หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีของระบบถังทรายกรองช้า

2.1 ประวัติความเป็นมา (11)

ระบบประปาแบบถังทรายกรองช้าเริ่มถูกนำเข้ามาใช้ในกระบวนการ การผลิตน้ำ - สะอาดเป็นครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ. 1804 ที่เมืองเพสเลย์ (Paisley) ประเทศสก็อตแลนด์ และในปี ค.ศ. 1829 เจมส์ ซิมสัน (James Simpson) ก็เป็นผู้นำเข้ามาใช้ในระบบการ-ประปาของเชลซี่ในเมืองลอนดอน (London) ในช่วงศตวรรษที่ 19 นี้เอง กระบวนการการผลิตน้ำแบบระบบถังทรายกรองช้าก็ได้ใช้แพร่หลายไปทั่วโลก และหลักการของระบบถังทรายกรองช้า หรือระบบถังกรองแบบจุลชีวะ (Biological Filter) ก็ได้รับการยอมรับให้เป็นกระบวนการการผลิตน้ำที่มีมาตรฐานอีกอันหนึ่ง

ในปี ค.ศ. 1892 ได้มีปรากฏการณ์อันหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระบบถังทรายกรองช้านี้สามารถกำจัดเชื้อโรคได้ กล่าวคือช่วงระหว่างเกิดโรคอหิวาต์ระบาดในเมืองฮั้มบูร์ก ประเทศเยอรมันตะวันตก และที่ริมผั่งแม่น้ำเอลเบ (Elbe) ที่เมือง 2 เมืองที่อยู่ติดต่อกันคือ เมืองฮั้มบูร์ก ซึ่งอยู่เหนือน้ำ และเมืองอัลโทนา ซึ่งอยู่ท้ายน้ำ ต่างก็ใช้น้ำจากแม่น้ำเอลเบ เป็นแหล่งน้ำดิบมาทำน้ำประปาจ่ายให้แก่ประชาชน โดยที่ท่อสูบน้ำดิบของระบบการประปาในเมืองอัลโทนานั้นตั้งอยู่ทางท้ายน้ำของแม่น้ำเอลเบด้วย เพราะฉะนั้นเมื่อเมืองฮั้มบูร์กเกิดโรคอหิวาต์ระบาด ทางเมืองอัลโทนา ก็ควรจะมีการระบาดของโรคนี้เกิดขึ้นด้วย แต่ทว่าน้ำประปาที่ใช้จ่ายให้กับประชาชนในเมืองอัลโทนานั้น ผลิตจากระบบถังทรายกรองช้า ส่วนน้ำประปาที่ใช้จ่ายให้กับประ-ชาชนในเมืองฮั้มบูร์กนั้น ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเลย ดังนั้นระหว่างเกิดโรคอหิวาต์ระบาดจึงทำให้ประชาชนในเมืองฮั้มบูร์กตายถึง 8,000 คน และอีก 10,000 คน ต้องป่วยเป็นโรคนี้ แต่ก็รักษาได้ในเวลาต่อมา ส่วนประชาชนในเมืองอัลโทนา ไม่เป็นอะไรเลย

ในปี ค.ศ. 1825 ได้มีการประดิษฐ์ Mechanical Gravity Filter ขึ้นเป็นครั้งแรก และเริ่มใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาก็ได้มีการดัดแปลงแก้ไขให้ดีขึ้น และใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในปัจจุบันก็คือ ระบบถังทรายกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) นั้นเอง

และได้มีการจดทะเบียนลิขสิทธิ์เป็นครั้งแรก

2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบถังทรายกรองช้า

ระบบถังทรายกรองช้าเป็นกระบวนการผลิตน้ำสะอาดโดยการปล่อยน้ำดิบให้ไหลผ่านชั้นกรอง (Filter medium) ระหว่างที่น้ำดิบไหลผ่านชั้นกรองจะมีการลดปริมาณของแบคทีเรีย สารแขวนลอย และความขุ่นของน้ำดิบ นอกจากนั้น จะเกิดกระบวนการทางชีว เคมี (Biochemical process) ขึ้นที่บริเวณผิวของชั้นกรอง หลังจากการใช้งานของระบบถังทรายกรองช้าผ่านไปเป็นระยะเวลาพอสมควร จะเกิดชั้นบาง ๆ ของจุลินทรีย์ขึ้นที่ผิวของชั้นกรองเรียกว่า Schmutzdecke ชั้น Schmutzdecke นี้จะประกอบด้วยจุลทรีย์ที่ตื่นตัว และมีความสามารถในย่อยสลายสารอินทรีย์ ระบบถังทรายกรองช้านี้ สามารถแยกให้เห็นความแตกต่างจากระบบถังทรายกรองเร็วได้ชัดเจน โดยลักษณะของชั้น Schmutzdecke ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตน้ำสะอาด ส่วนระบบถังทรายกรองเร็วนั้นถือว่าเป็นกระบวนการทางฟิสิคส์ และใช้วิธีล้างย้อน (Backwash) ในการทำความสะอาดถังกรองที่อุดตัน แต่สำหรับระบบถังทรายกรองช้าการทำความสะอาดชั้นกรองจะทำแบบง่าย ๆ และไม่ต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน โดยใช้แรงงานคนทำความสะอาดเฉพาะชั้นผิวทรายกรอง ทั้งนี้รายละเอียดต่าง ๆ ของการทำความสะอาดระบบถังทรายกรองช้าจะกล่าวถึงในชั้นรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

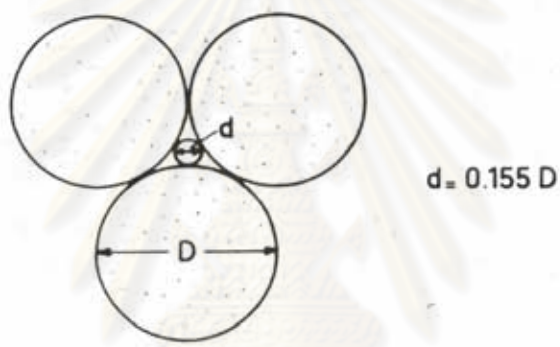
2.3 กลไกการกรองของถังทรายกรองช้า

HUISMAN(13) ได้กล่าวถึงกลไกการกรองของถังทรายกรองช้าว่า เป็นการทำงานแบบผสมผสานระหว่างกลไกต่าง ๆ หลายกลไกและมีกลไกที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

- Mechanical Straining
- Sedimentation
- Adsorbtion
- กลไกทางชีวเคมี

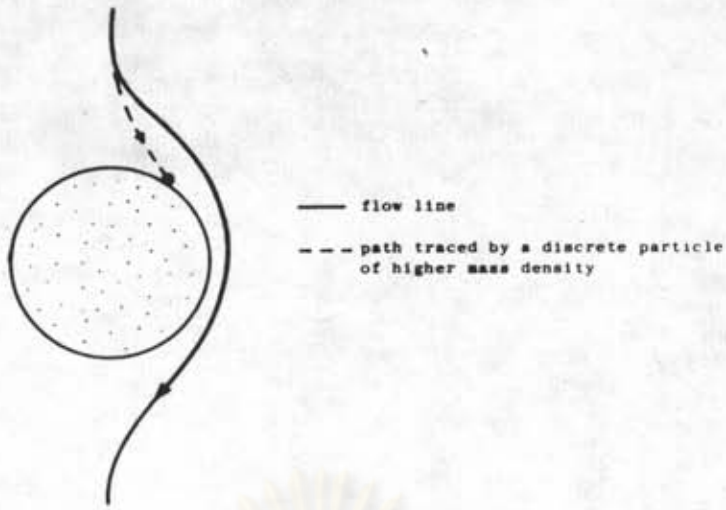
สำหรับรายละเอียดต่าง ๆ ของกลไกแต่ละแบบมีดังต่อไปนี้.-

2.3.1 กลไกแบบ Mechanical straining เป็นกลไกการกรองอนุภาคแขวนลอยซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างระหว่างสารกรอง เพื่อให้สารแขวนลอยติดค้างอยู่ภายในชั้นกรองระหว่างการไหลผ่าน โดยปกติทรายกรองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15 มม. จะสามารถกำจัดสารแขวนลอยซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 20 μ (ดังภาพที่ 2.1) หลังจากการกรองผ่านไประยะหนึ่งจะมีการติดค้างของสารแขวนลอยจนทำให้ช่องว่างระหว่างทรายกรองมีขนาดเล็กลงจากเดิม ทำให้สารแขวนลอยขนาด 5-10 μ บางส่วนติดค้างอยู่ระหว่างทรายกรองได้โดยกลไกแบบนี้ อย่างไรก็ตาม สารแขวนลอย เช่น คอลลอยด์ (ขนาด 0.001-1 μ) ยังไม่สามารถถูกกำจัดออกด้วยกลไกแบบ Mechanical straining นี้ได้



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสารกรองและช่องว่างระหว่างสารกรองที่เกิดขึ้น

2.3.2 กลไกแบบตกตะกอน เป็นกลไกการกำจัดอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กและสามารถตกตะกอนที่ผิวของสารกรอง การกำจัดด้วยกลไกนี้จะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ของผิวของสารกรอง กล่าวคือ หากใช้สารกรองที่เป็นทรายมีขนาด 0.2 มม. และมีความหนาของชั้นทรายกรอง 0.8 ม. ทรายกรองนี้จะมีพื้นที่ผิวสำหรับการเกิดกลไกนี้ประมาณ 1,000 ตร.ม. ต่อ 1 ตร.ม. ของพื้นผิวบนของชั้นกรอง (13) ประสิทธิภาพของการกำจัดของกลไกแบบตกตะกอนนี้ จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของมวลของสารแขวนลอย โดยสารแขวนลอยส่วนใหญ่จะถูกกำจัดที่ผิวบนของชั้นทรายกรองจะมีสารแขวนลอยอินทรีย์บางส่วนที่มีความหนาแน่นของมวลต่ำ (Low mass density) จะตกค้างที่ผิวทรายกรองในชั้นที่ลึกลงไป ภาพที่ 2.2 จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของกลไกแบบตกตะกอนของสารแขวนลอยที่มีความหนาแน่นของมวลสูง



ภาพที่ 2.2 กลไกแบบตกตะกอน

2.3.3 กลไกแบบดูดติดผิว (Adsorption) เป็นกลไกที่มีความสำคัญในการกรอง เนื่องจากสามารถกำจัดสารแขวนลอยขนาดเล็ก ๆ เช่น คอลลอยด์ได้กลไกแบบดูดติดผิวนี้อาจเกิดขึ้นได้หลายแบบ กล่าวคือ เมื่อน้ำดิบไหลผ่านชั้นกรองสารแขวนลอยขนาดเล็ก ๆ ที่สัมผัสกับผิวของเม็ดทรายกรองจะเกาะติดเป็นเมือกเหนียวรอบทรายกรอง สาร-แขวนลอยที่เกาะติดอยู่นี้จะอาศัยแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค (London-vander Waals forces) และแรงดึงดูดเนื่องจากประจุไฟฟ้า (Coulamb forces) ทั้งนี้ ทรายกรองที่สะอาดจะมีประจุบวกที่ผิวของเม็ดทรายซึ่งพร้อมที่จะดูดติดกับคอลลอยด์ที่มีประจุลบได้ (13), (14)

2.3.4 กลไกทางชีวเคมี สารแขวนลอยต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ภายในชั้นกรองจนเป็นเหตุให้เกิดการอุดตันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวะเคมีอยู่ตลอดเวลา โดยสารละลายเหล็กและแมงกานีสจะมีการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ (13) ดังสมการ

$$4\ Fe^{++} + O_2 + (2n-4)\ H_2O + 8\ HCO_3^- \longrightarrow 2\ Fe_2O_3 nH_2O\downarrow + 8\ CO_2$$

$$2\ Mn^{++} + O_2 + 4\ HCO_3^- \longrightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2D + 4\ CO_2$$

สารที่เกิดขึ้นนี้จะเกาะติดผิวของทรายกรองเป็นชั้นบาง สำหรับสารตกค้างที่เป็นสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดส์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานของแบคทีเรีย (13) ดังสมการ

$$C_5H_7O_2N + 7\ O_2 \longrightarrow 3\ H_2O + 5\ CO_2 + NO_3^- + H^+$$

ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีนี้ จะเกิดขึ้นและดำเนินไปอย่างช้า ๆ ตามที่ได้เคยกล่าวมาแล้วในรายละเอียดการทำงานกลไกอื่น ๆ จะเห็นว่า สารแขวนลอยส่วนใหญ่มีการตกค้างอยู่บริเวณผิวบน

ของชั้นกรอง ด้วยเหตุผลนี้เองทำให้สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำดิบมีความเข้มข้นเฉพาะบริเวณผิวบนของชั้นกรอง ทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณผิวของชั้นกรองเป็นส่วนใหญ่ และจะค่อย ๆ ลดลงตามความลึกของชั้นกรอง เนื่องจากชั้นกรองที่ลึกลงไปจะมีสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยมีสภาพขาดสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นอาหารในการเจริญเติบโต ทำให้แบคทีเรียบางส่วนที่ผ่านผิวบนของชั้นกรองลึกลงไปค่อย ๆ ตายและลดจำนวนลง นอกเหนือจากนั้นแบคทีเรียที่ตายลงเนื่องจากสภาวะขาดอาหารนี้ยังมีการสร้างสารพิษขึ้น เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอื่น ๆ ด้วย ลักษณะของการเกิดกลไกทางชีวเคมี ดังกล่าวนี้ทำให้ถังทรายกรองช้ามีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรียและเชื้อโรคต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำใสที่ผ่านการกรองแล้วมีคุณภาพดี

โดยทั่วไปปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากกลไกทางชีวเคมีนี้ จะเกิดขึ้นภายในช่วงความลึกของชั้นกรอง ประมาณ 0.6 ม. ดังนั้นหากคำนึงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค การออกแบบถังทรายกรองช้าจึงควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.7 ม. และควรมีส่วนเพิ่มสำหรับการทำความสะอาดชั้นกรองอีกประมาณ 0.3-0.5 ม. กล่าวโดยสรุป คือ ชั้นกรองความหนาไม่น้อยกว่า 1.00 ม. นั่นเอง (13)

2.4 <u>บทบาทของสาหร่ายในถังกรอง</u> (12)

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในพวก Autotroplaio organism ต้องการแสงสว่างในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ลักษณะเด่นของสาหร่าย ก็คือ สามารถสร้างเนื้อ เซลจากเกลือแร่ ธาตุต่าง ๆ ที่มากับน้ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรท ฟอสเฟต เป็นต้น โดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ ดังสมการ

$$n\,(CO_2) + n\,(H_2O) + \text{energy} \longrightarrow (CH_2O) + n\,(O_2) \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อสาหร่ายตายเซลล์ของสาหร่ายจะเป็นอิสระและเป็นอาหารของแบคทีเรียที่อยู่ในถังกรอง ดังปฏิกิริยาการสลายตัวของเซลล์สาหร่าย ซึ่งจะให้พลังงานออกมา ดังสมการ

$$(CH_2O)_n + n\,(O_2) \longrightarrow n\,(CO_2) + n\,(H_2O) + \text{energy} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อสาหร่ายมีความสมบูรณ์เต็มที่จะเกิดปฏิกิริยา (1) ทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นและคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นบางครั้งมากเป็น 3 เท่าของระดับอิ่มตัวปกติ (Saturation value) ซึ่งเป็นผลดีต่อระบบกรอง โดยปกติกระบวนการตามสมการ (1) นี้

จะเกิดในเวลากลางวันซึ่งได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ สำหรับในเวลากลางคืนปริมาณออกซิเจนจะลดลงเนื่องจากมีการเกิดขึ้นของกระบวนการตามสมการ (2) เพียงอย่างเดียว ถ้าความแปรปรวนของออกซิเจนเกิดขึ้นอย่างรุนแรง จะทำให้เกิดสภาพการขาดออกซิเจนในเวลากลางคืนได้ อันเป็นผลร้ายต่อระบบกรอง คือ ทำให้มีเหล็กและแมงกานีสในน้ำที่กรองสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการสลายตัวของเหล็กและแมงกานีสที่สะสมบริเวณของผิวชั้นทรายกรองและยังทำให้เกิดรสและกลิ่นอันน่ารังเกียจอีกด้วย

ในประเทศที่มีอากาศหนาวมักจะประสบกับปัญหาความแปรปรวนของออกซิเจนในถังกรองดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิลดลงสภาพของน้ำจะไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีพของสาหร่าย สาหร่ายจะตายและลดจำนวนลงเรื่อย ๆ ปฏิกิริยาที่ดำเนินการต่อไปตามสมการ (2) จะใช้ออกซิเจนและได้คาร์บอนไดออกไซด์ ความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดก็จะเกิดสภาพขาดออกซิเจน เป็นเหตุให้ pH ของน้ำลดลงเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และเกิดกลิ่นเหม็นเนื่องจากสาหร่ายตายเป็นจำนวนมาก สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเกิดการเน่าเปื่อย จำเป็นต้องหยุดการกรองเพื่อทำความสะอาด โดยการกำจัดสาหร่ายออกจากชั้นผิวบนของทรายกรอง ในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสาหร่ายจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและจะมีการตายของสาหร่ายในช่วงที่อุณหภูมิลดลงอีก ความแปรปรวนของออกซิเจนดังได้กล่าวมาแล้วนี้เป็นอุปสรรคแก่การทำงานของถังทรายกรองช้าในประเทศที่มีอากาศหนาว ทำให้ต้องมีการทำความสะอาดถังกรองบ่อยครั้งมากขึ้น การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้สามารถแก้ไขได้โดยการก่อสร้างหลังคาคลุมถังกรอง นอกจากนั้นยังสามารถป้องกันสิ่งสกปรกที่ปลิวมากับลม และการถ่ายสิ่งปฏิกูลของนกลงถังกรองได้ ทำให้ถังกรองมีอายุการใช้งานนานขึ้น ดังเช่น การประปาเมืองอัมสเตอร์ดัม ภายหลังจากการก่อสร้างหลังคาปิดถังกรอง ทำให้สามารถเพิ่มอัตราการกรองจาก 0.1 ม. ต่อ ชม. เป็น 0.3 ม. ต่อ ชม. และใช้งานได้นานกว่า

สำหรับในประเทศที่มีอากาศร้อน อุณหภูมิค่อนข้างคงที่ตลอดปี ลักษณะการเกิดความแปรปรวนของออกซิเจนไม่ค่อยปรากฏมากนัก และไม่ค่อยเกิดและตายอย่างรุนแรงของสาหร่าย ทำให้ไม่ต้องทำความสะอาดถังกรองบ่อยครั้ง เนื่องจากเกิดความสมดุลย์ของปฏิกิริยาการเกิดและตายของสาหร่ายในถังกรองเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดปี อย่างไรก็ตาม การปล่อยให้น้ำดิบมีเวลาสัมผัสกับแสงแดดมากจนเกินไปจะทำให้มีการเกิดของสาหร่ายเร็วกว่าปกติ การแก้ไข

ปัญหาอาจทำได้โดยการก่อสร้างหลังคาคลุมหรือควบคุมให้มีการไหลของน้ำดิบผ่านกรองอย่างต่อเนื่องโดยไม่ให้น้ำดิบมีเวลากักเก็บนานจนเกินไป

2.5 ส่วนประกอบของถังทรายกรองช้า

โดยทั่วไปถังทรายกรองช้า จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้ คือ

2.5.1 ชั้นน้ำดิบเหนือทรายกรอง

ชั้นน้ำดิบเหนือทรายกรองนี้ ทำหน้าที่ 2 อย่างพร้อม ๆ กัน คือ ทำให้น้ำดิบมีแรงดันเพียงพอในการไหลผ่านชั้นทรายกรอง และเพิ่มระยะเวลากักน้ำสำหรับน้ำดิบอีกหลายชั่วโมง ระหว่างนี้สารแขวนลอยส่วนหนึ่งจะตกตะกอนสะสมอยู่บนชั้นผิวของทรายกรอง ถ้าหากน้ำดิบมีสารแขวนลอยมากจะมีการอุดตันของถังกรองได้เร็ว การแก้ปัญหาควรสร้างระบบ Pre-treatment ของน้ำดิบ

Dijk และ Oomen (24) ได้แนะนำระดับน้ำที่เหมาะสมของชั้นน้ำดิบนี้เท่ากับ 1 ม. (ช่วง 1-1.5 ม.) และระยะ Freeboard ที่เหมาะสมเท่ากับ 0.2-0.3 ม. เหนือระดับน้ำ นอกจากนั้นควรมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับการล้างชั้นเลนที่ตกค้างตามความเหมาะสม

