

濾過處理過程의 一般的 性質에 對하여 (2)

General Nature of Filtration Process

李 龍 宰
(現代建設株式會社 技術事業部次長)

“물이 濾過池를 通過할 때 Flow의 水理”
Poiseuille(1842)와 Darcy(1865)의 研究에 依하여, 砂層을 물이 通過할 때 flow는 Pipe를 通해서 흐르는 물의 flow에 關한 支配因子와 같은 因子가 支配하고 있음을 認識해 왔다. 아주 작은 空隙(徑 0.02—0.1mm)의 tube에 對해 實驗한 Poiseuille는 流體의 低抗이 流體의 速度와 Pipe의 長이에 直接 比例하며 徑의 自乘에 逆比例함을 알았다. 그 式을 보면,

$$h = \frac{32\mu L_p v}{gD^2} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 μ =流體의 粘性, L_p =Pipe의 長이 v =流體의 速度, D =Pipe의 徑

G.M. Fair 와 L.P.Hatch는 물이 砂層을 通過할 때 흐름에 關한 法則을 더 明確하게 解明하기 爲하여 (1) 式을 가지고 研究를 하였다. 그러기 爲해 Poiseuille 法則의 數學的인 表現을 變形하면,

$$\frac{h}{L_p} = \frac{K\mu v^1}{gpD^2} \dots \dots \dots (2)$$

여기서, h =水柱로 表示한 損失水頭 K =Pipe flow의 Poiseuille 常數=32, g =重力加速度, μ =물의 absolute viscosity, p =물의 密度 pg =單位容積當 무게, v^1 =흐름의 平均流速, D =pipe의 徑.

(2)式에서 달한 法則은 次元單位로서 表現되었고, 長이, 무게, 時間의 System을 가지고 있다. 物理的인 常數 g, μ, p ,는 砂層을 通過하는 물의 흐름에 對해 適用한다. pipe 常數 k 는 砂層 常數로서 容易하게 對替할 수 있다.

그러나 나머지 因子인 速度, 長이, 徑은 砂層
※ 技術士 <建設部門>

에 對해 容易하게 얻어지지 않는다.

Fair 와 Hatch 는 “2個의 貯水池를 連結하는 長이가 같지 않은 “Pipe system”에 類似한 砂層床을 생각하였다. 그리고 砂層床의 空隙은 橫斷面에서 비슷하다고 假定하였다. “두個의 貯水池를 連結하는 “Pipe System”의 各個의 Pipe에 對한 常數 k, p, g, μ, D 및 h 를 보면 (2) 式에서 $L_p \cdot v^1$ 의 積이 常數임을 알 수 있게 된다. 그러므로 “Pipe system”에서 各個 Pipe의 實際長이 代身에 砂層床의 測定深度를 利用하는 것이 可能하다고 할 수 있으며 砂層의 全面積에 對한 接近流速을 空隙比 Pr 또는 $=v^1 \frac{v}{Pr}$ 로 나누어서 空隙을 통한 實際流速을 얻을 수 있게 된다. Fair 와 Hatch는 좀더 明確한 概念을 주는 水理學的 半徑 이라는 用語를 採擇하였고 Pipe의 橫斷面에 對한 周邊 長이(wetted perimeter)의 比로서 表現되는 水理學的 半徑으로 始作해서 이 概念을 變形하였다.

$$\text{水理學的半徑} = \frac{\text{砂의容積}}{\text{砂의表面積}} \times \frac{Pr}{1-Pr} = \frac{V}{A} \times \frac{Pr}{1-Pr} \dots \dots \dots (3)$$

(Hydraulic radius)

이 式을 適當히 代替시키면 (2) 式은 다음과 같이 된다.

$$\frac{h}{d} = \frac{k\mu v}{gpPr} \left(\frac{A}{V} \times \frac{1-Pr}{Pr} \right)^2 = \frac{k\mu v(1-Pr)^2}{gpPr^2} \times \left(\frac{A}{V} \right)^2 \dots \dots \dots (4)$$

여기서 v =砂層床의 全斷面積에 對한 接近流速, d =砂層床의 深度 (4) 式에 있어서 모든 變數는 直接的인 物理的測定을 하므로써 얻을 수 있지만 面積一體積比은 오직 間接的인 方法에 依하여서만 決定할 수 있다. 이 比에 包含된 因子의 評價는 砂層濾過와 砂層膨脹의 水理에 對한 어려운 問題點으로 登場해 왔다. 같은 Source에서 얻은 砂粒의 集合的인 差異는 크기와 表面積과 體積은 오직 크기와 모양의 函數임을 認識한 Fair 와 Hatch는 크기와 모양에 對한 概念을 생각하였다. 面積一體積의 比가 面積一體積 모양의 因子(area-volume shape factor)를 徑으로 나눈 값으로 나타난다는 事實로부터 表面積과 體積을 決定하게 되었다.

$$\frac{A}{V} = \frac{S}{D_s} \dots\dots\dots(5)$$

여기서 A =砂의 表面積, V =砂의 體積, S =area-volume shape factor, D_s =砂粒의 徑,

英國의 Martin 과 Bowes '에 依하여 研究한 結果를 根據로 Fair 와 Hatch는 細長度가 變하는 砂의 shape factor를 다음과 같이 提示하였다.

