ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ คุณสมบัติและความเป็นไปได้ของเถ้าลอยเหลวในการเป็นวัสดุถมกลับ

ผู้เขียน นายณัฐกานต์ ช่วงชิง

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. อนิรุทธ์ ธงไชย

บทคัดย่อ

เถ้าลอยเหลวหมายถึงเถ้าลอยที่ผสมกับน้ำในปริมาณสูง มีสภาพเป็นของเหลวเทได้เมื่อแรกผสมเสร็จและจับตัวเป็นก้อนแข็งเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเถ้าลอยเหลว ที่ผสมด้วยซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนผสมต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปใช้ประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัสดุถมกลับในงานก่อสร้าง โดยคุณสมบัติที่ทำการศึกษาประกอบด้วย คุณสมบัติการไหลเทได้ในสภาพเหลว และคุณสมบัติกำลังรับแรงที่อายุระหว่าง 0-90 วัน นอกจากนี้ยังได้นำเอาข้อมูลคุณสมบัติเถ้าลอยจากการทดสอบไปใช้ในการวิเคราะห์ไฟไนท์อิลลิเมนต์เพื่อทำการศึกษาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผนังท่อฝังในดินและกำแพงกันดินสำหรับกรณีที่ใช้เถ้าลอยเหลวเป็นวัสดุถมกลับเปรียบเทียบกับการใช้ดินทรายเป็นวัสดุถมกลับ

ในการศึกษาคุณสมบัติในการไหลเทได้นั้น ได้ทดสอบหาค่าการยุบตัวของเถ้าลอยที่ผสมน้ำในอัตราต่างๆ ตามมาตรฐาน ASTM : C 143-90a ซึ่งจากการทดสอบพบว่าเถ้าลอยเหลวที่ผสมน้ำในอัตราร้อยละ 21, 24 และ 28 จะมีค่ายุบตัวระหว่าง 15-20, 20-25 และ 25-30 ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีสภาพเหลวและสามารถไหลได้ดี ส่วนที่อัตราส่วนการผสมน้ำร้อยละ 40 นั้น มีสภาพเหลวมากจนไม่สามารถวัดค่ายุบตัวได้

การศึกษาคุณสมบัติกำลังรับแรงเฉือน ทำโดยวิธีทดสอบกำลังรับแรงอัดทางเดียวของเถ้าลอยเหลวที่แข็งตัวแล้วสำหรับอายุระหว่าง 1-90 วัน และการทดสอบเวนเชียร์ในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเถ้าลอยในสภาพเหลวสำหรับอายุระหว่าง 0-3 วัน โดยในการทดสอบได้ผสมเถ้าลอยกับซีเมนต์และน้ำในอัตราร้อยละ 0-5 และ 21-40 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดทางเดียว พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นและความเครียดของเถ้าลอยเหลวที่แข็งตัวแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ โดยสำหรับตัวอย่างที่มีกำลังรับแรงเฉือนไม่สูงนัก จะเป็นความสัมพันธ์แบบวัสดุยืดหยุ่นที่สามารถเห็นได้ทั้งกำลังรับแรงที่จุดสูงสุดและกำลังรับแรงหลังผ่านจุดสูงสุด (Residual strength) แต่สำหรับตัวอย่างที่มีกำลังรับแรงเฉือนสูง ความสัมพันธ์จะเป็นลักษณะของวัสดุแข็งเปราะ (Brittle Material) ซึ่งจะเกิดการวิบัติอย่างรวดเร็วหลังรับแรงกระทำถึงจุดสูงสุดแล้ว ทำให้ไม่สามารถวัดกำลังรับแรงหลังผ่านจุดสูงสุดได้ ในส่วนของค่ากำลังรับแรงเฉือนนั้น พบว่าเถ้าลอยที่ผสมน้ำในอัตราสูงถึงร้อยละ 40 ยังมีกำลังรับแรงเฉือนที่อายุ 90 วัน ได้มากถึง 19 กก./ตร.ซม. โดยไม่ต้องผสมซีเมนต์เพิ่ม ซึ่งค่ากำลังรับแรงเฉือนระดับนี้สูงเกินพอสำหรับการใช้งานเป็นวัสดุถมกลับทั่วไป อย่างไรก็ตามยังพบว่าการพัฒนากำลังในช่วงอายุ 0-3 วัน เป็นไปอย่างค่อนข้างช้า ซึ่งการผสมเพิ่มด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราไม่เกินร้อยละ 5 จะสามารถช่วยเร่งอัตราการแข็งตัวและทำให้สะดวกสำหรับการทำงานในสนามบางกรณี

การศึกษาคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นและความเครียด ทำโดยวิธีทดสอบให้แรงอัดสามแกนในสภาวะไม่มีการระบายน้ำ โดยในการศึกษาได้ใช้ตัวอย่างเถ้าลอยผสมซีเมนต์และน้ำในอัตราร้อยละ 0-5 และ 28-40 ตามลำดับ ทดสอบที่อายุ 1-3 วัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นและความเครียด 2 ลักษณะเช่นเดียวกับกรณีการทดสอบให้แรงอัดทางเดียว สำหรับค่าสัมประสิทธิ์กำลังรับแรงเฉือนนั้นพบว่าทั้งค่า C และ ϕ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุและปริมาณการผสมซีเมนต์ โดยสัมประสิทธิ์ C มีค่าระหว่าง 10-1,800 kN/m^2 และสัมประสิทธิ์ ϕ มีค่าระหว่าง 1^o-57^o ส่วนค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น E_{50} ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุและปริมาณการผสมซีเมนต์เช่นกัน โดยมีค่าระหว่าง $3.6x10^4$-$109.5x10^4$ kN/m^2

การศึกษาหน่วยแรงในท่อฝังในดินโดยวิธีวิเคราะห์ไฟไนท์อิลลิเมนต์ ประกอบด้วยการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการใช้วัสดุถมกลับที่เป็นดินทรายกับเถ้าลอยเหลวที่มีอัตราส่วนผสมและอายุต่างๆ กัน รวมทั้งวิเคราะห์อิทธิพลของการแปรเปลี่ยนสภาพการถมต่างๆ ดังนี้คือแปรเปลี่ยนความกว้างร่องขุด แปรเปลี่ยนความสูงของเถ้าลอยเหลวที่ใช้ถม และแปรเปลี่ยนความหนาของเถ้าลอยเหลวที่ใช้รองท่อ ผลจากการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้เถ้าลอยเหลวเป็นวัสดุถมกลับแทนดินทรายนั้น จะสามารถลดแรงที่กระทำต่อท่อลงได้มากถึงร้อยละ 22 ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมและอายุของเถ้าลอยเหลว สำหรับการเพิ่มความกว้างร่องขุด และการเพิ่มความสูงของเถ้าลอยเหลวที่ใช้ถม จะส่งผลให้หน่วยแรงในผนังท่อมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่มากนัก ขณะที่การแปรเปลี่ยนความหนาเถ้าลอยเหลวที่ใช้รองท่อนั้น แทบจะไม่มีอิทธิพลต่อหน่วยแรงบนผนังท่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการศึกษาหน่วยแรงในกำแพงกันดิน ได้เน้นศึกษาเฉพาะโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างของกำแพง เปรียบเทียบกันระหว่างกรณีการใช้วัสดุถมกลับที่เป็นดินทรายกับกรณีใช้ วัสดุถมกลับที่เป็นเถ้าลอยเหลว ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าการถมด้วยเถ้าลอยผสมน้ำในอัตราร้อยละ 40 และไม่มีการผสมซีเมนต์เพิ่มเลย ที่อายุเถ้าลอยหลังการถม 1 วัน โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนกำแพงกันดินจะมีค่าน้อยกว่ากรณีการถมด้วยดินทรายร้อยละ 14 ส่วนกรณีการถมด้วยเถ้าลอยผสมซีเมนต์และน้ำในอัตราร้อยละ 5 และ 28 ตามลำดับ ที่อายุเถ้าลอยหลังการถม 3 วัน โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนกำแพงจะน้อยกว่ากรณีการถมด้วยดินทรายถึงร้อยละ 64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Properties and Feasibility of Flowable Fly Ash as Back Fill Material

