

III-328

1989年ロマ・ブリエタ地震で生じた噴砂の液状化特性

飛島建設(株) 正会員 ○沼田淳紀

正会員 森伸一郎

正会員 太田直之

1. はじめに

1989年10月17日に米国カリフォルニア州でおきたロマ・ブリエタ地震(マグニチュード7.1)は、震源から約90kmも離れたサンフランシスコ湾岸地域においても大きな被害をおよぼした。地盤の液状化は、サンフランシスコ湾北部の臨海埋立地で多く確認され、震央より比較的遠いところにおいて、しかも、自然地盤よりも臨海埋立地で多く液状化が生じた。¹⁾ 筆者のひとりには、ロマ・ブリエタ地震の被害調査に参加する機会を得、液状化により生じた噴砂を多く確認することができた。この噴砂の物理的性質は、細粒分含有率(以下、PF)が多いものも含まれているのに対し、どれも粘土分含有率(以下、PC)は少なく塑性指数(以下、Ip)は低かった。¹⁾ このような地震の特徴は、被害の程度に差はあるものの、1987年千葉県東方沖地震の特徴²⁾³⁾に類似している。臨海埋立地における液状化の問題は、近年クローズアップされてきている。そこでここでは、1989年ロマ・ブリエタ地震で生じた噴砂の液状化特性を調べる目的で、再調整試料の供試体を作成し繰返し非排水三軸試験を実施したのでこの結果について述べる。

表-1 噴砂の物理的性質

試験番号	A1	A2	A7
試料名	MAG	QA5	標準砂
採取位置	Marina	Alameda	豊浦
日本統一土質分類	(SC)	(ML)	(SPu)
比重 Gs	2.708	2.667	2.64
細粒分含有率 PF %	16.8	97.2	0
粘土分含有率 PC %	5.5	9.7	0
平均粒径 D50 mm	0.14	0.028	0.205
均等係数 Uc	3.9	5.2	1.328
液性限界 wL %	23.7	36.0	NP
塑性指数 Ip	7.9	7.4※	NP
最大間隙比 e max	1.061	1.788	0.975
最小間隙比 e min	0.610	0.890	0.599
供試体の相対密度 Dr %	32.9 34.3 34.0 35.1	60.2 65.9 66.3 65.9	52.5 49.4 49.4

※ 通常のJISの方法で求めたもの。

2. 繰返し非排水三軸試験方法

①供試体寸法:直径5cm×高さ10cm②供試体作製方法:空中落下法(落下高さ38cm)³⁾③繰返し荷重載荷方式:空圧制御方式④繰返し周波数:0.1Hz(正弦波)⑤有効拘束圧:0.5kgf/cm²⑥圧密時間:1~20時間⑦B値:0.95以上⑧供試体飽和方法:供試体に過圧密履歴を与えぬように供試体内を真空状態にし、その状態で脱気水の通水を行い、その後一度大気圧に戻してから背圧2.0kgf/cm²を加えた。

試験に使用した試料は、表-1に示した2試料であり、比較のために豊浦標準砂の試験結果も合わせて示した。

これら2試料(A1, A2)の特徴は、①PCが少ない(PC≤9.7%)②Ipが低い(Ip≤7.9%)③均等係数(以下、Uc)が小さい(Uc≤5.2)④試料によってPFが大きく異なる(PF=16.8, 97.2%)、である。また、それぞれの粒度分布を図-1に示めた。なお試料は、少ないことから繰返し使用した。

3. 噴砂の液状化特性

両振幅わずみ(以下、DA)が、5%に到る繰返し強度曲線を図-2に示した。繰返し強度曲線は、互いにはほぼ平行に近くPFによる差はほとんどない。特に、各試料の繰返し回数20回付近の液状化強度には差が少なく、再調整試料ではあるが噴砂の液状化強度は、PFに関わらず豊浦標準砂と同程度に低いといえる。

柳澤は繰返し単純せん断試験⁴⁾を、また、安田は繰返し三軸試験⁵⁾⁶⁾を行い同じように1989年ロマ・ブリエタ地震で生じた噴砂について繰返し強度曲線を示している。

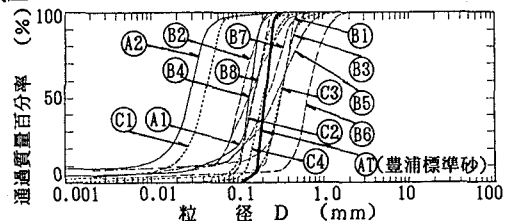


図-1 噴砂の粒径加積曲線

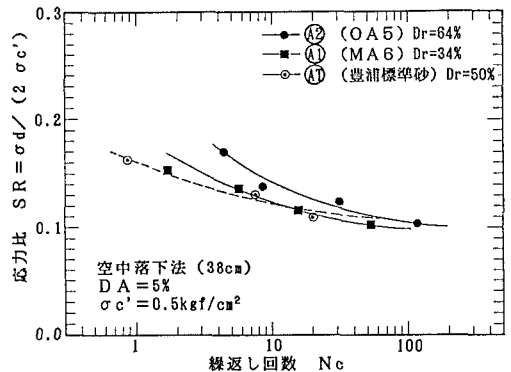


図-2 噴砂の繰返し強度曲線

そこで、これらを図-3に示した。なお、それぞれの粒度分布は、図-2に合わせて示した。各機関により、液状化強度は若干異なるものの、各機関とも筆者らと同様な傾向を示していることがわかる。