모래의모양	Shape factor, S	球形 factor에 對한 比
球形	6.0	1.00
둥근 것	6.1	1.02
마모된 것	6.7	1.12
날카로운 것	7.1	1.18
모난 것	9.0	1.50

1個 粒子의 面積一體積比로부터 Fair 와 Hatch는 100 gr의 層을 이루지 않는 砂層床에 對한 比率을 다음과 같이 求하였다.

$$\frac{A}{V} = \frac{Av}{100} \left(\sum \frac{W}{D_s} \right) \dots\dots\dots(6)$$

여기서 W =砂의 gr, $D_s = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$, D_1 과 D_2 는 隣接하여 있는 Sieve의 크기,

가만히 놓여 있는 砂層床을 물이 通過할 때의 흐름에 對한 分析에 덧붙여 Fair 와 Hatch는 洗滌過程에서 砂層을 물이 通過할 때의 흐름에 對한 研究도 行하였다. 이 過程에서 물의 흐름에 對한 基本的인 性質은 層으로 된 砂層을 물이 흐를때의 濾過의 性質과 類似하다. 勿論 물

의 흐름은 逆流이고 膨脹된 砂層床의 空間은 一定하지 않다. 이러한 概念을 갖이고 Fair 와 Hatch는 濾過池 砂層床의 膨脹에 對하여 公式를 생각해 냈다. 分析의 結果에 따라 兩氏는 砂層의 濾過와 膨脹에 關한 4個의 方程式을 誘導하였다.

濾過時: 層化되지 않는 砂層床에 對해

$$h = KdTFv \left(\frac{s}{100} \sum \frac{Wp}{Dm} \right)^2 \dots\dots\dots(7)$$

層化된 砂層에 對하여:

$$h = KdTFv \frac{s^2}{100} \left(\sum \frac{Wp}{Dm^2} \right) \dots\dots\dots(7)'$$

膨脹時:

$$E = KeTev \left(\frac{s}{Dm} \right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$de = d \left(\frac{1-Pr}{100} \right) \times \left(\sum \frac{Wp}{1-Pr,e} \right) \dots\dots(9)$$

여기서, h =물이 砂層床을 通過할때의 損失水頭, K =濾過常數

K_e =膨脹常數

d =濾過砂層의 垂直深度(膨脹 안한것)

de =膨脹한 濾過砂層의 垂直深度

$T = \frac{\mu}{\rho}$ = 溫度, 粘性-密度 factor μ 는 Viscosity ρ 는 密度

$Te = \frac{\mu}{\rho_r - \rho}$ = 溫度, 粘性-密度 factor 膨脹에 對한 것으로 ρ_r 의 값은 石英質 砂에서는 2.6~2.65 사이에 있다.

$F = \frac{(1-Pr)^2}{Pr^3}$ = 空隙 factor이며 P 는 砂層床의 空隙比이다.

$E = \frac{Pr,e^3}{1-Pr,e}$ = 膨脹特性으로 Pr,e 는 膨脹한 砂層床의 空隙比

v =砂層床의 全面積에 對한 接近流速

s =모래의 Shape factor

Dm =隣接하여 있는 Sieve의 크기의 幾何學的인 平均

Wp =隣接하여 있는 Sieve 사이에 머무는 모래의 % (무게로)

Fair와 Hatch에 依해 研究한 물의 흐름(濾過床을 通過할 때)에 對한 理論은 오직 깨끗한 모

래에 對하여서 단 關聯된다.

Roberts Hulbert 와 Douglas Feben 兩氏는 急速濾過池에 對한 水理問題를 研究하여 損失水頭에 對한 經驗公式를 展開하였다.

이 때 考慮한 事項은 砂粒의 크기 深度 空隙率 流量 및 水溫等이다. 兩氏는 空隙를 다음과 같이 求하였다.

$$\text{空隙率} = 100 - \frac{37.7W}{V} \dots\dots\dots(10)$$

(Porosity)

여기서 W =모래의 무게(gr), V =모래의 容積(cm^3)

空隙率을 맞이고 損失水頭는 다음式에 依하여 決定한다.

$$h = \frac{27}{10^5} \times \frac{dQ(73-P)}{D_s^{1.89}(\tau+20.6)} \dots\dots\dots(11)$$

여기서, h =損失水頭(ft), d =砂의 深度(in),

Q =流量(百萬(gal/acre/日)), P =空隙率,

D_s =砂粒의 크기(mm), τ =溫度($^{\circ}F$),

Fair 와 Hatch의 公式이나 Hulbert, Feben兩氏의 公式에 서도 求하기 가장 어려운 因子는 空隙率의 값이라는 것을 알 수 있다. 끝

技 術 相 談 室 案 內

韓國技術士會는

農業, 水産, 林業, 電氣, 機械, 化工, 纖維, 金屬, 鑛業, 船舶, 航空機, 建設, 應用理學의 13個 部門 345名(1回~10回)의 技術士로 構成, 技術士法에 依據하여 設立된 政府의 認可團體입니다. 技術士란?

國家考試에 合格하여 認定을 받은 科學技術界의 專門인 知識과 應用能力을 가진 技術의 權威이며 農業技術에서부터 工場管理에 이르는 相談·指導等에 關與하고 있습니다.

本誌는 讀者諸位와 좀더 가까운 벗이 되고자 하여 여러분의「技術相談室」을 마련하였습니다.

讀者께서 平素 技術의인 點에 對해 簡單히 問議하실 것이 있으시면, 本 相談室을 利用하여 주시기 바랍니다.

到着된 相談文은 內容에 따라 專門分野의 技術士에게 依賴하여 誠意있는 答을 드리겠습니다.

◇ 相談要領 ◇

問 議 書 : 200字 原稿紙 3枚 程度

相談方法 : 問議書의 解答은 本人에게 郵送通知하고, 本誌에 掲載 可能한 것은 次刊號에 掲載함.

相 談 料 : 無料

보내실 곳 : 서울特別市 中區 明洞 2街2-7 電話 (22) 8265·5866

韓國技術士會 事務局