Author Mr. Natthakan Chuangching

Degree Master of Engineering (Civil Engineering)

Thesis Advisor Asst. Prof. Dr. Aniruth Thongchai

ABSTRACT

Flowable fly ash is fly ash mixed with large amount of water having the consistency of liquid immediately after mixing and gradually harden into solid mass as age increase. The purpose of this study is to investigate engineering properties of flowable fly ash having varying amount of water and portland cement additive to establish its suitability for using as backfill. The properties investigated include flowability and strength characteristics during the ages of 0-90 days. Deformation parameters were also established from results of the strength tests and used in series of finite element analysis to investigate stress induced in buried pipes walls and retaining walls by flowable fly ash backfill in comparison with sand backfill.

A series of slump test in accordance with ASTM : C 143-90a was conducted to investigate the flowability characteristics. The test results show that the flowable fly ash mixes with water content of 21, 24 and 28 percent have the slump values of 15-20, 20-25 and 25-30 cm. respectively, indicating relatively good flowability, while the mix with 40 percent water content were found to be too liquid for slump measurement.

Unconfined compression tests were conducted to establish strength characteristics of harden samples having ages between 1-90 days while vane shear tests were used for samples still in liquid or plastic states during the age of 0-3 days. Mixes with 0-5 percent cement content and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

21-40 percent water content were investigated. Two types of stress strain relationships were found for the test samples. Samples of low compressive strength values showed soft stress strain characteristics with peak and residual strength while samples of high compressive strength showed brittle characteristics inwhich bursting failure occured immediately at peak stress. Samples with high water content of 40 percent were found to have compressive strength as high as 19 kg/cm^2 at age of 90 days without cement additive. Which is more than adequate for general application as backfills. The rate of strength development during the age of 0-3 days was however found to be relatively slow for this high water content mix and cement additive may be needed to speed up the strength development rate in order to facilitate certain field applications.

A series of undrained triaxial compression tests were conduction to investigate stress strain characteristics of the hardened flowable fly ash samples. Mixtures of 0-5 percent cement content and 28-40 percent water content at age of 1-3 days were used in the investigation. Two types of stress strain characteristics as in the unconfined compression tests were also prevailed in these tests. The shear strength parameter cohesion, C and friction angle, ϕ were both found to increase with ages and cement contents. The values of cohesion, C was found to range between 10-1,800 kN/m^2 and friction angle, ϕ range between 1^o-57^o. Values of modulus of elasticity, E_{50} were also found to increase with ages and cement contents ranging between $3.6x10^4$-$109.5x10^4$ kN/m^2

Analysis of stress induced by backfill and traffic load on buried pipe were made to compare the case of backfilling with flowable fly ash of various mixing proportion and ages with a case of sand backfill. Effect of pipe installation conditions : trench width, height of backfill and thickness of fly ash bedding were also investigated. Results of the analyses showed that, by using flowable fly ash as backfill, stress induced in pipe wall can be reduced by as much as 22 percent compare to sand backfill. Increasing in trench width and height of backfill results in marginal reduction in induced stress while increasing in bedding thickness showed very little effect.

The retaining wall analyses compared bending moment induced in the wall by flowable fly ash backfill and sand backfill. Using deformation properties of flowable fly ash of 40 percent water content, no cement additive and 1 day age, the bending moment were found to be 14 percent lower than the case of sand backfill. For the case of fly ash of 5 percent cement content,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

28 percent water content and ages of 3 days, the bending moment reduction was found to be as much as 64 percent.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved