

地中爆発による爆土圧を受ける埋設構造部材の変形と損傷

防衛大学校 学生会員 ○市野 宏嘉 正会員 大野 友則 別府 万寿博

1. 序言

近年、世界各地で起こっている無差別の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、人命の喪失や施設の機能が停止するなどの危機が生じる。したがって、社会的に重要な施設には、爆発が生じた場合に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。その方法のひとつとして、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非常に有効であると考えられる。

本研究では、耐爆性能を有する地中構造物の設計のための基礎的段階として、埋設された鋼板および鉄筋コンクリート板に地盤を介した爆土圧を作用させ、地中爆発を受ける鋼板の変形および鉄筋コンクリート板の損傷に及ぼす土質の影響について検討した。

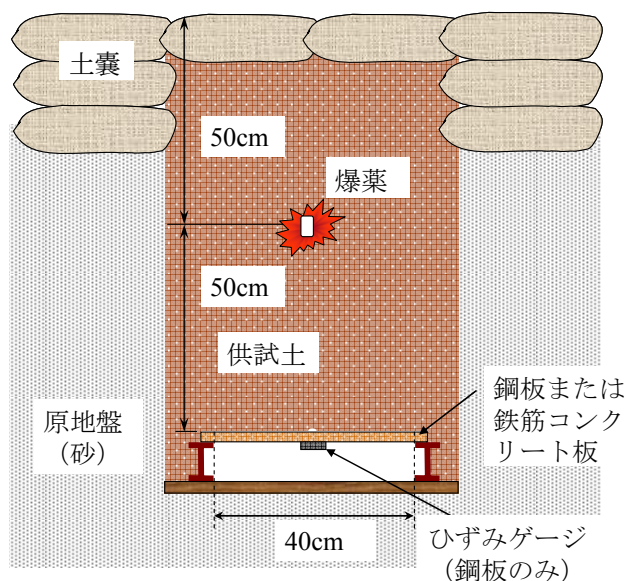


図-1 実験設備の概要

表-1 実験ケース

種類	鋼板		鉄筋コンクリート板	
	飽和度(%)	湿潤密度(g/cm ³)	飽和度(%)	湿潤密度(g/cm ³)
中目砂	10	1.53	11	1.60
	41	1.57	41	1.55
	58	1.72	53	1.66
山砂	70	1.71	71	1.74
	81	1.84	79	1.82
	86	1.86	87	1.86
赤土	80	1.32	85	1.35
	97	1.49	96	1.48

2. 地中爆発実験の概要

実験設備の概要を図-1に示す。縦50cm、横45cm、厚さ4.5mmの鋼板または縦50cm、横50cm、厚さ5cmの鉄筋コンクリート板(D6鉄筋を12cm間隔で縦横に4本ずつ配筋、コンクリートの一軸圧縮強度26.4N/mm²)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、直径と高さ等しい円柱形に成型したコンポジション C-4 爆薬(鋼板の場合24g、鉄筋コンクリート板の場合125g)を設置した。その上に供試土と土嚢を50cmの厚さまで積み上げた。埋設に用いる地盤材料は中目砂(平均粒径0.4mm)、山砂(平均粒径0.2mm)および赤土(平均粒径0.055mm)の3種類である。実験は、表-1に示すように供試土の含水状態(飽和度)を変化させて8ケース実施した。実験では、C-4爆薬を電気雷管によって起爆し、鋼板の支間中央裏面のひずみまたは鉄筋コンクリート板の支間中央の残留変位を計測した。

3. 実験結果

(1) 鋼板のひずみ

鋼板の最大ひずみと飽和度との関係を供試土の種

類別に図-2示す。中目砂については、飽和度が10%～58%の範囲内においては、最大値ひずみは326～355μでほとんど変化は見られない。山砂と赤土については、飽和度の上昇にしたがい最大ひずみが増大する。たとえば、山砂の場合は、飽和度が70%のとき最大ひずみは522μであるが、飽和度が86%に上昇すると、最大ひずみは約2倍の971μに増大している。