2.5.2 ชั้นของสารกรอง

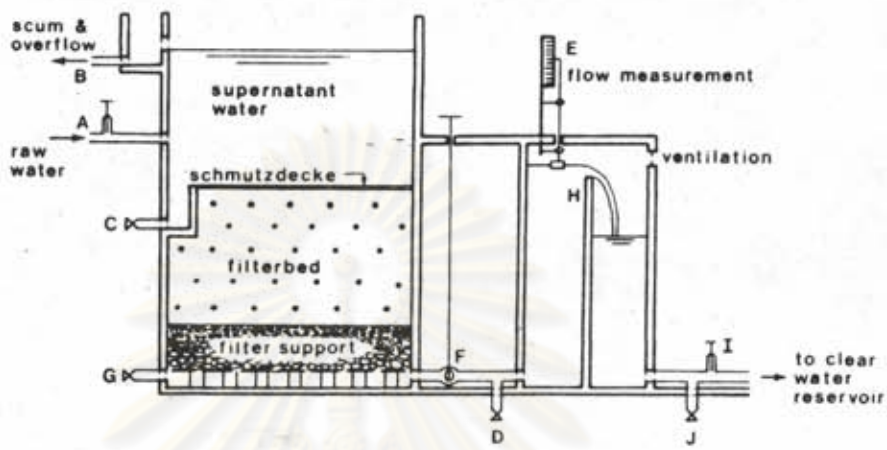
ควรใช้สารกรองที่มีความคงทนและไม่ทำปฏิกิริยา โดยปกติจะใช้ทรายที่ผ่านการล้างและคัดขนาดแล้ว คุณสมบัติของทรายที่ใช้ควรมีค่า effective size เท่ากับ 0.15-0.35 มม. และค่า uniformity coefficients อยู่ระหว่าง 2-5 นอกจากนั้นชั้นของทรายกรองนี้ควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 1 ม. (ช่วง 1-1.4 ม.) (24)

2.5.3 ระบบรับน้ำกรอง

ทำหน้าที่ 2 อย่างพร้อมกัน คือ รับน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว และเป็นชั้นรองรับชั้นทรายกรอง

2.5.4 ส่วนควบคุมการกรองและอุปกรณ์ควบคุม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของถังทรายกรองช้า

อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการควบคุมการกรองประกอบด้วย

- ระบบรับน้ำดิบของถังกรอง แสดงให้เห็นเป็นส่วน A ดังภาพที่ 2.3
- ระบบระบายน้ำล้นและของเสียแขวนลอย แสดงให้เห็นเป็นส่วน B ดังภาพที่ 2.3
- ระบบระบายน้ำเหนือชั้นกรองสำหรับการล้างหน้าทราย แสดงให้เห็นเป็นส่วน C ดังภาพที่ 2.3
- ระบบระบายน้ำของถังกรอง แสดงให้เห็นเป็นส่วน D ดังภาพที่ 2.3
- อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ แสดงให้เห็นเป็นส่วน E ดังภาพที่ 2.3
- ระบบควบคุมอัตราการกรองของถังกรอง แสดงให้เห็นเป็นส่วน F ดังภาพที่ 2.3
- ระบบเติมน้ำสะอาดเข้าชั้นกรองภายหลังการล้าง แสดงให้เห็นเป็นส่วน G ดังภาพที่ 2.3
- อุปกรณ์ควบคุมการส่งน้ำสะอาดลงถังน้ำใสและระบายน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นเป็นส่วน H ดังภาพที่ 2.3
- อุปกรณ์ควบคุมการส่งน้ำสะอาดลงถังน้ำใสและระบายน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นเป็นส่วน I และ J ดังภาพที่ 2.3 ตามลำดับ

012133

2.6 การควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาถังทรายกรองช้า

ถังทรายกรองช้าจะสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ของการออกแบบได้นั้น จำเป็นจะต้องได้รับการควบคุมและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า นอกจากการติดตามผลโดยการวิเคราะห์น้ำทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และชีวะแล้ว การดูแลของผู้ควบคุมซึ่งเป็นแรงงานท้องถิ่นยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานได้ โดยอาศัยความเอาใจใส่ในการควบคุมและบำรุงรักษาถังทรายกรองช้าตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

2.6.1 การเริ่มต้นการกรอง หลังจากการก่อสร้างเสร็จแล้ว ควรมีการปล่อยน้ำสะอาดย้อนขึ้นทรายอย่างช้าๆ เพื่อไล่ฟองอากาศซึ่งเกิดขึ้นภายในชั้นทราย โดยปล่อยน้ำให้สูงเหนือชั้นทรายประมาณ 0.1 ม. จากนั้นจึงทำการปล่อยน้ำดิบไหลผ่านชั้นกรองจนระดับน้ำดิบเหนือชั้นทรายถึงระดับที่ออกแบบไว้ เปิดประตูน้ำปล่อยน้ำผ่านกรองทิ้ง (เปิดประตูน้ำ D ดังภาพที่ 2.3) โดยใช้อัตรากรองประมาณหนึ่งในสี่ของอัตราการกรองปกติ ปล่อยน้ำดิบไหลผ่านกรองประมาณ 1-2 สัปดาห์ (ในกรณีที่ความขุ่นต่ำ) จนสังเกตุเห็นชั้น Schmutzdecke เกิดขึ้น ปิดประตูน้ำ D แล้วค่อยเปิดประตูน้ำ F เพิ่มอัตราการกรองจนถึงอัตราการกรองปกติ นอกจากนี้จะเปิดประตูน้ำ I ปล่อยน้ำลงถังน้ำได้

2.6.2 การควบคุมอัตราการกรองของถังทรายกรองช้า การควบคุมในส่วนนี้จะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ถังกรองมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานให้สอดคล้องกับสภาพของท้องถิ่น โดยทั่วไปหลักการของการควบคุมอัตราการกรองของระบบถังทรายกรองช้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

2.6.2.1 การควบคุมอัตราการกรองด้วยวิธีอัตราการกรองคงที่ (Constant Rate) การควบคุมอัตราการกรองวิธีนี้จะทำได้โดยการปล่อยน้ำดิบเข้าถังกรองอย่างต่อเนื่องและควบคุมการไหลของน้ำดิบเข้าถังกรองให้คงที่ การยกทางน้ำออกให้สูงกว่าชั้นทราย (ดูภาพที่ 2.3) เป็นสิ่งจำเป็น เพราะช่วยทำให้การกรองน้ำเกิดขึ้นในอัตราคงที่เท่ากับอัตราน้ำเข้า ทั้งนี้ โดยไม่ต้องใช้วาล์วหรืออุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ เลย หลังจากที่ทำการกรองน้ำผ่านไประยะเวลาหนึ่ง แรงดันสูญเสียของน้ำในชั้นทรายกรองจะค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารแขวนลอยตกค้างอยู่ที่ผิวทรายกรองมากขึ้นจนทำให้เกิดการอุดตันของชั้นทรายกรอง ถังทรายกรองช้านี้มีทางน้ำเข้าหรือช่องน้ำล้นอยู่ในระดับสูงเพียงพอ (ดูภาพที่ 2.3 ประกอบ) จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเหนือชั้นทรายค่อย ๆ สูงขึ้น เพื่อรักษาอัตราการกรองให้คงที่ โดยไม่จำเป็นต้อง

