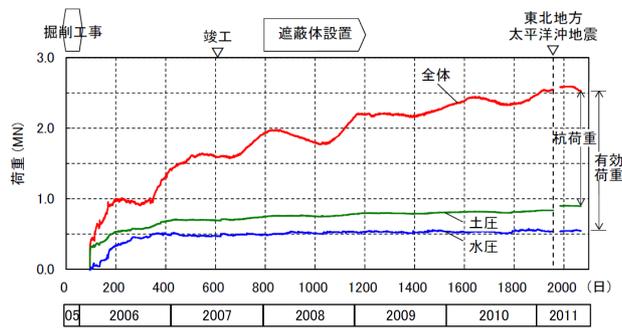


(b) ラフト底面の土圧と水圧

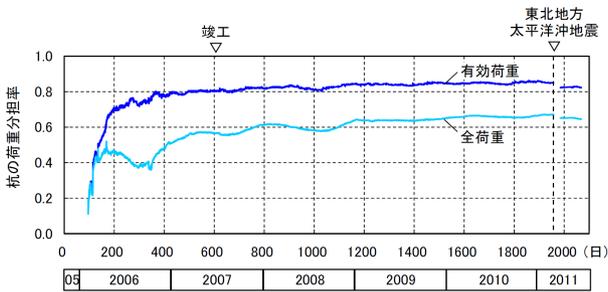
図5：杭軸力と土圧の経時変化 (ビームダンプ)

4. 東北地方太平洋沖地震の影響

2011年3月11日にM9.0の東北地方太平洋沖地震が発生した。本敷地の推計震度は6弱(気象庁)であり、本敷地の南約10kmにあるK-Net那珂湊⁴⁾で水平方向の最大加速度546gal、上下方向の最大加速度412galが記録された(図8)。地震の直後に本計測システムは停止したが、28日後(4月8日)に復旧した。基礎の沈下量は、図3のように地震直前の20.7mmから24.8mmに増加した。深さごとの地盤の鉛直変位の



(a) 杭とラフトの荷重分担



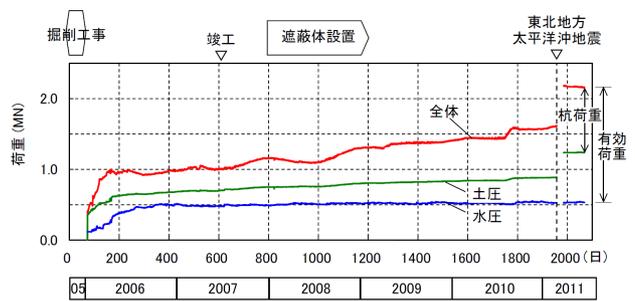
(b) 杭の荷重分担率

図6：杭とラフトの荷重分担 (中央部)

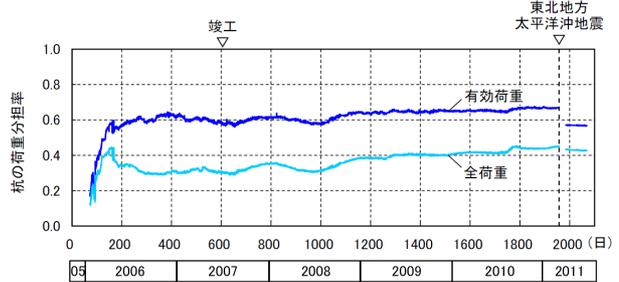
増分は、GL-12.5mと-21.5mで4.1mm、GL-30.5mでは2.5mm、GL-41mでは0.5mmであり、杭中間部付近の深さからGL-41mまでのシルト層に圧縮が生じている。杭軸力、基礎下の土圧については、中央部では図4のように、地震後に若干の変化がみられる程度であるが、ビームダンプでは図5のように、地震後に杭の軸力は1.3倍、土圧は1.4倍に増加した。杭軸力、土圧ともに増加した理由として、地震動により建屋の根入れ部周囲の地盤が緩み、地下外壁と地盤の摩擦抵抗が減少した結果、地下外壁で支持していた荷重の一部が基礎底面に流れたことが考えられる。基礎面積の小さいビームダンプでこの影響が顕著に表れたものと思われる。地震後の杭の荷重分担率については、中央部で図6(b)のように82%、ビームダンプでは図7(b)のように57%となり、若干(5~15%)の減少を示した。

5. まとめ

原子核素粒子物理実験施設の基礎の設計に際し、地盤と建屋の条件を活かし、パイルド・ラフト基礎を採用した。基礎構築前から竣工3.5年後までの挙動観測を通じて、本基礎が常時荷重の下で建屋の要求性能を満足することを確認した。また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後に、基礎の沈下量が約4mm増加したが、杭とラフトの荷重分担には大きな変動はみられず、大地震後も支持杭基礎と同等の安定した支持性状を維持していることが判明し、高度な安定性が要求される加速器施設にも



(a) 杭とラフトの荷重分担



(b) 杭の荷重分担率

図7：杭とラフトの荷重分担 (ビームダンプ)

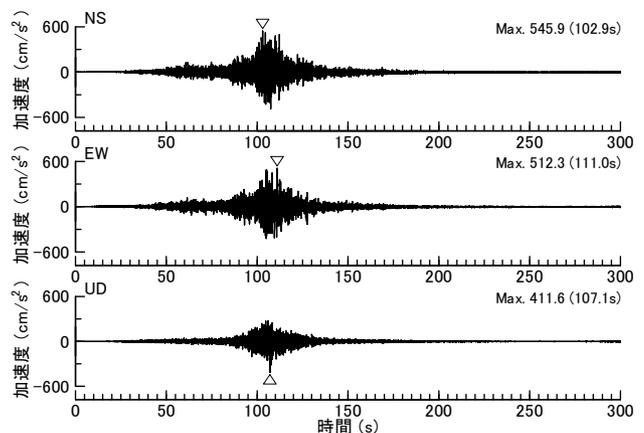


図8：K-NET那珂湊の強震記録⁴⁾

採用可能な基礎形式であることが確認された。謝辞：本研究にあたり、多大なご指導、ご支援を頂きましたKEK吉岡正和特任教授、上窪田紀彦准教授、宮原正信氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 山田,橋場,伊藤,小口,山下,宮原: J-PARC原子核素粒子物理実験施設のパイルド・ラフト基礎採用と挙動観測, 第4回日本加速器学会年会, 2007.
- [2] 山下,山田,橋場,伊藤,宮原: J-PARC原子核素粒子物理実験施設のパイルド・ラフト基礎採用と挙動観測(その2), 第5回日本加速器学会年会, 2008.
- [3] Yamashita, K., Yamada, T. and Hamada, J.: Investigation of settlement and load sharing on piled rafts by monitoring full-scale structures, Soils & Foundations, Vol.51, No.3, pp.513-532, 2011.
- [4] (独)防災科学技術研究所: 強震観測網(K-NET), <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/data/>