

異なる地盤条件での発破による締固め工法の適用試験

佐藤工業（株）正会員 ○辻野 修一 前田 幸男

佐藤工業（株）正会員 永尾 浩一 瀬谷 正巳

1. はじめに

発破を用いた砂地盤の締固め工法は、液状化対策工法として海外においては半世紀前より使用されている。筆者らはこれまで主に細粒分の少ない砂地盤を対象とし現場試験を行い液状化対策としての有効性を確認してきた¹⁾。しかし、実施工に至るまでには種々の地盤でのデータの蓄積を図り改良効果の予測精度をより向上させるとともに、周辺への影響低減方法の確立などの課題を解決する必要がある。今回、締固め試験に先がけ地盤条件の異なる2箇所のサイトで予備試験を行い、締固め効果の差異や周辺への影響を調べた結果について報告する。

2. 試験概要

試験は愛知県の三河港神野西埠頭と名古屋港弥富埠頭の埋立地で行った。各試験箇所の地盤条件を図-1に、試験ケースを表-1に示す。神野西埠頭は砂質主体の埋立地であり、表層および14m以深ではゆるいシルト質地盤であるがGL-6～13mは比較的細粒分が少ない砂質土である。一方、弥富埠頭は細粒分を多く含んだシルト質の埋立地であり、GL-9～12m付近のみFc<25の砂質土となる。試験ケースは表-1に示すように各サイトとも1孔発破とし、火薬装薬はこれまでの実績より主に砂質土層を中心に配置し、1ケースのみ（No4）砂質土層下部のシルト層部の締固めを目的とした発破を行った。また、1孔内の発破は秒時差0.2秒の段発とした。

試験は各試験場所共通で、図-2に示すように発破孔を9m間隔に配置し、地表面沈下量、過剰間隙水圧(PWP)および地表面加速度(ACC)などを測定した。なお、神野西埠頭（J-No5）のみ、発破の衝撃による影響低減を目的として、既設の矢板付近で試験を行い矢板前後の発生水圧の沈下量を調べた。

3. 試験結果

◇沈下量：地表面の沈下は図-2に示すように発破直後に大きく生じ、総沈下量は神野西埠頭の場合No.5-No.4-No.3-No.1-No.2の順に発破後3～4週間経過時で12cm～22cmとなった。一方、細粒分が多い弥富埠頭では発破後3週間経過時でNo.3-No.4-No.1-No.2の順に8.5cm～12.7cmと神野西埠頭より小さい値となった。なお、同図の累積沈下量は各発破孔の周辺4点の平均を、経過時間はJ-No5を除いて最初の発破からの時間を示している。