ใช้อุปกรณ์อื่น ๆ ช่วยในการควบคุม ระดับน้ำเหนือชั้นทรายที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นดัชนีสำคัญในการบอกให้ทราบถึงความจำเป็นที่จะต้องล้างผิวทรายกรอง การล้างผิวทรายกรองจะกระทำเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุดหรือระดับช่องน้ำล้น

2.6.2.2 การควบคุมอัตราการกรองด้วยวิธีอัตราการกรองลด (Declining Rate) การควบคุมอัตราการกรองแบบนี้จะปล่อยน้ำดิบเข้าถังกรองเป็นช่วง ๆ ตามความเหมาะสม น้ำดิบจะถูกเก็บไว้เหนือชั้นทรายภายในถังกรองโดยปริมาณน้ำที่เก็บกักนี้จะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับขนาดของถังกรองและการออกแบบระดับน้ำเหนือชั้นทราย อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำดิบที่สูบมาไว้นี้จะต้องมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาการปล่อยน้ำดิบไหลผ่านชั้นกรองและอัตราการกรอง จากนั้นน้ำดิบจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านชั้นทรายกรองตามธรรมชาติ โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ควบคุม ทั้งนี้ ถังทรายกรองที่ออกแบบจะต้องมีส่วนควบคุมระดับน้ำหรือยกระดับทางน้ำออกเพื่อป้องกันระดับน้ำภายในถังกรองลดลงต่ำกว่าชั้นผิวบนของทรายกรองในขณะที่ปล่อยให้กรองตามธรรมชาติ ระหว่างการปล่อยน้ำดิบให้ผ่านการกรองดังกล่าวนี้อัตราการกรองของถังกรองจะค่อย ๆ ลดลงตามแรงดันของน้ำเหนือชั้นทรายที่ลดลง เมื่อครบช่วงเวลาก็จะทำการปล่อยน้ำดิบเข้าถังกรองอีกครั้งเป็นวงจรเช่นนี้ตลอดไป หลังจากการใช้งานของถังกรองผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะเห็นการกรองผ่านชั้นทรายกรองเกิดมีแรงดันสูญเสียมากขึ้น เนื่องจากสารแขวนลอยที่ตกค้างที่ผิวบนของทรายกรอง จึงควรมีการล้างทรายกรองเมื่อสังเกตเห็นว่าแรงดันสูญเสียเกิดขึ้นมากและกรองน้ำได้น้อยกว่าปกติ การควบคุมวิธีนี้อาจจะใช้ได้กับถังกรองทั้งแบบส่งน้ำดิบเข้าถังกรองตามธรรมชาติและแบบส่งน้ำดิบด้วยเครื่องสูบน้ำ โดยทั่วไปการควบคุมดังกล่าวมักจะถูกใช้กับถังกรองที่ไม่มีความสะดวกในการปล่อยน้ำดิบเข้าถังกรองอย่างต่อเนื่องตลอดวัน เช่น ระบบรับน้ำดิบเป็นแบบใช้เครื่องสูบน้ำ ทั้งนี้ การควบคุมโดยวิธีดังกล่าวนี้จะช่วยในเครื่องสูบน้ำมีช่วงเวลาในการหยุดพักการสูบไม่จำเป็นต้องทำการสูบตลอดวัน นอกจากนั้นยังช่วยลดภาระการทำงานของผู้ควบคุมด้วย กล่าวคือ มีช่วงเวลาในการหยุดพักการทำงานไม่จำเป็นอยู่ดูแลการสูบน้ำตลอดวันเช่นกัน

2.6.3 การล้างถังทรายกรอง เริ่มต้นด้วยการปิดประตูน้ำปล่อยน้ำดิบเข้าถังกรอง จากนั้นปล่อยน้ำผ่านกรองลงถังน้ำใส ช่วงนี้แรงดันของน้ำเหนือชั้นทรายจะลดลงมีผลทำให้อัตราการกรองลดลงอย่างรวดเร็ว ในการนี้อาจจะใช้เวลาหลายวันกว่าระดับน้ำ

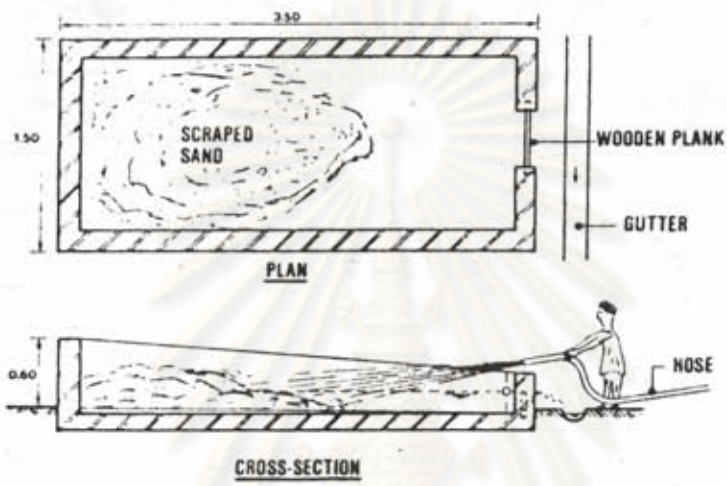
จะลดลงถึงชั้นผิวทรายกรอง ในการออกแบบบางครั้งจะมีการต่อท่อระบายน้ำเหนือชั้นทรายออกเพื่อช่วยให้สามารถทำการล้างทรายกรองได้รวดเร็วขึ้น การออกแบบถังกรองให้มีขนาดเล็กและมีจำนวนถังกรองมากขึ้น จะมีส่วนช่วยให้ขั้นตอนการล้างทรายกรองได้มาก กล่าวคือ ช่วยให้ถังกรองใบอื่น ๆ สามารถทำงานได้ต่อไปโดยไม่ต้องหยุดการจ่ายน้ำ และถังกรองขนาดเล็กจะใช้เวลาในการทำความสะอาดน้อยกว่า ทำให้ไม่ต้องหยุดใช้ถังกรองใบใดใบหนึ่งเป็นเวลานานเพื่อทำการล้างทรายกรอง ในระหว่างการล้างทรายกรองนี้ระดับน้ำภายในควรจะอยู่ต่ำกว่าชั้นผิวทรายเล็กน้อยเพื่อสะดวกแก่การทำงาน หลังจากปล่อยทิ้งไว้จนชั้น Schmut zdecke แห้งพอที่จะเคลื่อนย้ายได้แล้ว จะเริ่มทำการขุดผิวทรายกรองออก ในการขุดผิวทรายนี้จะใช้แรงงานคนในการขนย้ายออกเพื่อทำความสะอาด หรือหากถังกรองมีขนาดใหญ่มากขึ้น อาจพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ขนย้ายทรายที่ขุดออกตามความจำเป็น เช่น ใช้รถเข็น หรือรถแทร็กเตอร์ เป็นต้น

สำหรับชุมชนบางแห่งซึ่งไม่อาจจัดหาทรายกรองได้โดยง่าย หรือทรายกรองที่ใช้มีราคาแพง อาจจำเป็นต้องมีการนำทรายกรองที่ใช้แล้วและได้ขุดออกมาในช่วงแรกมาทำความสะอาดอีกครั้ง เพื่อนำไปใช้งานในถังกรองอีก หรือในบางครั้งอาจใช้ทรายก่อสร้างทั่วไปมาทดแทน การใช้ทรายก่อสร้างทั่วไปนี้ ควรจะมีการทำความสะอาดทรายก่อนใช้งานเช่นเดียวกัน วิธีทำความสะอาดทรายกรองหรือการล้างทรายกรองนี้มีอยู่หลายวิธีดังต่อไปนี้ คือ

2.6.3.1 <u>การล้างทรายแบบใช้ลานฉีดล้าง</u> International Reserch Centre (IRC), (14) ได้แนะนำวิธีการล้างทรายกรองโดยใช้ลานฉีดล้างไว้ดังภาพที่ 2.4 การล้างทรายจะทำได้โดยการนำทรายที่ต้องการล้างมากองไว้ที่ลานฉีดล้างแล้วใช้แรงงานคนฉีดน้ำล้างทราย น้ำที่ใช้ในการฉีดล้างจะไหลลันข้ามแผ่นไม้กั้นลงรางระบายต่อไป ดังภาพที่ 2.4

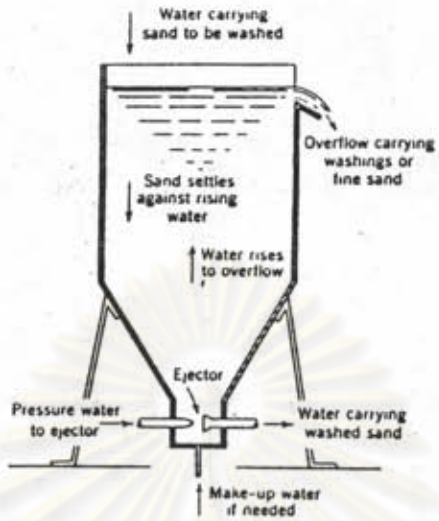
2.6.3.2 <u>การล้างทรายแบบใช้แรงดันน้ำ</u> Huisman, (13) ได้แนะนำวิธีการล้างทรายกรองที่ขุดออกจากถังกรองโดยใช้แรงดันของน้ำดันย้อนทรายที่ใส่ลงในถังล้าง (ดังภาพที่ 2.5) การล้างทรายจะทำได้โดยการนำทรายที่ต้องการล้างมาใส่ไว้ในถังล้าง แล้วใช้แรงดันของน้ำฉีดล้างทางก้นถัง ทรายที่ผ่านการล้างแล้วจะถูกดันออกด้วย

แรงดันของน้ำอีกด้านหนึ่งของก้นถัง และน้ำที่ใช้ล้างจะไหลล้นออกทางด้านบนของถังล้าง (ดังภาพที่ 2.5) ทรายที่ผ่านการล้างนี้จะถูกดันออกโดยน้ำที่ใช้ล้าง จึงจำเป็นต้องมีการแยกทรายออกจากน้ำ เพื่อนำทรายไปใช้งานโดยใช้ถังแยกทราย ดังภาพที่ 2.6 ซึ่งจะแยกทรายออกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (10)

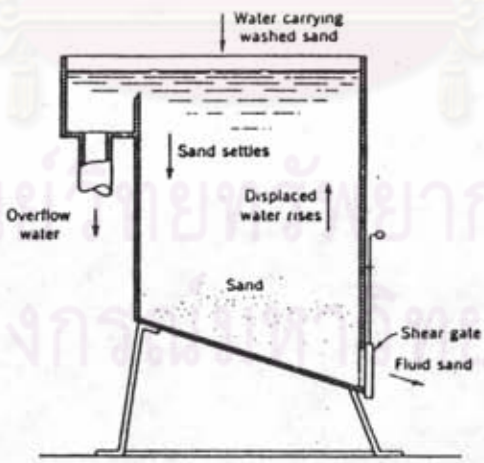


ภาพที่ 2.4 การล้างทรายที่ใช้แล้วแบบใช้ลานฉีดล้าง

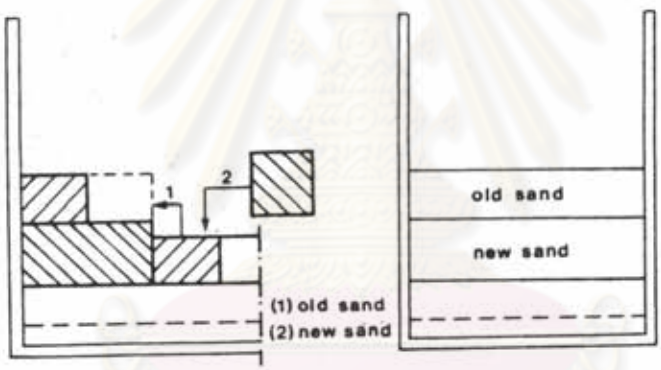
2.6.4 <u>การเติมทราย</u> จากการล้างทรายกรองหลายครั้ง ระดับของชั้นทรายกรองจะลดลงต่ำกว่าที่เคยออกแบบไว้ นอกจากนั้นสารแขวนลอยต่าง ๆ อาจแทรกตัวเข้าไปในชั้นทรายกรองลึก 0.3-0.5 ม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของทรายกรอง เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันสูญเสียในชั้นทรายกรอง จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนชั้นทรายกรองบางส่วน ในการนี้จะใช้วิธีการพลิกชั้นทรายเพื่อรักษาจุลชีพในถังกรองไว้ ดังภาพที่ 2.7 จะเห็นได้ว่า การพลิกชั้นทรายนี้จะทำหลังจากขั้นตอนที่ 2.6.3 แล้ว โดยจะทำการขุดทรายเก่าออกมาส่วนหนึ่งแล้วใส่ทรายใหม่ จากนั้นจะเอาทรายเก่าที่ขุดออกนี้กลบด้านบนของทรายใหม่ โดยจะทำเช่นนี้เป็นช่วง ๆ เรื่อยไปจนเต็มพื้นที่ผิวชั้นกรอง จากนั้นถังกรองจะประกอบด้วยชั้นทรายกรองเป็นส่วนตามสัดส่วน ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.5 ถังล้างทรายกรองที่ใช้แล้วแบบใช้แรงดัน