図-4には、PFの多い噴砂②(OA5)の試料と豊浦標準砂についての応力ひずみ関係、および、有効応力経路の一例を示した。豊浦標準砂の有効応力経路は、急激に平均主応力が減少し液状化に到っている。これに対し、PFの多い噴砂の場合は、豊浦標準砂ほど急激には有効応力が減少せず、密詰め砂に似た有効応力経路となっている。また、②(OA5)の応力ひずみの履歴は豊浦標準砂に比べて、大きなループを描き履歴減衰が大きいことがわかる。噴砂と豊浦標準砂の液状化強度はほぼ同じであるといえるものの、繰返し強度曲線の傾きおよび液状化強度に若干の違いがあるのは、このようなことが原因と考えられる。

4. 結論

1989年ロマ・ブリエタ地震で生じた噴砂について、再調整試料の供試体を作成し繰返し非排水三軸試験を実施したところ、以下のような結果を得た。

- (1) 噴砂の繰返し強度曲線は、互いにほぼ平行に近く、細粒分含有率による差はほとんどなく、その液状化強度は豊浦標準砂と同程度に低いといえる。
- (2) 細粒分の多い噴砂と豊浦標準砂とでは、有効応力経路および応力ひずみ関係に違いが認められる。

謝辞

この研究を行うに当たり、東北大学柳澤栄司教授、九州工業大学安田進助教授には貴重なデータを使用させていただいた。最後になりましたが深く感謝いたします。

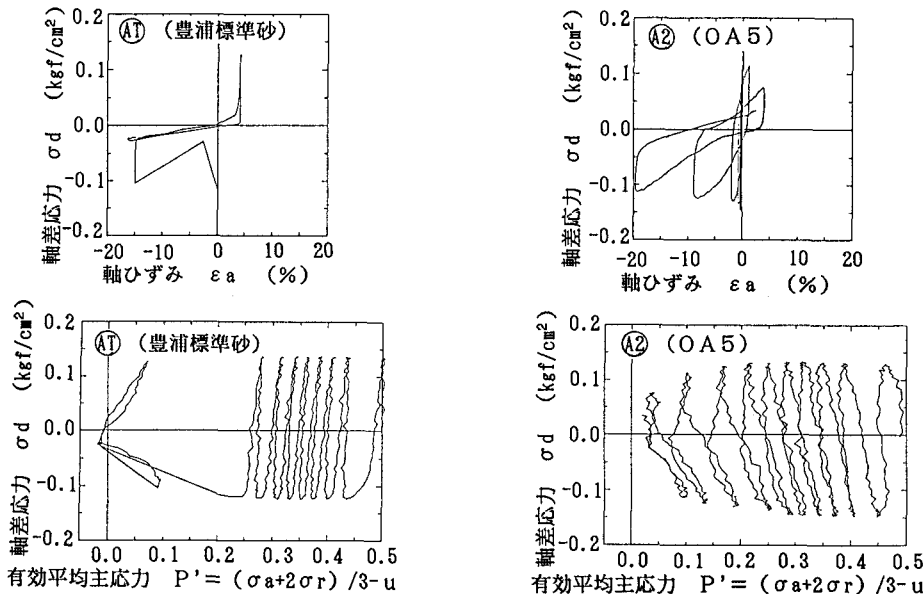


図-4 応力ひずみ関係と有効応力経路

参考文献

- 1) 森, 沼田: 1989年ロマ・ブリエタ地震における液状化調査と噴砂の物理的性質, 第25回土質工学研究発表会講演集 (掲載予定), 1990. 6
- 2) 森, 滝本, 長谷川: 1987年12月17日千葉県東方沖地震における液状化調査, 第23回土質工学研究発表会講演集, 1988. 6
- 3) 沼田, 森, 太田, 境野, 滝本: 1987年千葉県東方沖地震で生じた噴砂の液状化特性 (細粒分含有率の差異の実験的検討), 第20回地震工学研究発表会, 1989. 7
- 4) 柳澤より提供
- 5) 安田, 吉田, 森本, 田上, 宮本: ロマ・ブリエタ地震により液状化した土の特性, 第25回土質工学研究発表会講演集 (掲載予定), 1990. 6
- 6) 安田: カタパントの地震・防災対策の検討講座, 施策研究センター, 1989. 12

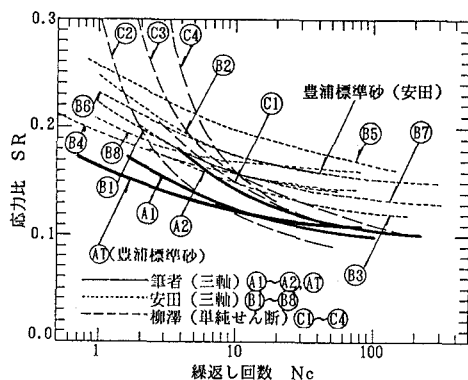


図-3 各機関による噴砂の繰返し強度曲線