(2) 鉄筋コンクリート板の損傷

鉄筋コンクリート板の損傷の一例として、山砂を用いた実験結果を表-2に示す。飽和度71%の場合、鉄筋コンクリート板表面の中心付近において、1本の微小なひび割れが生じている。また、裏面中央の2本の鉄

キーワード 地中爆発, 埋設構造部材, 飽和度, ひずみ, 残留変位

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@nda.ac.jp

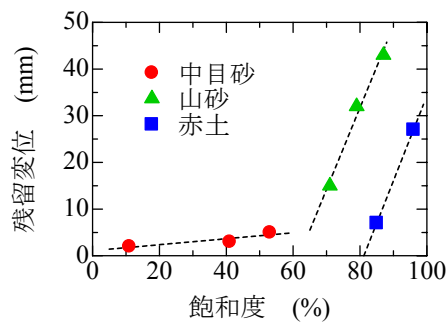
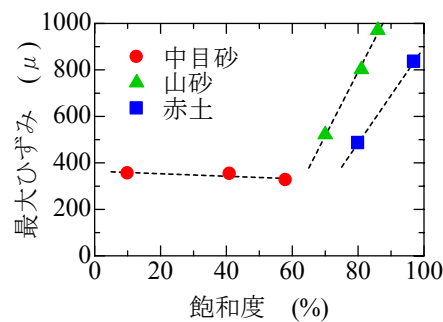


図-2 鋼板のひずみと飽和度との関係

図-3 鉄筋コンクリート板の
残留変位と飽和度との関係

筋の位置にひび割れが生じている。飽和度が 79%に上昇すると、鉄筋コンクリート板の表面には、2 本のひび割れが生じており、右のひび割れに沿ってコンクリートが圧潰している。板裏面には、中央の 2 本の鉄筋に沿ってひび割れが生じている。このひび割れ幅は数 mm に達し、飽和度 71%の実験で生じたひび割れよりも幅が広い。また、一部ではコンクリートが剥離し、鉄筋が露出している。飽和度 87%の場合には、鉄筋に沿って裏面にひび割れが生じ、それが表面まで到達して、コンクリートがいくつかの塊となって破砕されている。以上より、飽和度が高くなるにつれて、鉄筋コンクリート板の損傷も大きくなる傾向にある。ちなみに、山砂、赤土においてこの傾向はとくに明瞭に認められた。

鉄筋コンクリート板の残留変位と飽和度の関係を図-3 に示す。中目砂の場合、飽和度が上昇しても残留変位にはほとんど変化が見られない。山砂および赤土については、飽和度が上昇すると残留変位は増大している。ここで、飽和度 85%の赤土と、飽和度 87%の山砂のケースでの鉄筋コンクリート板の残留変位を比べると、山砂の方が約 6 倍大きい。このように、同等の飽和度であっても、供試土の種類によって残留変位は大きく異なる。以上より、実験の飽和度の範囲では、中目砂では飽和度が上昇しても残留変位はほとんど増大しない。山砂、赤土の場合においては、飽和度の上昇に伴って残留変位も増大することがわかった。

表-2 地中爆発を受けた鉄筋コンクリート板の損傷(山砂の例)

飽和度	表面	裏面
71%		
79%		
87%		

4. 結言

本研究で得られた知見を以下に要約する。

- (1) 中目砂(飽和度 10%~58%)の場合は、飽和度が上昇しても鋼板の最大ひずみにほとんど変化はなかったが、山砂(飽和度 70%~86%)および赤土(飽和度 80%~97%)では飽和度の上昇に伴い最大ひずみが増大した。
- (2) 飽和度の上昇に伴って、地中爆発を受ける鉄筋コンクリート板のひび割れの幅が広がり、残留変位が増大した。

今後、耐爆性能を有する地下構造物の設計法を確立するためには、既報²⁾した爆土圧の推定式を利用して、地中爆発を受ける構造部材の変形あるいは損傷を適切に評価する手法について検討していく必要がある。

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.