

คุณสมบัติของชั้นกันซึมแบบดินเหนียวอัดในพื้นที่ฝังกลบขยะ PROPERTIES OF COMPACTED CLAY LINER IN SANITARY LANDFILL

ศุภกิจ นนทนันทน์¹, วันเฉลิม สุขสนิท²

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ²นิสิตปริญญาโท

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ: บทความนี้เป็นงานวิจัยขั้นเริ่มต้นของการศึกษาคุณสมบัติของชั้นกันซึมแบบดินเหนียวอัดในพื้นที่ฝังกลบขยะ ในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากผลงานวิจัยต่างๆ เพื่อสรุปเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกดินเพื่อทำชั้นกันซึม พบว่าชั้นกันซึมแบบดินเหนียวอัดที่ดีควรจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของดินในด้านความเหนียว (Plasticity Index) ปริมาณดินเม็ดละเอียดและเม็ดใหญ่ และการควบคุมคุณภาพการบดอัดให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อให้ดินที่บดอัดมีความทึบน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ (1×10^{-7} cm./s.)

สำหรับแผนงานวิจัยในขั้นต่อไป จะนำเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมและข้อมูลต่างๆที่ได้จากการศึกษามาทำการทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ บทความนี้เสนอแผนการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมถึงการปรับปรุงคุณภาพของดินในกรณีที่มีคุณสมบัติไม่ผ่านเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมที่กำหนด รวมถึงการพิจารณาทางด้านธรณีเทคนิคสิ่งแวดล้อมของดินที่มีต่อน้ำเสียจากขยะ โดยผลการศึกษาจะนำเสนอในอนาคตต่อไป

ABSTRACT: This study is a preliminary research to study the properties of compacted clay liner in sanitary landfill. Initially, to conclude the suitable engineering criteria to be selected of clay for using as landfill liner in sanitary landfill. It is found that a good compacted clay liner should be considered plasticity property (Plasticity Index), percent fines and percent gravel and quality control of compaction to control compacted clay has low permeability (1×10^{-7} cm./s.)

For the future study, we have planned to use the suitable engineering criteria from the preliminary study as a guideline to test the clay sample in laboratory. For the unsuitable soil, we have planned to study a method to improve them, including study on property of clay to leachate from landfill based on environmental geotechnics viewpoint. A result will be presented later on.

KEYWORDS: Landfill, Compacted Clay Liner, Environmental Geotechnics
For further details, contact Assist. Prof. Supakij Nontananandh, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

1. บทนำ

ในประเทศไทยปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะในเทศบาลต่างๆ ที่มีกรขยายตัวอย่างรวดเร็วรวมทั้งสภาพเศรษฐกิจและจำนวนประชากร ปัญหาเริ่มตั้งแต่การทิ้ง การคัดแยก การเก็บรวบรวม การขนย้ายและการกำจัด อีกทั้งนโยบายการคัดแยกขยะกลับมาใช้ใหม่ยังไม่ชัดเจน แม้ในขณะนี้จะมีนักวิจัยเป็นจำนวนมากกำลังสนใจศึกษาในหัวข้อนี้ ดังนั้นปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดจึงยังมีปริมาณมาก การกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบจึงเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นวิธีกำจัดขยะที่มีความเบ็ดเสร็จในตัวเอง ค่าใช้จ่ายดำเนินการ และการซ่อมบำรุงรักษาก่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามการกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบจำเป็นต้องมีการป้องกันการรั่วซึมของน้ำเสียจากขยะ ซึ่งอาจซึมผ่านไปยังดินที่อยู่โดยรอบ ดังนั้นในการป้องกันอันตรายจากสารพิษและเพื่อความปลอดภัยของประชาชนในเขตก่อสร้างพื้นที่ฝังกลบขยะ จึงต้องมีมาตรการในการออกแบบและก่อสร้างชั้นกันซึมอย่างละเอียดรอบคอบ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของชั้นกันซึมแบบดินเหนียวคอดัดในพื้นที่ฝังกลบขยะ ในเบื้องต้นจะทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากผลงานวิจัยต่างๆ เพื่อสรุปเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกดินเพื่อทำชั้นกันซึม สำหรับในบทความนี้จะเสนอแผนการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยนำเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมและข้อมูลต่างๆที่ได้จากการศึกษามาเป็นตัวแปร โดยจะทำการศึกษารูปแบบการปรับปรุงคุณภาพของดินในกรณีที่มีคุณสมบัติไม่ผ่านเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมที่กำหนด รวมถึงการพิจารณาทางด้านธรณีเทคนิคสิ่งแวดล้อมของดินที่มีต่อน้ำเสียจากขยะ สำหรับผลการทดสอบจะนำมาเสนอในโอกาสต่อไป

2. ชั้นกันซึมในพื้นที่ฝังกลบขยะ

ชั้นกันซึมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในพื้นที่ฝังกลบขยะ เนื่องจากเป็นส่วนที่ป้องกันน้ำเสียจากขยะไม่ให้ไหลออกไปปนเปื้อนกับสภาพแวดล้อม ชั้นกันซึมมีอยู่ 4 ชนิดคือ

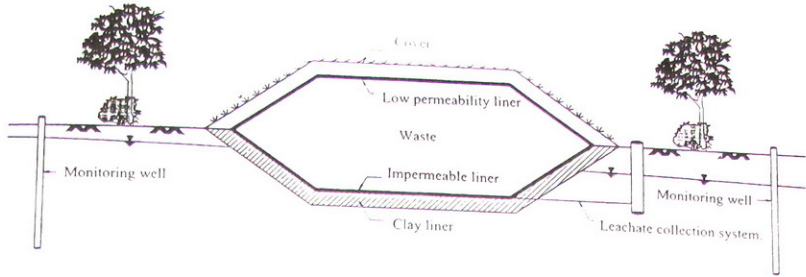
- ชั้นกันซึมแบบดินเหนียวคอดัด (Clay liner) เป็นการบดอัดดินที่มีความชื้นน้ำต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ดินเหนียว เป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุดในการทำชั้นกันซึม โดยบดอัดด้วยเครื่องจักรหนักเพื่อให้ดินมีความชื้นน้ำต่ำกว่า 1×10^7 cm/s. ตัวอย่างของรูปตัดชั้นกันซึมแบบดินเหนียวคอดัดแสดงในรูปที่ 1

- ชั้นกันซึมแบบแผ่นวัสดุสังเคราะห์ (Geomembrane liner : GM liner) ใช้แผ่นวัสดุสังเคราะห์ในการทำชั้นกันซึม เช่น PVC, LDPE และ HDPE เป็นต้น

- ชั้นกันซึมแบบแผ่นวัสดุสังเคราะห์เทียมดิน (Geosynthetic Clay Liner : GCL liner) เป็นชั้นกันซึมที่ประกอบด้วยดินเบนโทไนต์ หรือดินชนิดอื่นที่มีค่าความชื้นน้ำต่ำรองรับด้วยแผ่นวัสดุสังเคราะห์แล้วยึดติดกันด้วยการถัก การเย็บ และ/หรือ สารเคมีอื่นๆ นอกจากนี้ GCL ยังมีชื่อเรียกอื่นอีก เช่น clay mats และ bentonite mats เป็นต้น

- ชั้นกันซึมแบบผสม (Composite liner) เป็นการผสมผสานชั้นกันซึมทั้ง 3 แบบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยการจัดวางอาจจัดวางเพียง 1 ชั้น (single liner) หรือ 2 ชั้น (double liner) ตามความเหมาะสม

ในประเทศไทยนิยมใช้ชั้นกันซึมแบบผสมระหว่างดินเหนียวคอดัดกับแผ่นวัสดุสังเคราะห์ประเภท HDPE เพื่อเพิ่มความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ก่อสร้างที่เกรงจะเกิดการรั่วซึมขึ้น แม้ดินเหนียวคอดัดจะมีค่าความชื้นน้ำต่ำกว่า 1×10^7 cm/s. แล้วก็ตาม



รูปที่ 1 รูปตัดทั่วไปของชั้นกันซึมแบบดินเหนียวอัด (ประพจน์, 2540) [1]

3. เกณฑ์ที่สำคัญสำหรับคัดเลือกดินในการทำชั้นกันซึมในพื้นที่ฝังกลบขยะ

ในประเทศไทยยังไม่มีมีการกำหนดมาตรฐานของดินเหนียวสำหรับทำชั้นกันซึมมากนัก นอกจากคุณสมบัติด้านความชื้นน้ำที่ต้องไม่เกิน 1×10^{-7} cm/s. และคุณสมบัติของแผ่นวัสดุสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามก็ควรควบคุมผลพิษ [2] ได้เสนอให้พิจารณาถึงลักษณะเฉพาะของส่วนประกอบดินของชั้นกันซึมควรประกอบด้วย

3.1 ชนิดและความเหนียวของดินที่เหมาะสม

ดินที่เหมาะสมสำหรับทำชั้นกันซึมควรเป็นดินเม็ดละเอียด ตัวอย่างเช่น ดินในกลุ่ม CH, CL และ SC (ตามการจำแนกโดยวิธี USCS, ASTM D-2487) ดินเหล่านี้ได้แก่ ดินที่เกิดจากการพัดพาตะกอน เช่น ดินบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ รวมถึงดินเหนียวกรุงเทพฯ ด้วย Daniel (1995) [5] แนะนำให้ใช้ดินที่มี $PI \geq 10\%$ เพื่อבודัดให้มีค่าความชื้นน้ำ $\leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s. อย่างไรก็ตามก็ยังมีรายงานว่าดินที่มีค่า PI ต่ำประมาณ 7% ยังสามารถבודัดให้มีค่าความชื้นน้ำต่ำเพียงพอสำหรับชั้นกันซึมได้ นอกจากนี้ ดินควรมีค่า PI ไม่นเกิน 30 - 40% ทั้งนี้เพราะดินที่มีความเหนียวสูงเกินไปนอกจากจะยากต่อการבודัดในสนามแล้วยังมีการบวมตัวและหดตัวสูงภายใต้สภาวะเปียกหรือแห้ง

3.2 ปริมาณของดินเม็ดละเอียดและดินเม็ดใหญ่

Benson และคณะ (1992) [4] พบว่าดินที่ใช้ทำชั้นกันซึมควรมีส่วนของดินเม็ดละเอียด(ผ่านตะแกรงเบอร์ 200)อย่างน้อย 50% สำหรับבודัดให้มีค่าความชื้นน้ำต่ำกว่า 1×10^{-7} cm/s. และหากดินมีส่วนของดินเม็ดละเอียดต่ำกว่า 30 - 50% ต้องได้รับการควบคุมการבודัดเป็นพิเศษ สำหรับดินเม็ดใหญ่ที่มีสัดส่วนไม่มากกว่า 50 - 60% (โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อผสมกับดินเหนียวจะไม่ทำให้ค่าความชื้นน้ำสูงขึ้น เนื่องจากดินเหนียวจะเข้าไปเติมช่องว่างของดินเม็ดใหญ่พอดี และยังเพิ่มกำลังและกำลังแบกทานของดินอีกด้วย (Shelley, 1993) [7]

3.3 ขนาดอนุภาคที่ใหญ่ที่สุด

โดยทั่วไปอนุภาคที่ใหญ่ที่สุดของดินที่ใช้ทำชั้นกันซึมควรมีขนาดระหว่าง 25 - 50 mm. แต่อาจลดลงเหลือ 9 - 12 mm. หากมีการวางผสมกับแผ่นวัสดุสังเคราะห์ (ชั้นกันซึมแบบผสม) เพื่อป้องกันความเสียหายจากการแทงทะลุของดินต่อแผ่นวัสดุสังเคราะห์

3.4 การควบคุมคุณภาพการบดอัด (ความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นที่เหมาะสม)

การบดอัดดินด้านเปียกซึ่งจะทำให้ดินมีความชื้นน้ำ ทั้งนี้การบดอัดด้านเปียกจะทำให้หน้าและเม็ดดินจับตัวกันแน่นจนเหลือช่องว่างให้น้ำอิสระเคลื่อนที่ได้น้อยลง โดยทั่วไปการออกแบบการบดอัดชั้นดินเหนียวกันชื้นมักแนะนำให้ใช้ความชื้น 0 - 3% จากความชื้นที่เหมาะสมทางด้านเปียก และบดอัดด้วยพลังงานไม่ต่ำกว่า 95% ของการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Proctor) หรือไม่ต่ำกว่า 90% ของการบดอัดแบบ Modified Proctor

3.5 ความหนาของชั้นกันซึม

ความหนาของชั้นกันซึมโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 1.0-1.5 ม. เพื่อลดค่า hydraulic gradient ของน้ำเสียจากขยะลง โดยค่าต่ำที่สุดที่แนะนำคือ 1.0 เมตร (Quigley และคณะ, 1988) [6]

3.6 ความชื้นน้ำของชั้นกันซึม

ค่าความชื้นน้ำในห้องปฏิบัติการจะแตกต่างกันตามของเหลว (permeant) ที่ใช้ในการทดสอบ เช่นเมื่อเปลี่ยนของเหลวจากน้ำเป็น อะซิโตน เมทอร์นอล และเฮปเทน ค่าความชื้นน้ำของดินจะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับสารประกอบอินทรีย์มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน โดยความเข้มข้นของของเหลวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อค่าความชื้นน้ำของดิน โดยเฉพาะดินที่มีความบวมตัวอย่างมากอย่างเช่น ดินเบนโทไนต์ กล่าวคือค่าความชื้นน้ำของเบนโทไนต์จะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเกลือคลอไรด์เพิ่มขึ้น (Alther, 1983) [3]

4. การปรับปรุงคุณสมบัติของชั้นดินกันซึม

หากดินที่จะใช้ทำชั้นกันซึมมีความชื้นน้ำต่ำไม่เพียงพอ และไม่สามารถหาดินอื่นแทนได้ การก่อสร้างชั้นกันซึมจำเป็นต้องผสมวัสดุอื่นเพื่อให้ดินนั้นมีความชื้นน้ำต่ำพอ ตัวอย่างเช่น เมื่อผสมเบนโทไนต์กับดิน เบนโทไนต์จะเข้าไปแทนที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินและบวมตัวภายใต้ความชื้นที่เหมาะสมทำให้ดินมีความชื้นน้ำต่ำลง

Daniel (1995) [5] พบว่า การผสมโซเดียมเบนโทไนต์ 4% โดยน้ำหนักแห้ง กับดินแบบ silty sand ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดค่าความชื้นน้ำให้ต่ำกว่า 1×10^{-7} cm./s

5. แผนการดำเนินการวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้กำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการ โดยมีแผนดังแสดงในภาพที่ 2 และมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การเตรียมดินตัวอย่าง

แบ่งดินตัวอย่างเป็น 3 กลุ่มคือ ตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ ตัวอย่างดินเหนียวผสมทรายซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าครึ่ง ด้วยอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนักแห้ง และตัวอย่างดินเหนียวผสมทรายซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าครึ่ง ด้วยอัตราส่วน 12:88 โดยน้ำหนักแห้ง โดยสองตัวอย่างหลังเป็นการจำลองดินประเภท SC แล้วทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง

5.2 การทดสอบหาความหนาแน่นแห้งสูงสุดและความชื้นที่เหมาะสม

เป็นการทดสอบการบดอัด โดยวิธี Standard Proctor (ASTM D698) โดยแบ่งทดสอบดิน 2 ลักษณะคือ ทดสอบการบดอัดของดินตัวอย่างและดินตัวอย่างผสมเบนโทไนต์ผงที่อัตราส่วน 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง โดยการผสมดินตัวอย่างกับเบนโทไนต์ผงจะทำการผสมในเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อความสม่ำเสมอของเนื้อดิน

5.3 การทดสอบค่าความชื้นน้ำ

พิจารณาควบคุมการบดอัดของตัวอย่างให้มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ $w_{opt} + 2\%$ (ความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ทางด้านเปียกของ w_{opt}) และมีความหนาแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุด นำตัวอย่างดินที่บดอัดดีแล้วมาทดสอบค่าความชื้นน้ำตามวิธีทดสอบ ASTM D 2434 สำหรับดินตัวอย่างอีกชุดหนึ่งจะใช้สารละลายสังกะสี ($ZnSO_4$) แทนน้ำเสียจากขยะที่มีโลหะหนักผสมอยู่ มีระดับความเข้มข้น 10, 20 และ 30 mg/l

5.4 การทดสอบหาความสามารถในการดูดซับสังกะสี

พิจารณาจากปริมาณสังกะสีในน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อไหลผ่านดินเหนียวบดอัด โดยอาศัยเทคนิคทาง Atomic Absorption Spectroscopy วัดความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำก่อนและหลังซึมผ่านดินตัวอย่าง (Column test)

6. บทส่งท้าย

ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องสร้างเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบและการควบคุมการก่อสร้างพื้นที่ฝังกลบขยะเพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชนต่างๆ ชั้นกันซึมแบบดินเหนียวบดอัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำเสียจากขยะ ซึ่งจากผลการศึกษางานวิจัยต่างๆ สามารถสรุปเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกดินในการทำชั้นกันซึมในพื้นที่ฝังกลบขยะได้ดังตารางที่ 1