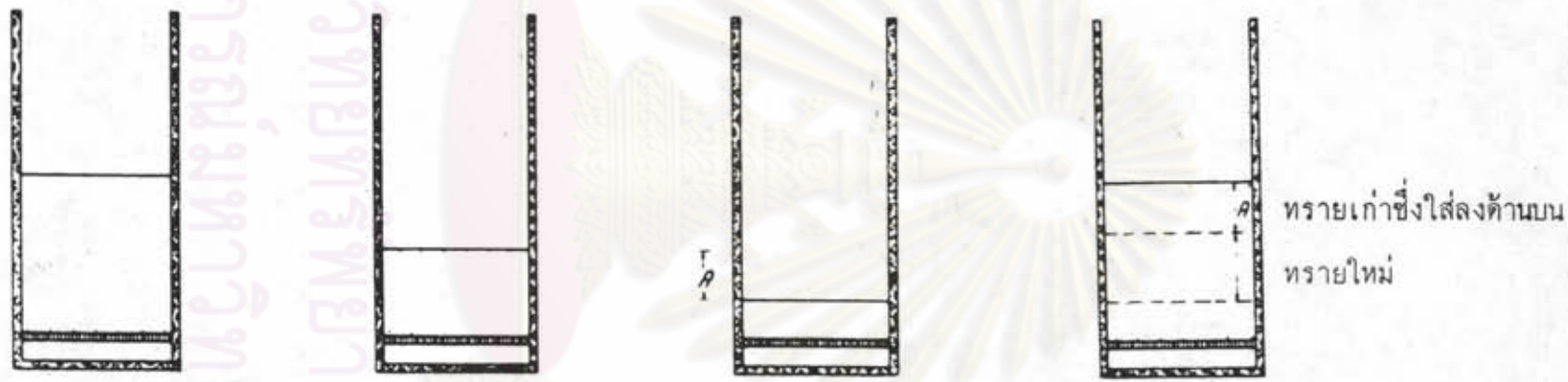


ภาพที่ 2.6 ถังแยกทรายที่ผ่านการล้างแล้ว



ภาพที่ 2.7 วิธีการพลิกชั้นทรายในถังกรอง

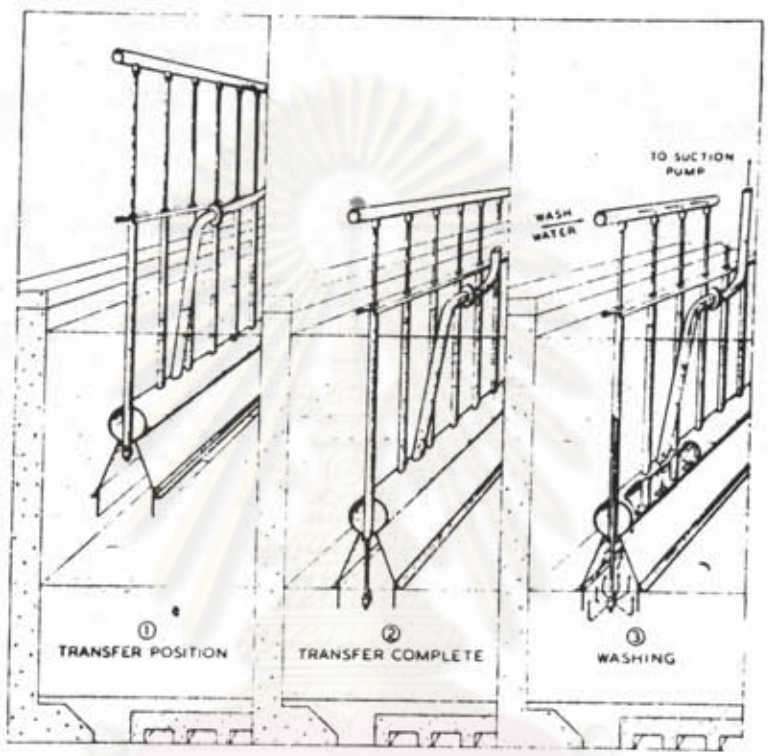
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.8 การแบ่งชั้นของทรายกรองในขั้นตอนต่าง ๆ ของการเติมทราย

2.6.5 การใช้แรงดันของน้ำในการล้างทรายกรอง นอกเหนือจากการล้างทรายกรองโดยการขูดชั้นผิวของทรายกรองออกแล้วเติมทรายใหม่หรือเติมทรายเก่าที่ผ่านการทำความสะอาดดังได้เคยกล่าวถึงมาแล้วนั้น การประยุกต์เอาวิธีการล้างทรายโดยใช้แรงดันของน้ำมาใช้กับถังทรายกรองช้า เป็นเรื่องที่ควรได้รับความสนใจ Baumann, (17) ได้กล่าวถึงการใช้แรงดันของน้ำในการล้างทรายสำหรับถังกรองทั่วไปว่า ประกอบด้วยวิธีการหลัก 2 วิธี คือ การล้างทรายกรองโดยใช้แรงดันของน้ำย้อนชั้นทรายกรองในถังกรอง (Back washing) และการล้างทรายกรองโดยใช้แรงดันน้ำฉีดล้างผิวทรายกรองช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการล้าง (Surface washing) การใช้แรงดันของน้ำช่วยในการล้างถัง-ทรายกรองช้านี้จะมีส่วนช่วยลดภาระในการล้างทรายกรองของผู้ควบคุมระบบประปา ซึ่งอาจจะมีส่วนผลักดันให้ถังทรายกรองช้าประสบความสำเร็จมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การ-ล้างทรายกรองโดยใช้แรงดันของน้ำดันย้อนชั้นทรายกรองจากใต้ชั้นทรายยังไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ทั้งนี้ เนื่องจากถังทรายกรองช้าโดยทั่วไปมีขนาดใหญ่ การล้างด้วยวิธีนี้จะสิ้นเปลืองน้ำในการล้างจำนวนมาก อีกทั้งสารแขวนลอยส่วนใหญ่จะตกค้างเฉพาะบริเวณผิวของชั้นทรายกรองเท่านั้น การล้างทรายกรองด้วยการใช้แรงดันน้ำล้างย้อนจะทำให้ต้องสิ้นเปลืองน้ำในการล้างทรายกรองตลอดทั้งถังซึ่งบางส่วนอาจไม่มีสารแขวนลอยตกค้างอยู่เลย ดังนั้นจึงทำให้การใช้แรงดันของน้ำในการล้างทรายกรองของถังทรายกรองช้ามีขีดจำกัดในการใช้งาน จำเป็นต้องมีการดัดแปลงเครื่องมือมาใช้เพื่อให้การล้างย้อนเกิดขึ้นเฉพาะส่วนบนของชั้นทรายกรองหรือใช้การล้างโดยวิธีฉีดล้างบริเวณผิวชั้นทรายกรอง