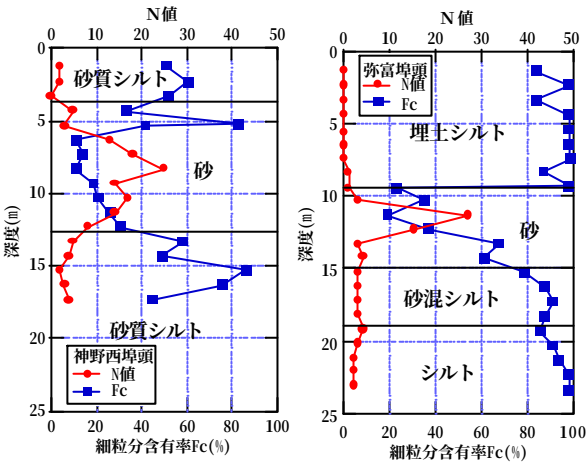


図-1 各サイトの地盤調査結果

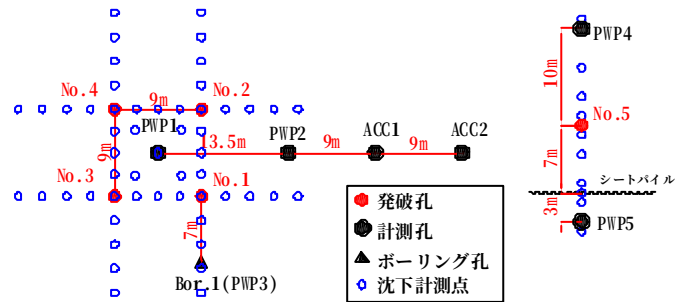


図-2 試験平面

表-1 試験ケース

試験ケース	装薬段数	装薬深度 (GL-m)／装薬量 kg/段				実施順序・日時
神野西埠頭	J-No.1	1孔2段	6.0/3.0	10.5/4.0		③ 04/2/ 4 11:00
	J-No.2	1孔3段	5.5/2.0	8.5/20	11.5/2.0	④ 04/2/ 4 14:00
	J-No.3	1孔4段	5.5/1.0	7.5/10	9.5/1.0	① 04/2/ 3 11:00
	J-No.4	1孔4段	6.0/3.0	10.5/4.0	14.5/4.0	② 04/2/ 3 14:00
	J-No.5	1孔2段	6.0/3.0	10.5/4.0		⑤ 04/2/ 9 12:10
弥富埠頭	Y-No.1	1孔2段	9.5/3.0	14.0/4.0		③ 04/2/13 11:00
	Y-No.2	1孔3段	9.0/2.0	12.0/2.0	15.0/2.0	④ 04/2/13 14:00
	Y-No.3	1孔4段	6.0/1.0	9.0/20	12.0/1.0	② 04/2/12 14:00
	Y-No.4	1孔4段	9.5/3.0	14.0/4.0	18.0/4.0	① 04/2/12 11:00

◇過剰間隙水圧：試験結果例として過剰間隙水圧の経時変化を図-3に示す。過剰間隙水圧は段発の秒時差0.2秒毎に増加し、発破孔からの距離が近い程大きい値となっている。なお、発破

毎の衝撃水圧は、衝撃の過負荷で間隙水圧計が破損しないようにセンサー受圧板前面に発泡ビーズを封じ込めクッション効果をもたせて計測しているため、実際の衝撃水圧よりも小さい値となっていると考えられる。

発破による発生水圧を過剰間隙比とスケールディスタンス $R_w (=R/W^{1/2})$ の関係に整理し既往の結果と併せて図-4に示す。 R_w は発破孔からの距離の増加および装薬量の減少により小さくなり、これに応じて過剰間隙水圧比も小さくなるため液状化が発生し難くなる。発破孔間隔を4.5m（9m、2ステージ発破千鳥配置）として多孔発破を行う場合、同図の相関式より過剰間隙水圧比が1.0となるのに必要な薬量を推定すると $W=47.6\text{kg}$ となり、発破孔4孔間の中央部で総薬量 $W/4$ とすると 14kg/孔 程度で領域内は液状化すると考えられる。

◇矢板による影響低減：図-5に矢板による発破の影響低減の検討結果を示す。沈下分布より矢板埋設位置を境に沈下量は小さくなり、過剰間隙水圧も矢板なし側の水圧が2～3秒間でピークに達しているのに対して、矢板背面は水圧の上昇速度が遅くまた発生水圧も小さくなった。矢板背面の水圧上昇は矢板下端部からの間隙水圧の回り込みと考えると、矢板長(下端部GL-10.5m)を大きくすると、水圧上昇が抑制され沈下もより低減できると考えられる。

4. まとめ

今回の1孔発破の予備試験により、地盤条件による水圧・沈下の影響を把握するとともに、矢板による改良範囲制御効果の可能性が確認できた。今後は、多孔発破の現場試験を行い、改良効果の向上、発破の影響抑制方法や設計精度の向上に向けてさらに検討する予定である。

今回の予備試験に際して、ご協力頂いた用地質(株)澤田氏、ダイノノーベルジャパン(株)河野氏に末筆ながら感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 辻野ほか：発破締固め工法の液状化対策への適用性に関する現場実験，電力土木 No.287，pp.108-112，2000.3
- 2) 永尾ほか：模型地盤における火薬を用いた人工液状化実験，土木学会第58回年次学術講演会III部門，pp.201-202，2003.9

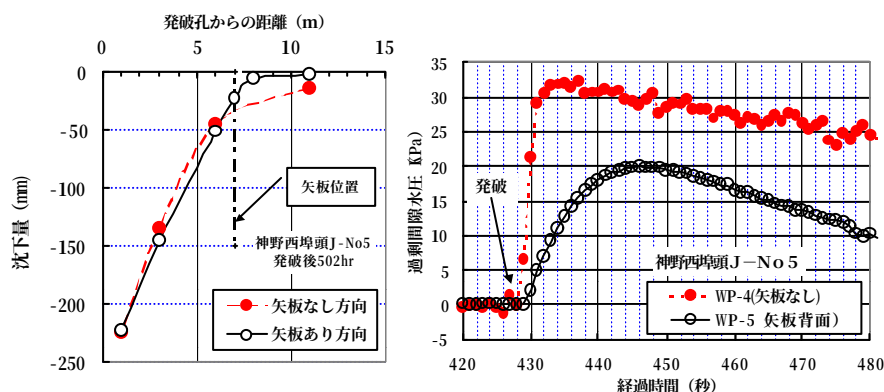


図-5 矢板による影響抑制（沈下分布と発生水圧）

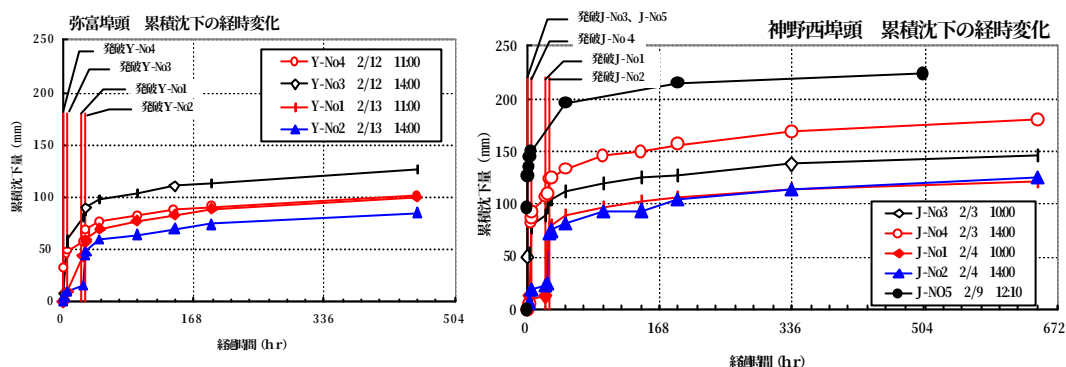


図-2 沈下量の経時変化

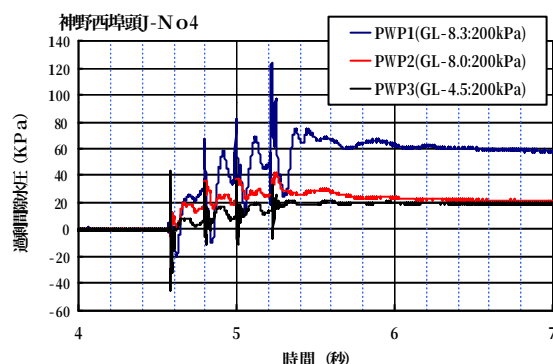


図-3 過剰間隙水圧の経時変化

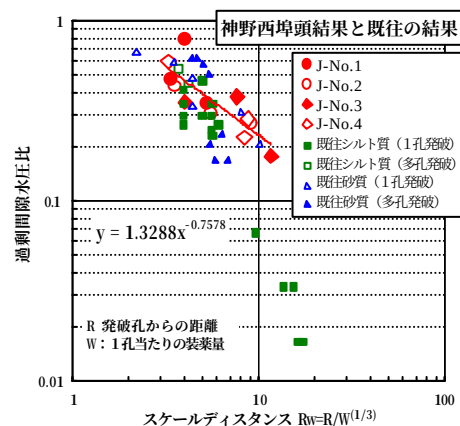


図-4 スケールディスタンスによる整理