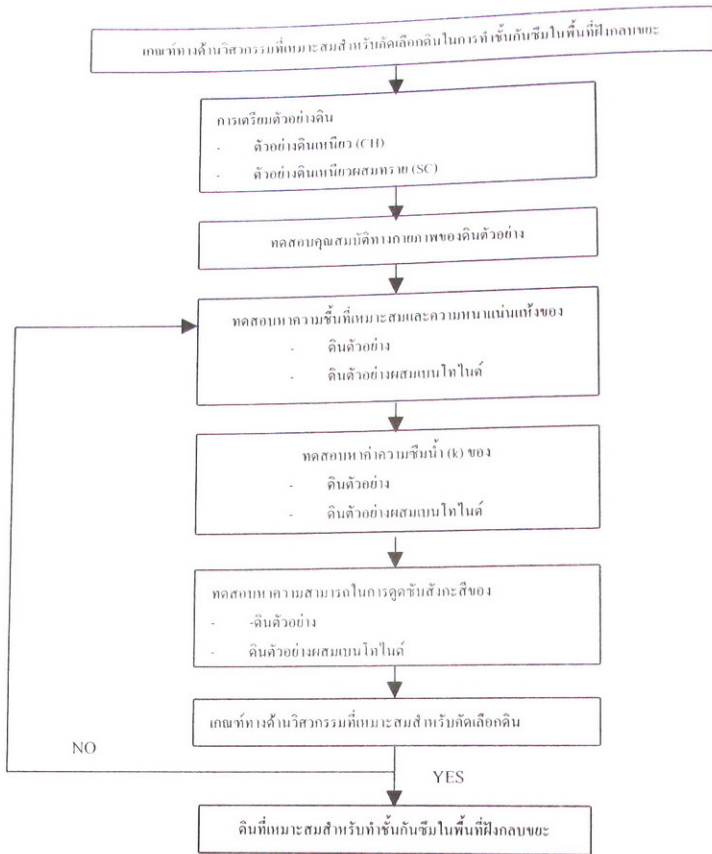
ตารางที่ 1 เกณฑ์สำหรับคัดเลือกดินในการทำชั้นกันซึมในพื้นที่ฝังกลบขยะ

คุณสมบัติ	เกณฑ์ที่สำคัญ
ค่า Plasticity Index (PI)	10 - 30%
ปริมาณของดินเม็ดละเอียด (clay, silt)	ไม่ต่ำกว่า 50%
ปริมาณของดินเม็ดใหญ่ (gravel)	ไม่สูงกว่า 50%
การควบคุมการบดอัด	ไม่ต่ำกว่า 95% (Standard Proctor), $w_{opt} \leq w \leq w_{opt} + 3\%$
ค่าความชื้นน้ำ	ต่ำกว่า 1×10^{-7} cm/s

อย่างไรก็ดี ดินที่ผ่านเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกดินในการทำชั้นกันซึมในพื้นที่ฝังกลบขยะ ควรผ่านการพิจารณาทางด้านธรณีเทคนิคสิ่งแวดล้อมของดินที่มีต่อน้ำเสียจากขยะด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ประพจน์ บุญสินสุข 2540. วิศวกรรมปฐพีในการฝังกลบขยะ, การสัมมนาเรื่องวิศวกรรมปฐพีเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมปฐพี วสท. หน้า 32.



ภาพที่ 2 แผนการทดลองในห้องปฏิบัติการ

2. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2542. เกณฑ์มาตรฐานและ แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ. 100 น.
3. Alther. G. R. 1983. The methylene blue test for bentonite liner quality control. Geotech. Testing J.,6(3),133-143
4. Benson. C. H. and Hardianto. F. S. 1992. Assessment of construction quality control measurement and sampling frequencies for compacted soil liner. Environmental Geotechnics Report No. 92-6. Univ. of Wisconsin. Wisc.
5. Daniel. D. E. and Koerner. R. M. 1995. Waste Containment Facilities. ASCE Press, New York. 354 p.
6. Quigley. R. M., Fernandez. F. and Row. R. K. 1988. Clayey barrier assessment for impoundment of domestic waste leachate (Souther Ontario) including clay- leachate compatibility by hydraulic conductivity testing. Can. Geotech. J., 25, 574-81
7. Shelley. T. L. and Daniel. D. E. 1993. Effect of gravel on hydraulic conductivity of compacted soil liners. J. Geotech. Engrg., ASCE, 119(1),54-68