




(共生環境学専攻長 石黒 覚)



(副専攻長 坂本 竜彦)

## 学位論文審査の結果の要旨

専攻	共生環境学専攻	氏名	Siti Hanggita Rachmawati
審査委員	主査 教授 保世院 座狩屋 副査 教授 酒井 俊典 副査 教授 加治佐 隆光		  
論文題目 (題目変更の有無) 有・ <u>無</u>	Environment-Friendly Ground Improvement Technique Using Waste Shell Husk (廃棄貝殻を用いた環境保全型地盤改良技術に関する研究)		
<p>(論文審査の結果の要旨)</p> <p>毎年世界中で膨大な量のシーシェル・バイ・プロダクツ (SBP) が生産されている。日本における農林水産省の統計によると、貝殻を放棄する総量は約151千トン/年であり、これは産業活動および家庭生活の消費によってもたらされている。日本のような先進国では、想定外のコストとして現在、3200万USD/年がその処分費用に使われている。一方、開発途上国では、廃棄物処理費用が高いため、一般的に、違法投棄が行われている。今後この廃棄物が未処理で放置され続ければ、大気汚染および他の環境に大きな問題が発生することが考えられる。適切な処理をしないで貝殻を放棄した場合、例えば、カキ殻の付着物の腐敗による、アンモニア、硫化水素、およびアミンなどの微生物分解の不快臭の源になり、周辺環境のために、放棄された貝殻を有効利用する技術の開発が必要である。</p> <p>土の強度および性能の向上に寄与している地盤改良技術で、近年、環境を保護するために、世界中で廃棄物のリサイクル利用を促す研究が活発になってきている。貝殻の95~99重量%は炭酸カルシウムから出来ており、これは土の強度向上あるいは材料を結合作用させる酸化カルシウムに転化する可能性を持ち、リサイクル骨材としての効力を有することが考えられる。</p> <p>日本でも漁業や養殖によって生じる貝殻の処理は大きな問題となっている。一部の貝殻は、粉砕して肥料や焼き石膏の原料として利用されるものの、多くは養殖地内で野積みされている。野積みされた貝殻は、悪臭を放つ以外にも、自然景観を損なうなど、周辺地域に大きな影響を及ぼしている。廃棄物処理法によると、漁業で生じる貝殻をはじめとする魚介類残渣は、一般廃棄物として分類されており、適切な処理が義務付けられている。</p> <p>候補者の研究は廃棄貝殻を用いた地盤改良に関する研究であり、貝殻をセメント安定処理工法と同様な路床・路盤安定処理工法の材料として使用することを一つの目的としている。リサイクル貝殻の利用は、限られた天然資源を保護し、廃棄物の利用価値を高め、廃棄物が放棄される問題を解決するという利点がある。新たな材料として、「貝殻を混ぜた土」の材料特性を向上させるために、土に貝殻とセメントを混合させている。セメントは迅速な処理剤として広く使用されている地盤安定化剤であるが、セメントの費用対効果及び環境を考慮して、少量のセメントと廃棄貝殻を用いた新たな材料に対する地盤改良効果に対して検討を行った。</p>			

このセメント安定処理工法は、軟弱地盤等において現地地盤強度が不足する場合に対して、クラッシュランなどの材料を加えて粒度を調整するとともに、数%のセメントを混合し、最適含水比付近で締め固めて安定処理する工法である。候補者は、今回提案する工法において、粒度調整の役割を担う材料に廃棄物として処理される貝殻を使用することを想定し、これを用いた場合の土質改良効果について検討を行っている。

具体的には、土のみ、土と貝殻、土とセメント、土とセメントと貝殻など、いくつかの混合条件の試料を作成して検討を行っている。セメントを用いた供試体については、強度発揮のため7日間の養生を行った。室内実験による検討においては、一面せん断試験、CBR（カリフォルニア支持比）試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験を行い、せん断強度である内部摩擦角（ $\phi$ ）、粘着力（ $c$ ）、ダイレイタンス挙動、支持力特性、応力～ひずみ関係などを求めている。

実験の結果は下記の通りである。

1. 貝殻層を混入する順序は、CBR 値へ影響はないものと考えられた。
2. 貝殻の混合率の違いについては、混合率が高いほど CBR 値が大きくなる傾向があると考えられた。
3. 貝殻層を含んだ土の CBR 値は、粘性土の CBR 値より大きくなった。
4. 貝殻の改良効果の傾向として、最大一軸圧縮強さの増加と破壊ひずみの増加、変形係数の減少がみられた。
5. セメントの改良効果の傾向として、最大一軸圧縮強さの増加と破壊ひずみの減少、変形係数の増加がみられた。
6. 貝殻とセメントを併用することで、最大一軸圧縮強さのより大きな増加、破壊ひずみの増加、変形係数の増加が見られた。
7. 貝殻の混合率が多すぎる（本実験では 30%）と、最大一軸圧縮強さが低下する結果となった。
8. 貝殻とセメントの割合が多いほど、粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  が大きくなる結果になった。
9. 内部摩擦角  $\phi$  が最大を示す供試体、貝殻の混合割合が 20%、セメントの混合割合が 6%であった。これは土のみの試料と比べると約 1.7 倍の値を示した。
10. 貝殻とセメントを混合した供試体は、土のみ、土と貝殻を混合した供試体に比べ粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  が大きくなり、地盤改良の効果を期待できるという結果になった。
11. 貝殻 20%、セメント 6%、貝殻層が二層の場合、最もせん断強度および地盤支持力が大きくなった。また貝殻 20%、セメント 6%までは、貝殻とセメントの割合が上がるごとに CBR 値が大きくなった。

以上のように、申請者は貝殻の混合率とセメントの混合率について、最適の組合せが存在することを確認して、その最適性を議論している。このように、貝殻を用いた材料が新たな地盤改良技術におけるリサイクル骨材として有効に利用できることが明らかとなったことにより、今後屋外における種々の構造物を中心にして、「貝殻を混ぜた土」の有効利用を期待できるようになった。提出論文に記された試験研究は確かであり、新規性があり応用性も高い。よって、本審査会は全員一致で本論文を博士学位論文として価値あるものと認めた。