รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรุงเทพมหานคร สำนักการระบายน้ำ. โครงการสำรวจระบบระบายน้ำพร้อมค่าระดับก้นท่อระบายน้ำเดิมในเขตพื้นที่บางพลัด. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียร์จำกัด, 2539.

กรุงเทพมหานคร สำนักการระบายน้ำ. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตดุสิตและเขตราชเทวี. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด และบริษัท ซินแคล์เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2541.

กรุงเทพมหานคร สำนักการระบายน้ำ. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตตลิ่งชันและเขตภาษีเจริญ. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียร์ จำกัด, 2541.

กรุงเทพมหานคร สำนักการระบายน้ำ. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่สุขุมวิท. กรุงเทพมหานคร: บริษัท วอเตอร์ดีเวิลลัฟเม็นท์ คอนซัลแท็นส์ จำกัด, 2541.

จุฑาทิพย์ ปาละ, กฟน.ใช้ GIS วางผังสาธารณูปโภครับปี 2000, วิศวกรรมสาร ปีที่52, เล่มที่10 (ตุลาคม 2542): 48-51.

ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และไตรรัตน์ ศรีวัฒนา. การป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำของมหานคร. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

นิติยา ทับทิม. การศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่กรุงเทพมหานครส่วนใน โดยวิธีการวอลลิงฟอร์ด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

พิสิฐ ศรีวรานันท์. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการปรับปรุงระบบระบายน้ำในเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

วีระพล แต้สมบัติ. หลักอุทกวิทยา.กรุงเทพมหานคร ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์,2528.

วีระพล แต้สมบัติ. อุทกวิทยาประยุกต์.กรุงเทพมหานคร ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์,2531.

สมคิด บัวเพ็ง. วิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. ฝ่ายวิชาการและแผนงานน้ำบาดาล กองน้ำบาดาล, 2541.

สมบัติ เทียนชัย. การติดตามและประเมินผลการจัดส่งน้ำในโครงการชลประทานเจ้าพระยาตอนบน โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.

อุบลวรรณ เจนพานิชทรัพย์. การปรับปรุงเกณฑ์การวิเคราะห์ฝนออกแบบสำหรับกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ภาษาอังกฤษ

Ben Chie Yen. Rainfall-runoff Process on Urban Catchments and Its Modelling. Urban Drainage Modelling. (Maksimovic C. and M. Redojkovic). Pergamon Press Ltd., A. Wheaton & Co.Ltd., Great Britain, 1986.

Boyle S.J., Tsanis I.k., Member, ASCE, and P.S. Kanaroglou. Developing Geographic Information System for Land Use Impact Assessment in Flooding Conditions. Journal of Water Resources Planning and Management. (March/April 1998): 89-97.

Buntz R.,GIS Project Manager BTG, Inc./Delta Research Division. Integrating the HEC RAS Hydraulic Model with ArcView GIS. ArcUser. (April-June 1998): 15-17.

Chow V.T., Maidment D.R., and Mays L.W. Applied Hydrology. (n.p.): McGraw-Hill Book Company, 1988.

De Roo.A.P.J. Modelling runoff and sediment transport in catchments using GIS. Journal of Hydrological Processes Vol.12 (1998): 905-922.

ESRI. Using ArcView GIS Ver.3.0a, New York street, California, USA: Environmental Systems Research Institute,Inc., 1996.

ESRI. Using the ArcView Spatial Analyst Ver.1.0, New York street, California, USA: Environmental Systems Research Institute,Inc., 1996.

ESRI. Using Avenue, New York street, California, USA: Environmental Systems Research Institute,Inc., 1996.

Henderson J.A., Molacek R.W., Buzzard C.F., and Carlton D.K.,P.E. GIS and The Floodplain Management Planning Process in Washington State. ESRI User Conference (1998): CD/HTML/TO150/PAP149/P149.HTM.

Henrik G. M., Morten R. MIKE 11 GIS. www.dhi.dk/mike11/m11gis/M11GIS.htm, 1999.

Host-Madse J., Ammentorp H.C. Flood watch. www.dhi.dk/mike11/m11fw/m11fw.htm, 1999.

Hydraulics Research Limited. Using Hydroworks Ver.3.3, Wallingford U.K.: Hydraulics Research Limited, 1997.

Kibler, D.F. Urban Stormwater Hydrology. Am.Gevph Union. Water Resource Monograph Series. U.S.A, 1982.

Mark O., Kallken T.V., Rabbi K., Kjelds J. A Mouse GIS Study of the drainage in Dhaka city. ESRI User Conference (1997) : CD/CONTENT/PROC97/TO500/PAP487/P487.HTM.

Maksimovic C., Radojkovic M. Urban Drainage Modelling. Faculty of Civil Engineering. University of Belgrade. Yugoslavia, 1986.

Mays L.W. Water Resources Handbook. Department of Civil and Environmental Engineering Arizona State University Tempe, Arizona. McGraw-Hill Book Company, 1996.

