

石炭灰の減容化方法に関する実験的研究

五洋建設(株) 正 ○熊谷 隆宏 正 秋本 哲平
正 安藤 有司

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災以降、我が国の電力供給源は大きく変化している。電力供給源における原子力発電が占める割合は、2009年度が約34%だったのに対し、2012年度には約2%まで減少し、火力発電は約59%から約90%に増加している¹⁾。火力発電は、燃料を燃やすことで蒸気を発生し、その蒸気により電力を発生させている。火力発電に活用する燃料は、安価で資源埋蔵量が豊富な石炭が約40%を占めており、天然ガスと共に主燃料となっている。石炭を燃料として発電した場合に排出される石炭灰は、多くがリサイクルされているものの、処分場への埋立処分量の増加が懸念されている。本検討は、石炭灰の効果的な減容化方法を検討するものである。

2. 実験概要

実験材料の石炭灰（フライアッシュ）は、荅北火力発電所の石炭灰処分場にて採取した試料を使用した。実験を行う前に、土粒子密度、粒度および液性限界・塑性限界を確認した。土粒子密度 ρ_s は 2.232g/cm^3 、細粒分含有率 F_c は84.9%であり、既往文献²⁾に示される値とほぼ一致する結果となった。石炭灰の粒度分布を図-1に示す。なお、液性限界、塑性限界は共にNPであった。

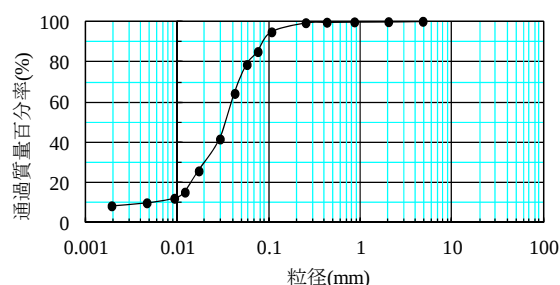


図-1 石炭灰の粒度分布

表-1 実験ケース

実験ケース	概要	模 擬 工 法
ケース1	振動のみ	振動締め固め工法
ケース2	吸水のみ	真空圧密工法
ケース3	吸水+振動(一体)	吸水振動締め固め工法
ケース4	吸水+振動(分離)	吸水と振動を分離した工法

実験装置として、 $\phi 40\text{cm} \times h 2.0\text{m}$ の透明な円筒容器を用い、容器内に石炭灰を投入して、実験土層を作製した。石炭灰の減容化方法として複数の方法を抽出して、それぞれの減容化効果を比較した。実験ケースを表-1に示す。ケース1では、振動締め固め工法を模擬し、振動数100Hzの高周波振動モータを上部に取り付け、直径50mmの中空鋼管（振動棒）に振動を与えた。ケース2では、真空圧密工法を模擬し、容器中央に直径40mmの吸水管を設置し、吸水管に真空ポンプを繋いで、 -80kPa の負圧を作用させた。ケース3では、吸水型の振動締め固め工法を模擬し、ケース1の振動棒の下端側面に孔を空けて有孔管とし、振動棒に真空ポンプを繋いで、 -80kPa の負圧を作用させながら振動を与えた。ケース4は、同様に吸水型の振動締め固め工法を模擬したもので、容器の両端部に吸水管を配置し、吸水管に真空ポンプに繋いで -80kPa の負圧を作用させながら、振動棒を挿入し石炭灰に振動を与えた。ケース1とケース4の概略図を図-2に示す。実験地盤は、含水比を70%に調整した石炭灰300kgを容器内に投入し、1日養生して作製した。養生により、石炭灰が圧密して、含水比が57%程度になり、既往文献²⁾に示される現地の含水比と概ね一致する。また、実験期間中、石炭灰の沈下量を連続的に計測した。また、振動による過剰間隙水圧の上昇や吸水による負圧の作用を確認するために、底面、高さ60cm、高さ120cmの位置に間隙水圧計を設置し計測した。

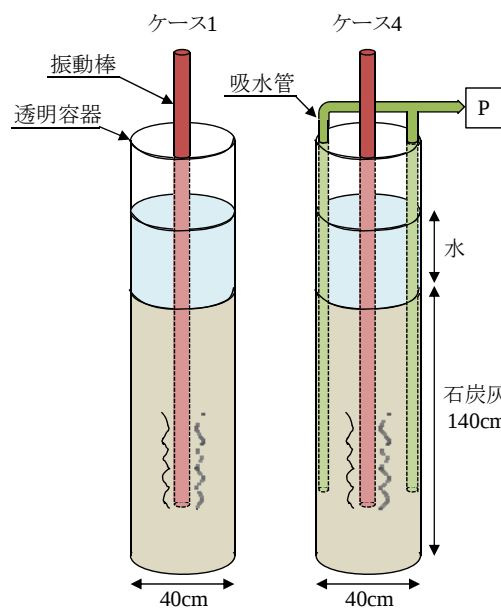


図-2 実験概要図

キーワード：石炭灰、減容化、火力発電、振動、吸水

連絡先：〒320-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2116

3. 実験結果

計測した間隙水圧のうち、ケース4の計測結果を代表として図-3に示す。真空ポンプによる吸引開始直後から地盤の沈下が始まっているため、その時刻を0秒に設定し、図-5に示す沈下の時刻歴と合わせている。間隙水圧については、初期の静水圧を0kPaとし、過剰間隙水圧として整理した。ケース4の実験は、吸引を行う300秒前に振動棒を挿入して地盤を液状化させているため、図-3には振動棒挿入前後の300秒を示した。

底面の有効上載圧は、 7.3kN/m^2 であり、底面の過剰間隙水圧は、振動棒挿入から200秒後に過剰間隙水圧比0.96に相当する 7.0kN/m^2 に達して一定となっているため、地盤が液状化していると判断できる。ただし、このときは、まだ沈下は発生していない。真空ポンプによる吸引開始と同時に底面の間隙水圧は低下し始め、15秒経過後に負圧となっている。高さ60cm位置における間隙水圧は、少し遅れて54秒後に負圧となり、高さ120cm位置の間隙水圧は、さらに遅れて71秒後に負圧となった。

間隙水は最終的に両端部に配置された吸水管を通して排水されるが、排水されるまでに、地盤の体積圧縮に伴って間隙水は上方に移動するため、間隙水圧は底面から順次低下すると考えられる。

図-4には、ケース2、4の底面における過剰間隙水圧を時刻歴で示す。ケース2では、水圧は変動することなく一定値に収束するが、ケース4の場合、振動の影響により変動しながら収束していくことがわかる。

図-5には、各ケースにおける沈下の時刻歴を示す。実験時間は1時間としたが、ケース2については、沈下が速く収束したため20分で実験を終了した。最終沈下量は、ケース1が64mm(体積ひずみ4.6%)、ケース2が60mm(体積ひずみ4.2%)、ケース3が118mm(体積ひずみ8.4%)、ケース4が229mm(体積ひずみ16.4%)となり、ケース4の沈下量が最も大きいことが確認された。ケース1のように振動のみを与えても、過剰間隙水圧の消散が遅いため、大きな沈下量を期待することはできない。また、ケース2のように負圧による吸引のみでは、地盤の圧縮性(圧縮指数)が小さいために沈下量は小さい。ケース3では、振動と吸水の機能が一体であるため、吸水効果が低くケース4に比べて沈下量が小さいと考えられる。ケース4のように、振動を与えて地盤を液状化させると同時に、別途設けた吸引装置により、発生する過剰間隙水圧を速やかに消散させる方法が最も減容化効果が高いことがわかった。

4. おわりに

本検討では、振動と吸水の機能を分離した吸水型の振動締め固め方法が最も減容化効果の高いことがわかった。今後、技術を実用化していくためには、実規模実験等により振動棒による振動の影響範囲を把握しながら、ドレーン径、ドレーンピッチ等に関する諸条件の最適化を図る必要がある。

参考文献

- 1)電気事業連合会 (<http://www.fepc.or.jp/index.html>)
- 2)池田ほか:急速載荷時の石炭灰地盤の変形挙動と貯炭場機器基礎の設計,電力土木 No.291,pp.75~79,2001.

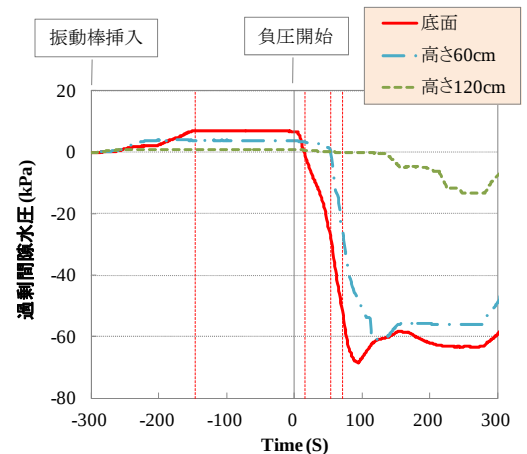


図-3 間隙水圧計測結果(ケース4)

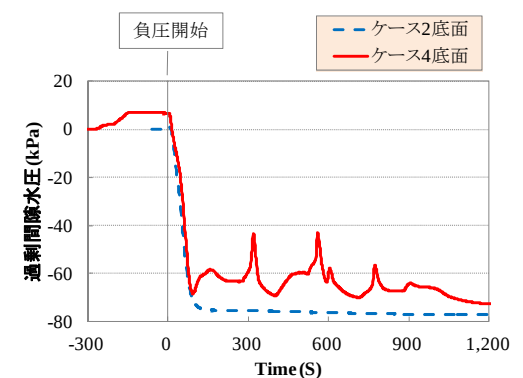


図-4 過剰間隙水圧比較(ケース2,4)

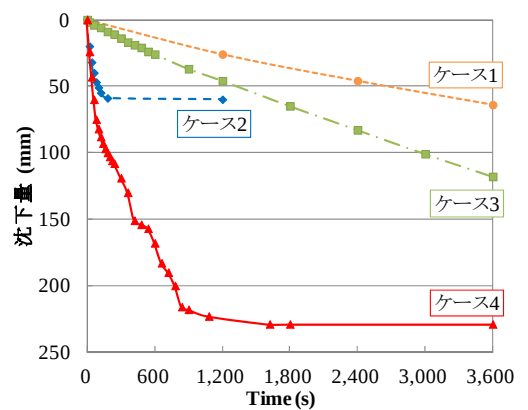


図-5 沈下量比較