

地盤の種類と飽和度が爆土圧特性に及ぼす影響に関する実験的研究

防衛大学校 学生会員 ○市野 宏嘉
防衛大学校 正会員 大野 友則
防衛大学校 正会員 別府 万寿博

1. 序言

近年、世界の各地で爆発を伴うテロ事件や爆発事故が頻発している。爆発災害が一旦発生すると、極めて多くの死傷者が発生するうえ、構造物の機能が停止・喪失されるために社会に与える影響が大きい。このような被害を防ぐためには、耐爆性能を有する地上構造物を設計するという考え方があるが、現状の耐爆設計では、壁などの部材厚をかなり大きくしなければならないという問題が生じる。そこで、このような構造物を地中に建設すれば、爆発が生じた場合の衝撃力を地盤が吸収あるいは緩和する効果を期待することができるため、部材厚や鉄筋量を抑えた設計が可能になることが考えられる。防災シェルターのような耐爆性能を有する地下構造物を設計するためには、荷重条件として爆土圧の特性が必要になる。

著者ら¹⁾は、模型地盤内部で C4 爆薬を爆発させて爆土圧を計測し、飽和度（地盤の間隙の全体積中、水の体積が占める割合を百分率で表した値）が爆土圧特性に及ぼす影響について調べた。その結果、地盤の飽和度が上昇すると、最大爆土圧が大きく増加することがわかった。しかし、山砂 1 種類しか検討していないため、他の土質についても調べる必要がある。本研究は、中目砂および赤土について同様の実験を行い、山砂の実験結果とあわせて、地盤の種類と飽和度が爆土圧特性に及ぼす影響について検討したものである。

2. 供試土および実験方法

本実験では、図-1 に示すように幅 180cm、奥行き 180cm、高さ 70cm のベニヤ合板製の枠組の中に深さ 60cm まで供試土を充填して模型地盤を作製した。供試土は、中目砂、山砂および赤土の 3 種類とした。表-1 に供試土の粒度特性を示す。中目砂は、平均粒径 0.50mm で、細粒分をほとんど含まない土である。山砂は平均粒径 0.20mm で、全体の約 95%以上が砂分で

あるが、細粒分も 3%含まれ、中目砂と比較して粘性を有する。赤土は、平均粒径 0.055mm で、全体の 74%が細粒分である。

実験のパラメータとして、中目砂、山砂および赤土の飽和度を次のように変化させた。細粒分を含まず、乾燥が比較的容易な中目砂は、実験に先立ち供試土を天日乾燥させ、飽和度の範囲を 11.6%～86.0%とした。山砂および赤土は、乾燥させると細粒分によって土が塊状に固結してしまうため、自然の状態から加水して実験を行った。各ケースの飽和度、間隙比（土粒子の体積に対する間隙の体積の比率）および湿潤密度（含水量をもつ土の単位体積質量）の平均値を表-2 に示す。

模型地盤の作成後、模型地盤の中央、深さ 30cm の位置で、直径と高さが等しい円柱形に成形した C4 爆薬 9.7g を爆発させた。発生した爆土圧は、小型圧力センサー（荷重容量 1MPa）で計測した。センサーは、爆源から水平距離 40cm の位置に設置した。計測においては、AD 変換器のサンプル間隔を 0.1ms とした。

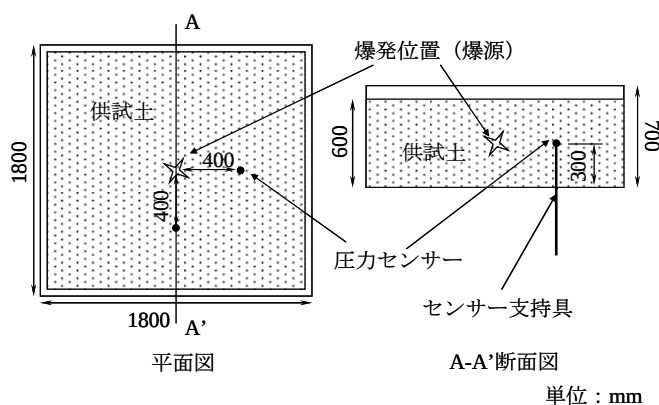


図-1 模型地盤の概要

表-1 供試土の粒度特性

種類	礫分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	平均粒径 mm
中目砂	5.9	93.8	0.3	0.0	0.50
山砂	1.8	95.2	2.8	0.2	0.20
赤土	0.5	25.5	67.5	6.5	0.055

キーワード 地中爆発 / 模型地盤 / 飽和度 / 爆土圧

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810 E-mail:g44053@cc.nda.ac.jp

3. 実験結果および考察

3.1 爆土圧～時間関係

図-2に、ほぼ同等の飽和度(85.3%~87.9%)の中目砂、山砂および赤土において得られた爆土圧～時間関係を示す。中目砂および山砂の爆土圧～時間関係は、爆土圧が到達すると瞬間的に立ち上がって最大値（以後、最大爆土圧 P_0 と呼ぶ）を示した後、爆土圧は低下してゆき、約 10ms で 0kPa まで戻っている。一方、赤土の爆土圧～時間関係は、比較的緩やかな勾配で立ち上がっている。最大爆土圧を経過した後は、やや緩やかな勾配で爆土圧が減少し、約 13ms で 0kPa まで戻っている。

3.2 最大爆土圧

最大爆土圧 P_0 と飽和度 S の関係を図-3 に示し、その値を表-3 に示す。なお、これらの値は 2 個～5 個の計測値の平均値を示している。最大爆土圧は、全ての土質においておよそ 70kPa～400kPa の範囲で変化し、飽和度が上昇すると最大爆土圧は増加していることがわかる。たとえば、中目砂で飽和度 11.6% の場合における最大爆土圧は 85kPa である。飽和度が 86.0% に上昇すると、最大爆土圧は 381kPa に達し、約 4.5 倍に増加している。

次に、飽和度がほぼ等しいケースで最大爆土圧を土質間で比較すると、飽和度が約 86% の場合において、最大爆土圧は、中目砂が 381kPa（飽和度 86.0%）、山砂は 327kPa（飽和度 85.3%）であるのに対して、赤土はわずか 222kPa（飽和度 87.9%）にとどまっている。この理由は次のように考えられる。このケースの間隙比は、中目砂が 0.78、山砂が 0.93、赤土が 2.74、湿潤密度は、中目砂が 1.90g/cm³、山砂が 1.80g/cm³、赤土が 1.34g/cm³ である。すなわち、赤土は中目砂および山砂と比較して間隙が多い構造であり、ほぼ同等の飽和度であっても空気間隙量は中目砂および山砂よりも多くなる。このため、爆土圧の距離減衰が大きくなり、爆土圧の低下をもたらしたと考えられる。

4. 結言

ほぼ同等の飽和度であっても、土質によって最大爆土圧の値は異なることがわかった。本実験の条件の範囲では、中目砂が最も大きく、山砂、赤土の順に小さくなった。また、すべての土質において、飽和度が上昇すると最大爆土圧は増加する傾向が認められる。今

後は、土質を考慮した形で最大爆土圧を定式化する必要がある。

表-2 各実験ケースにおける供試土の状態

番号	供試土の種類	飽和度 (%)	間隙比	湿潤密度 (g/cm ³)
A-1	中目砂	11.6	0.77	1.56
A-2	中目砂	27.9	1.02	1.48
A-3	中目砂	50.7	0.90	1.66
A-4	中目砂	68.2	0.92	1.73
A-5	中目砂	86.0	0.77	1.90
B-1	山砂	51.6	1.07	1.56
B-2	山砂	80.7	1.08	1.76
B-3	山砂	85.3	0.93	1.80
C-1	赤土	68.6	3.18	1.14
C-2	赤土	87.9	2.74	1.34
C-3	赤土	94.2	2.68	1.39

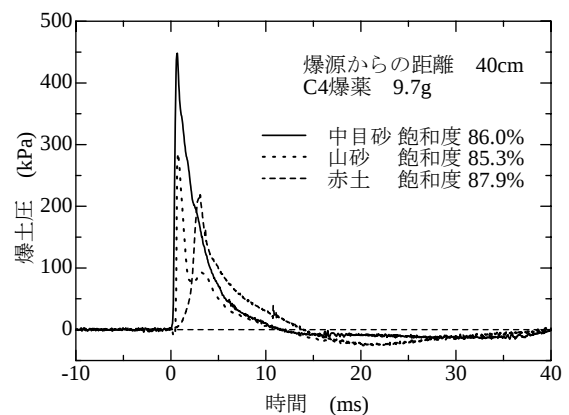


図-2 爆土圧～時間関係

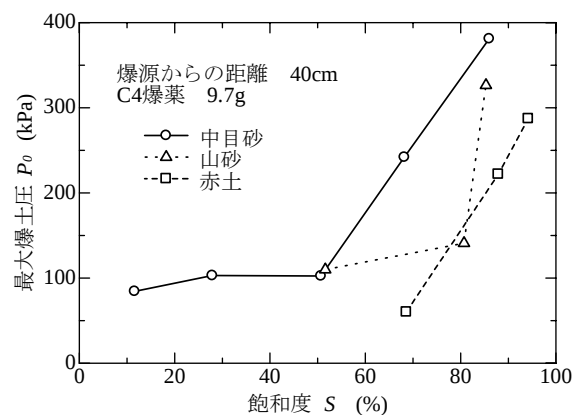


図-3 最大爆土圧と飽和度の関係

表-3 最大爆土圧の平均値

供試土	中目砂				
飽和度 S (%)	11.6	27.9	50.7	68.2	86.0
最大爆土圧 P_0 (kPa)	85	103	103	242	381

供試土	山砂			赤土		
飽和度 S (%)	51.6	80.7	85.3	68.6	87.9	94.5
最大爆土圧 P_0 (kPa)	110	141	327	60	222	287

参考文献

- 1) 市野宏嘉, 大野友則, 別府万寿博, 蓮江和夫: 室内地中爆発実験による爆土圧特性の検討, 第8回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, pp.159-164, 2006.11