Murtagh J., National Remote Sensing Center,UK and Cheesman P., Intermediary System. Practical Application of Laser Altimeter Data in the Insurance Industry: Laser Altimetry and Flood Risk Assessment. GIM International. (6 October 1999): 6-9.

National Water Council. Design and Analysis of Urban Storm Drainage. Vol. 1: Principles, Methods and Practice. NWC, London, 1981.

Phipps S.P., Robbins C. Integrating GIS for Better Hydrologic and Hydraulic Modelling. ESRI User Conference (1998) : CD/HTML/TO50/PAP024/P24.HTM.

Sirivilai Kanchanaharn. Application of Flood Plain Mapping and Risk Assessment by the Integration of Fused Multisensor Remote Sensing Derived Information within a GIS. Thesis AIT No.SR97-12, 1997.

Shah Alamgir. The Application of Remote Sensing and GIS to the Impact Assessment and resource Management of Flood Control, Drainage and Irrigation Project:A case study of Meghna Dhonagoda Irrigation Project,Bangladesh. Thesis AIT No.SR97-2, 1997.

Souphanh Gnabanhdith. Application of Remote Sensing and GIS for Urban Drainage System Management : A Case Study of Vientiane Municipality. Thesis AIT No.SR97-7, 1997.

Tor Bernhardsen. Geographic Information Systems. Norwegian Mapping Authority, 1992.

Xue R.Z., Bechtel T. J. Integration of Stormwater Runoff and Pollutant Model with BMP Assessment Model Using Arcview GIS. ESRI User Conference (1997): CD/CONTENT/PROC97/TO700/PAP656/P656.HTM.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

อธิบายที่มาของสมการพื้นฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

อธิบายที่มาของสมการพื้นฐาน (governing equation)

1) สมการต่อเนื่อง (continuity equation) หาได้จากกฎการคงตัวของมวลสาร ถ้าพิจารณามวลสารของน้ำที่ไหลผ่านช่วงน้ำสั้นๆ (dx) จะได้ว่า ผลรวมของมวลสารที่ผ่าน control surface (C.S.) จะเท่ากับ อัตราการเปลี่ยนแปลงของมวลสารใน control volume (C.V.) ดังนั้นสมการการต่อเนื่องสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\iint_{C.S.} \left(\rho \bar{V} . d\bar{A}\right) + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{C.V.} \rho \, dv = 0$$

จะได้

$$\left[\rho Q + \frac{\partial}{\partial x}(\rho Q)dx \right] - [\rho Q + \rho q dx] + \frac{\partial}{\partial t}(\rho A dx) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho Q)dx - \rho q dx + \frac{\partial}{\partial t}(\rho A dx) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \qquad \text{(ก-1)}$$

2) สมการการเคลื่อนที่ (momentum equation) จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของ Newton กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมในหนึ่งหน่วยเวลาของมวลสารจะมีค่าเท่ากับ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงภายนอกที่มีต่อมวลสารนั้น ดังนั้นสมการการเคลื่อนที่สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$F_s + \iiint_{C.V.} B\rho dv = \iint_{C.S.} V\left(\rho \bar{V} . d\bar{A}\right) + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{C.V.} V(\rho dv)$$

สำหรับการไหลในทิศทาง x จะได้

$$F_s + \iiint_{C.V.} B_x \rho dv = \iint_{C.S.} V_x\left(\rho \bar{V} . d\bar{A}\right) + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{C.V.} V_x(\rho dv) \qquad \text{(ก-2)}$$

external force สามารถหาได้จาก

$$F_{SX} = P - \left(P + \frac{\partial P}{\partial x} dx\right) - F_f \cos\phi + F_n \sin\phi \qquad \text{(ก-3)}$$

2.1) hydrostatic pressure ที่จุดใดๆ มีค่าเท่ากับ

$$P = \int_0^y \gamma(y-\eta)b(x,\eta)d\eta$$

และ

$$\frac{\partial P}{\partial x}dx = \frac{\partial}{\partial x}\left[\int_0^y \gamma(y-\eta)b(x,\eta)d\eta\right]dx$$

$$= \gamma\frac{\partial y}{\partial x}\left[\int_0^y bd\eta\right]dx$$

$$= \gamma A\frac{\partial y}{\partial x}dx$$

2.2) friction force มีค่าเท่ากับ

$$F_f\cos\phi = F_f = \gamma AS_f dx$$

2.3) gravity force มีค่าเท่ากับ

$$F_g = F_n\sin\phi = W\sin\phi$$

$$= \gamma A\frac{\partial z}{\partial x}dx = \gamma AS_0 dx$$

แทนค่าข้อ 2.1), 2.2), 2.3) และสมการ (ก-3) จะได้

$$F_{xx} = -\gamma A\frac{\partial y}{\partial x}dx - \gamma AS_f dx + \gamma AS_0 dx \qquad \text{(ก-4)}$$

momentum flux through control surface มีค่าเท่ากับ

$$\iint_{C.S.} V_x\left(\rho\vec{V}.d\vec{A}\right) = \rho\frac{\partial}{\partial x}(QV)dx - \rho qV_x dx \qquad \text{(ก-5)}$$

rate of change of momentum in control volume มีค่าเท่ากับ

$$\frac{\partial}{\partial t}\iint_{C.V.} V_x\rho dv = \frac{\partial}{\partial t}[V\rho Adx] \qquad \text{(ก-6)}$$