Huisman, (13) ได้กล่าวถึงการใช้แรงดันของน้ำในการล้างทรายกรองไว้ว่า การประยุกต์ใช้แรงดันของน้ำในการล้างทรายกรองของถังทรายกรองช้า จะมีส่วนช่วยในการลดแรงงานและเวลาในการล้างทรายลงมาก และได้เสนอแนะเครื่องมือที่ใช้ล้างทรายกรองของถังทรายกรองช้าเฉพาะบริเวณผิวของชั้นทราย ดังภาพที่ 2.9 หลักการทำงานที่สำคัญของเครื่องมือดังกล่าว จะเป็นการใช้ท่อเหล็กที่ปลายด้านหนึ่งเป็นหัวฉีดน้ำด้วยแรงดันเสียบลงบริเวณผิวทรายกรองที่ต้องการล้างประมาณ 15-30 ซม. และคลอบด้วยกล่องรูป-กรวยฐานกว้างประมาณ 30 ซม. ลงบนพื้นที่ดังกล่าว ทำการฉีดล้างด้วยแรงดันของน้ำประมาณ 10-30 ม. พร้อมกับสูบน้ำล้างทรายกรองออกทางด้านบนของกล่อง (ดูภาพที่ 2.9 ประกอบ) เครื่องมือนี้จะติดตั้งตามความกว้างของถังกรอง มีหัวฉีดน้ำอยู่ห่างกันประมาณ 30 ซม. การล้างจะกระทำทีละช่วงจนตลอดความยาวของถังกรอง



ภาพที่ 2.9 เครื่องมือที่ใช้ในการล้างหน้าทรายของถังทรายกรองช้าแบบใช้แรงดันน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 ข้อได้เปรียบของระบบถังทรายกรองช้า

2.7.1 คุณภาพของน้ำที่กรองแล้ว ระบบถังทรายกรองช้าสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวะ โดยใช้ขบวนการกรองเพียงอย่างเดียว น้ำที่ผ่านการกรองแล้ว ไม่จำเป็นจะต้องเพิ่มสารเคมีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งอาจจะทำให้เกิดกลิ่นและรส

2.7.2 การก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การออกแบบระบบถังทรายกรองช้าแบบง่าย ๆ ใช้วัสดุท้องถิ่น และแรงงานของชาวบ้าน ภายในท้องถิ่นนั้น ๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักร และวัสดุที่จัดหามาจากภายนอกท้องถิ่น ระบบถังทรายกรองช้าจะไม่มีงานวางท่อที่ซับซ้อน อุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างและเป็นตัวชั้นกรอง (Filter media) ก็ไม่พิเศษมากนัก

2.7.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และการควบคุม ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดเฉพาะของถังทรายกรองช้า อยู่ที่การทำความสะอาดชั้นทรายกรองเท่านั้น ซึ่งในการทำความสะอาดชั้นทรายนั้น เราอาจจะใช้เครื่องมือเข้าช่วยหรือใช้คนงานล้างก็ได้ ในประเทศที่กำลังพัฒนามักจะนิยมใช้วิธีการหลังมากกว่า เพราะราคาถูก นอกจากนั้นในตัวถังทรายกรองช้าไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีอื่น ๆ เข้าช่วย และรวมทั้งน้ำมันเชื้อเพลิง อุปกรณ์ หรือวัสดุอื่น ๆ ด้วย

ผู้ควบคุมการทำงานของระบบถังทรายกรองช้าไม่จำเป็นต้องมีความรู้และความชำนาญมากนัก ซึ่งไม่เหมือนกับผู้ควบคุมการทำงานของถังทรายกรองเร็ว เพราะผู้ควบคุมจะต้องมีความรู้พอสมควร และการควบคุมการทำงานของระบบถังทรายกรองช้านั้น ก็ไม่จำเป็นต้องดูแลตรวจตราอย่างใกล้ชิด ด้วยเหตุที่ระบบการกรองของถังทรายกรองช้านั้น สามารถยืดหยุ่น (Flexibility) ในตัวเองได้ ดังนั้น จึงสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเล็ก ๆ น้อย ๆ ของน้ำดิบต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ สภาพภูมิอากาศ และความขุ่นมากในช่วงสั้น ๆ ได้ โดยที่ระบบในการกรองของมันยังคงใช้งานได้เหมือนเดิม

2.7.4 ในที่ที่มีปริมาณน้ำใช้จำกัดระบบถังกรองทรายช้าจะมีข้อได้เปรียบกว่าระบบถังทรายกรองเร็ว เพราะเหตุว่าเมื่อถึงจุดที่จะต้องทำการล้างถังทรายกรองแล้ว จะใช้ปริมาณน้ำที่มาล้างทรายน้อยมาก และน้อยครั้งกว่าเมื่อเทียบกับระบบถังทรายกรองเร็ว ซึ่งจะต้องล้างทรายทุก ๆ 2-3 วัน สิ้นเปลืองน้ำประมาณ 2-3% จากปริมาณของน้ำที่กรองได้

2.7.5 การย่อยสลายของตะกอน ระบบถังทรายกรองช้า จะมีปัญหาน้อยมาก เกี่ยวกับการเก็บกักตะกอน การเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน และการย่อยสลายตะกอน ซึ่งเกิดกับระบบถังทรายกรองเร็ว สำหรับตะกอนของระบบถังทรายกรองช้า มักจะตกอยู่ที่ชั้นบนสุดของชั้นทราย สามารถกำจัดได้อย่างง่ายดาย และตะกอนของระบบถังทรายกรองช้าสามารถใช้ปรุงแต่งคุณภาพของดิน และใช้ในการปรับสภาพของดินเหนียว

2.8 ข้อจำกัดของการใช้ระบบถังทรายกรองช้า

2.8.1 ถังทรายกรองช้าต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างมาก

2.8.2 ในบางประเทศปัจจัยในการก่อสร้าง เช่น แรงงาน และวัสดุ มีผลต่อราคาก่อสร้างถังทรายกรองช้า ทำให้มีราคาสูงกว่าถังทรายกรองเร็ว เช่น ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ราคาค่าก่อสร้างถังทรายกรองช้า สูงกว่าถังทรายกรองเร็วถึง 3 เท่า สำหรับขนาดกำลังผลิตที่เท่ากัน

2.8.3 สำหรับในกรณีที่ค่าแรงงานในท้องถิ่นมีราคาสูง ถังทรายกรองเร็วสามารถนำอุปกรณ์อัตโนมัติมาลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการได้

2.8.4 ในประเทศที่มีอากาศหนาวมาก การควบคุมการแข็งตัวของน้ำในถังกรองของถังทรายกรองช้า กระทำได้ยากกว่าถังทรายกรองเร็ว เนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่ามาก

2.8.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ของน้ำโดยทันที หรือการเกิดมลภาวะทางน้ำของอุตสาหกรรม จะทำให้ถังทรายกรองช้า เกิดการล้มเหลวในการทำงานได้ง่าย

2.8.6 การแก้ปัญหาการเกิดแอลจี ในถังทรายกรองช้า กระทำได้ยากและต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่าถังทรายกรองเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย