

地震時の亜炭廃坑の振動および破壊に関する実験的研究

東海大学 大学院 ○太田 良巳
 東海大学 正会員 アイダン・オメル
 飛鳥建設 名古屋支店 杉浦 乾郎

1. はじめに

東海地方には数多くの亜炭廃坑が存在し、それらは採掘終了から40年余りが経過している。しかしながら、そのような地域でも都市化が進んでいる。例えば、名古屋近辺では住宅地の開発、都市高速道路、愛知万博のモノレールの建設地などは亜炭廃坑地域を通る。それらの地域では浅所陥没や地盤沈下などがしばしば発生している。2003年宮城県北部地震では亜炭廃坑地域において大きな被害があったことが報告されている(Aydan & Kawamoto, 2004)。しかし、亜炭廃坑に対する地震時の挙動に関する研究報告は少なく、まだ明らかにされていない点が多い。

筆者らはこれまでの研究で、弾性挙動するブロックを用いた実験より亜炭廃坑地域での地表面加速度の増幅率に関する研究(アイダンら, 2003)を行った。本研究で、地震時の廃坑内における残柱や上部地層に注目し、材料自体が壊れる模型を用いて、地震に伴う亜炭廃坑地域の破壊現象と地表面の加速度応答を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 材料特性

本実験で使用した模型材料は、硫酸バリウム(BaSO_4)、酸化亜鉛(ZnO)、白色ワセリンを70:21:9の重量比で配合した粉末状のものである(川本ら, 1983)。締め固め圧力の程度により模型材料の強度を簡単に変化させることができる。また、使用後に元の粉末状に戻すことが容易であり、化学反応を起こすこともないことから、再利用に適した材料である。単位体積重量と一軸圧縮強度の関係及び単位体積重量と締め固め圧力との関係を図-1に示す。

2.2 実験装置

振動実験で用いた振動台は最大100(kg)の物体に約600(gal)までの加速度を与えるものであり、最大変位量は100(mm)で、振動台の面積は $1 \times 1(\text{m}^2)$ である。入力加速度の周波数を3kHzとし、その振幅を破壊まで単調増加させて実験を実施した。

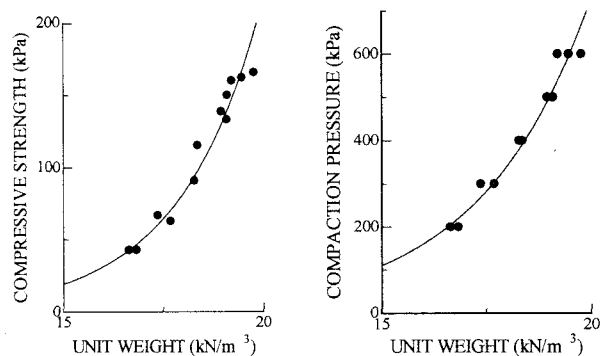


図-1 単位体積重量と圧縮強度・締め固め圧力の関係

実験に使用した廃坑模型の模式図を図-2に示す。一定圧力で締め固めた模型地層を水平層構造になるように木枠の中に積み上げ模型地盤を作成した。また、木枠の内側には模型地盤の衝突による反射波を消すために、厚さ5(mm)のゴムをダンパーとして設置した。

加速度計は、基盤と地表面を比較するため3箇所に設置し、その表記をAccとする。Acc1は振動台に、Acc2は空洞真上の地表面、Acc3は残柱真上の地表面に設置した。これらの加速度計はアンプを通してパソコンに接続し自動計測を行った。加速度を10msの計測間隔で測定し、30(Hz)のフィルターを作用させた。

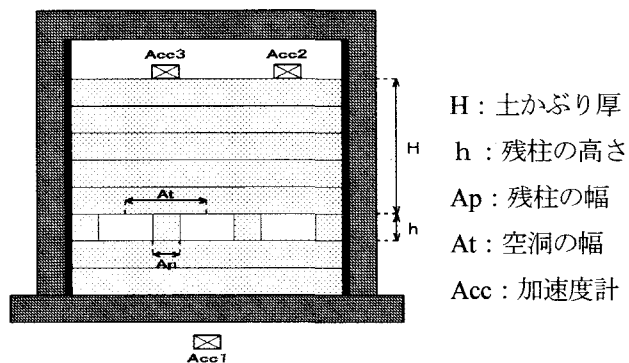


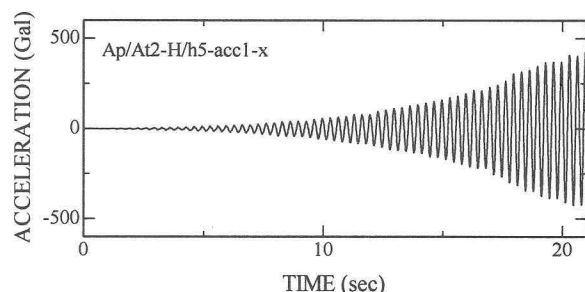
図-2 模型地盤模式図

3. 結果と考察

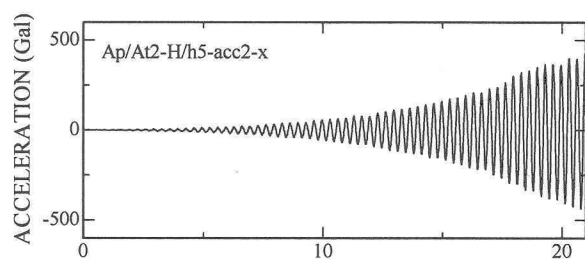
3.1 加速度応答

図-3は掘削率 $A_p/A_t=2$ 、土被り $H/h=5$ に対して、各計測箇所における振動方向の加速度記録の一例とし

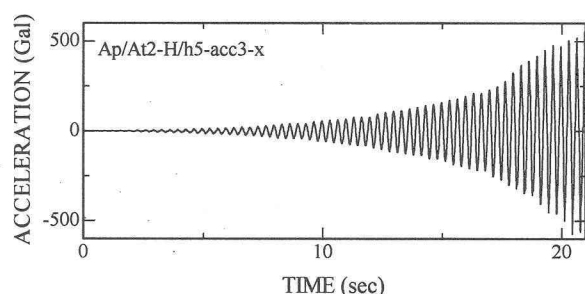
て示す。この記録結果から、残柱上の加速度は空洞真上のもの比べて大きいことがわかる。この傾向は他の実験ケースでも同様であった。



1) 入力加速度



2) 空洞真上

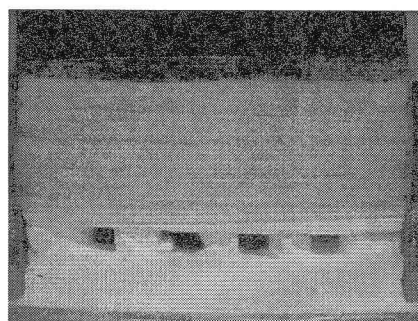


3) 残柱真上

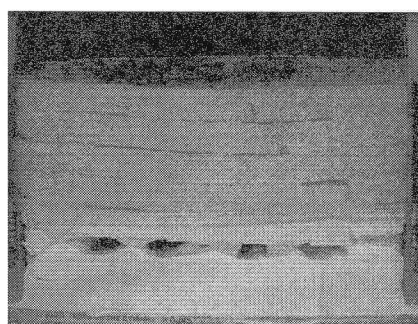
図 - 3 加速度応答

って残柱が破壊し模型全体の破壊につながることを確認された。

①



②



③

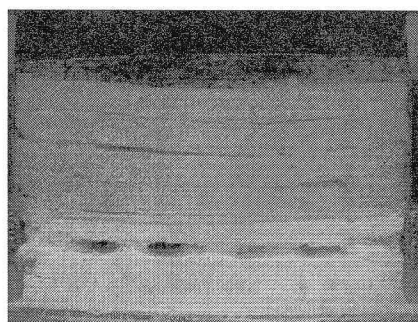


図 - 4 残柱の破壊の様子

3.2 破壊とそのメカニズム

振動に伴う廃坑模型の破壊の様子を図 - 4 に示す。

①の写真では、残柱の下部に破壊が見受けられる。また、上部地層に亀裂が発生し、進展している。②の写真では、残柱の破壊が進展し、空洞幅は大きくなっていく。それにしたがって、上部地層の亀裂が広がり、上部地層がたわんでいる。③の写真では、残柱が完全に破壊し、上部地層空洞内に落下する瞬間である。

残柱に発生する亀裂によって残柱が破壊に至ると連鎖的につながり大陥没に発展することが明らかになった。

また、空洞幅を拡張して行った実験ケースでは、残柱より先に空洞の天端がたわんで落下した。それに伴

参考文献

川本眺万, 尾原祐三, 市川康明(1983): 底面摩擦模型装置および模型材料の力学特性 - 不連続面を有する岩盤構造物の力学特性に関する基礎的研究, 日本鉱業会誌, vol.99, No.1139, 1-6.

アイダン・オメル他 (2003): 亜炭廃坑地域における振動特性に関する実験的研究, 第 15 回中部地盤工学シンポジウム, 中部支部, 19-24.

Aydan, Ö. & Kawamoto, T. (2004): The damage to abandoned lignite mines caused by the 2003 Miyagi-Hokubu earthquake and some considerations on its causes. 3rd Asian Rock Mechanics Symposium, Kyoto, 525-530.