

爆土圧を受ける地中埋設鋼板の変形に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員 ○市野 宏嘉
 学生会員 峠 康之
 防衛大学校 正会員 大野 友則

1. 序言

近年、世界各地で起こっている爆破テロ事件や不測の爆発事故により爆発災害が発生すると、施設の機能が停止・喪失するため社会に与える影響が極めて大きい。したがって、爆発の発生自体を未然に防ぐ対策を講じるとともに、社会的に重要な施設には、爆発が生じた場合にも構造物や内部の人命を防護する方法を検討する必要がある。爆発荷重は通常の設計荷重に対して極めて大きいため、爆発荷重を用いて構造部材を設計すると、常時の設計荷重に対しては不必要に過大な部材となる。そのため、他の方法として、構造物を地中に建設する方法が提案されている¹⁾。この方法は、構造物自体の安全性を確保するとともに、爆発による飛散物の発生防止などの観点からも、爆発被害の軽減のために非常に有効であると考えられる。

著者ら²⁾は、地盤の飽和度から最大爆土圧および力積を評価する式を提案しているが、この式から地盤材料を介して爆発を受ける構造部材の変形または損傷を評価するには至っていない。したがって、爆発を受ける部材の変形または損傷を適切に評価する方法の確立は今後の課題として残されている。本研究では、地中爆発を受ける鋼板に作用する動的な土圧（爆土圧）および鋼板裏面のひずみを計測して、爆土圧とひずみの関係について検討した。

2. 地中に埋設した鋼板に対する爆発実験

図-1に示すように、縦50cm、横45cm、厚さ4.5mmの鋼板を、支持用鋼材に載せて2辺を単純支持し、支間長が40cmとなるように設置した。この上に供試土を投入し、鋼板の中心から鉛直上方50cmの位置に、直径と高さが等しい円柱形に成型したコンポジションC4爆薬24gを設置したうえで、さらに供試土と土嚢を50cmの厚さまで積み上げた。供試土には、乾燥砂と湿潤シルトの2種類を用いた。それらの材料特性を表-1に示す。

鋼板の表面に作用する爆土圧を計測するため、図-1に示すように小型圧力センサーを爆薬の直下に配置した。ひずみゲージは、爆薬の直下の鋼板裏面に貼付した。

表-1 供試土の材料特性値

供試土	湿潤密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	飽和度 (%)	平均粒径 (mm)
乾燥砂	1.53	2.9	10	0.40
湿潤シルト	1.49	83.8	97	0.055

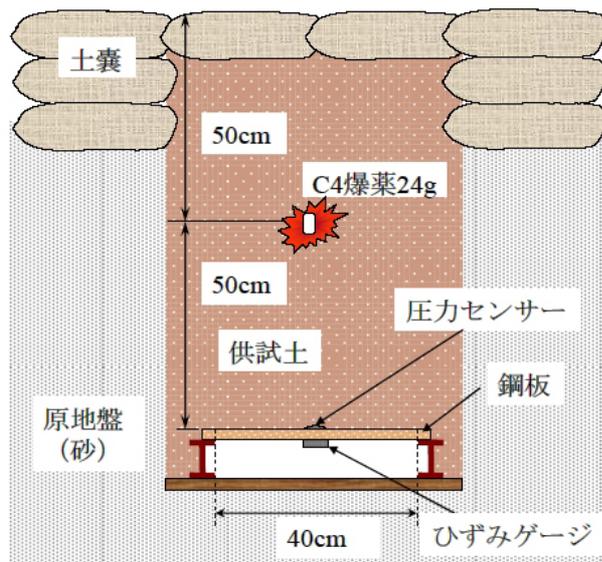


図-1 実験設備の概要

3. 実験結果

3.1 爆土圧～時間関係

図-2、図-3に、爆土圧～時間関係を示す。埋設された鋼板に作用した爆土圧～時間関係の形状は、供試土の土質によって大きく異なる。乾燥砂においては、現象の初期に継続時間1ms程度の比較的高周波の爆土圧が計測されており、爆土圧の最大値は280kPaである。この第一波の後、再度爆土圧が立ち上がっているが、最大値は50kPa未満にとどまっている。第二波の継続時間は約19msである。湿潤シルトの場合は、乾燥砂のように明瞭に二波に分かれていないが、概観して三つのピークが記録されている。爆土圧は第一波で約100kPaまで上昇した後、一旦低下するが、第二波で最大の160kPaに達し、第三波も70kPa以上の爆土圧が記録されている。爆土圧の継続時間は約25msである。本実

キーワード 地中爆発 / 地中埋設鋼板 / 爆土圧 / ひずみ

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: g46078 @cc.nda.ac.jp

験においては、乾燥砂の最大爆土圧が湿潤シルトの最大爆土圧を上回った。センサーの設置状態の違いなどで単純な比較は難しいが、同一条件での地中爆発で計測される最大爆土圧および力積は湿潤シルトの方が乾燥砂よりも大きいことが報告されており^{3), 4)}、本実験の結果と異なる。ただし、力積を計算すると、乾燥砂が $0.47\text{kPa}\cdot\text{s}$ 、湿潤シルトが $1.11\text{kPa}\cdot\text{s}$ で乾燥砂の約 2.4 倍となり、力積の傾向については既往の報告と合致する。

3.2 ひずみ～時間関係

図-4、図-5 に、ひずみ～時間関係を示す。乾燥砂においては、爆土圧の立ち上がりとはほぼ同時にひずみが生じるが、 50μ 程度まで増加して、一旦ひずみは減少する。これは、第一波が到達した後、第二波の立ち上がりまで一時的に爆土圧が除荷されたことを反映している。その後は最大で 355μ までひずみが増加し、時間 22ms でひずみは 0μ となる。これより、乾燥砂の場合、爆土圧の第一波は、継続時間が短いために鋼板の変形に対して顕著な影響を示さなかったと考えられる。一方、湿潤シルトの場合には、ひずみは最大値に達するまで増加を続け、時間 25ms でひずみは 0μ となる。湿潤シルトの場合、ひずみの最大値は乾燥砂の場合の約 2.4 倍の 835μ である。

4. 結言

本研究では、地中爆発を受ける埋設鋼板に作用する爆土圧および鋼板裏面のひずみを計測して、爆土圧と鋼板のひずみの関係について検討した。その結果、土質の違いによって、鋼板が受ける爆土圧～時間関係の形状が大きく異なり、湿潤シルトで埋設した鋼板のひずみは、乾燥砂で埋設した鋼板のひずみの 2 倍以上となった。地盤材料を介して爆発を受ける構造部材の変形を評価するには、爆土圧～時間関係の形状を適切に反映できる指標を選定する必要がある。

参考文献

- 1) Eng-Choon Leong, S Anand, Hee-Kiat Cheong, Chee-Hiong Lim: A revisit to TM-5-855-1: Scaled distances and peak stresses, Design and Analysis of Protective Structures against Impact/Impulsive/Shock Loads, pp. 29-40, 2003.12
- 2) 市野宏嘉, 大野友則, 別府万寿博, 蓮江和夫: 地盤の飽和度が爆土圧特性に及ぼす影響とその評価式の提案, 構造工学論文集 vol.53A, pp.1284-1292, 2007
- 3) 市野宏嘉, 大野友則, 別府万寿博, 蓮江和夫: 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, 平成 19 年度土木学会全国大会 第 6 2 回年次学術講演会概要集, 1-308, 2007
- 4) Headquarters, Department of the Army, Washington DC: Fundamentals of protective design for conventional weapons, TM5-855-1, Cha.5, 1986.

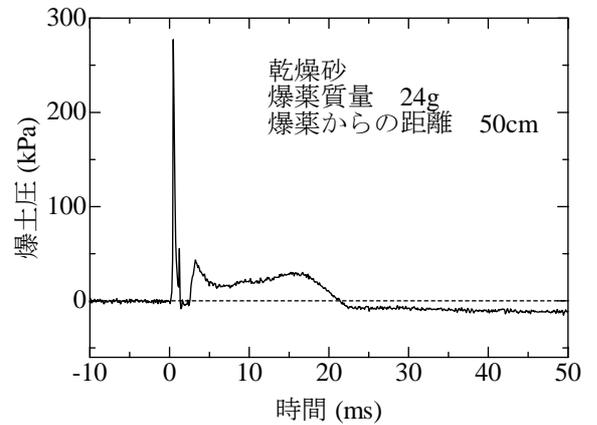


図-2 爆土圧～時間関係 (乾燥砂)

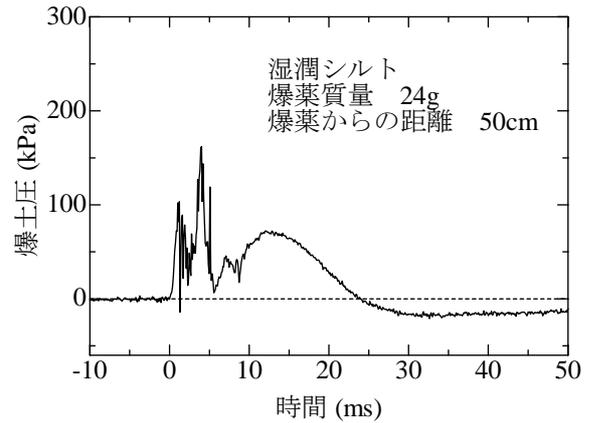


図-3 爆土圧～時間関係 (湿潤シルト)

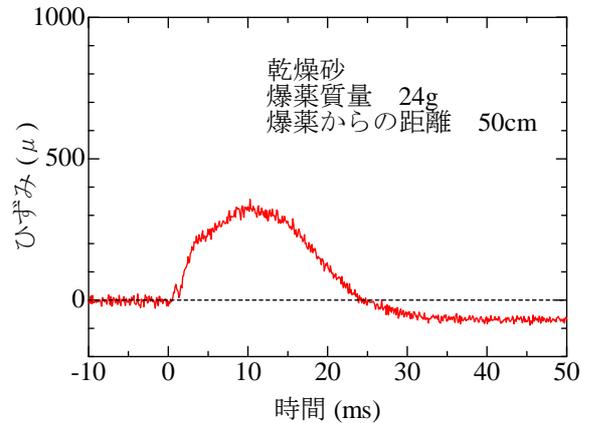


図-4 ひずみ～時間関係 (乾燥砂)

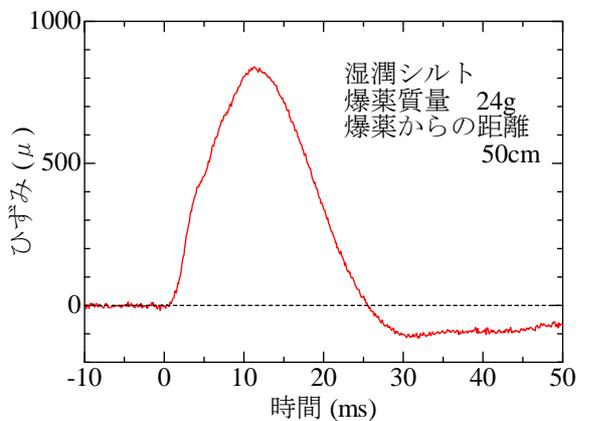


図-5 ひずみ～時間関係 (湿潤シルト)