แทนค่าสมการ (ก-4), (ก-5) และ (ก-6) ในสมการ (ก-2) จะได้

$$-\gamma A\frac{\partial y}{\partial x}.dx-\gamma AS_f dx+\gamma AS_0 dx+0=\rho\frac{\partial}{\partial x}(QV)dx-\rho qV_x dx+\frac{\partial}{\partial t}[V\rho Adx]$$

$$\rho\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)-\rho qV_x+\rho\frac{\partial Q}{\partial t}+\gamma A\frac{\partial y}{\partial x}+\gamma AS_f-\gamma AS_0=0$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)-qV_x+\frac{\partial Q}{\partial t}+gA\frac{\partial y}{\partial x}+gAS_f-gAS_0=0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)-Ag\left(S_0-\frac{\partial y}{\partial x}-S_f\right)-qV_x=0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\left(S_f-S_0+\frac{\partial y}{\partial x}\right)=qV_x \qquad \text{(n-7)}$$

จากสมมติฐานของ Saint-Venant เป็นการไหลในหนึ่งมิติ ดังนั้นอัตราการไหลด้านข้างในสมการที่ n-1 และ n-7 เท่ากับศูนย์ จะได้

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=0 \qquad \text{(n-8)}$$

และ

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\left(S_f-S_0+\frac{\partial y}{\partial x}\right)=0 \qquad \text{(n-9)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

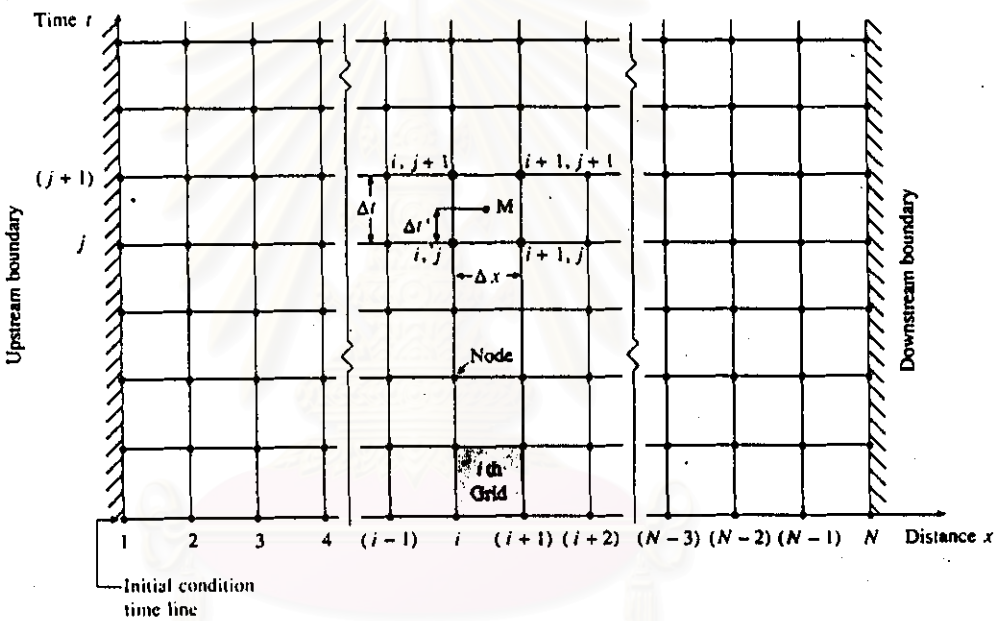
อธิบายที่มาของสมการอนุพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

อธิบายที่มาของสมการอนุพันธ์ (finite difference equation)

ในการจำลองการไหลของน้ำในท่อ อธิบายด้วยสมการพื้นฐานซึ่งอยู่ในรูปสมการอนุพันธ์ (finite difference equation) ในการแก้สมการเหล่านี้ โดยวิธีเชิงตัวเลข (numerical solution) ต้องทำให้สมการเหล่านี้อยู่ในรูปสมการอนุพันธ์โดยปริยาย (implicit finite difference equation) สำหรับทุกๆ จุดในเวลานั้น และใช้วิธี 4-point ในการหาค่าจุดต่างๆ ที่อยู่ใกล้จุด M ดังรูปที่ ข-1



รูปที่ ข-1 วิธี 4-point, x-t solution plane

ถ้าให้การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและระดับน้ำแสดงด้วย u เทียบกับเวลาจะใช้ค่าเฉลี่ยของ finite difference ที่ระยะทางจุด i และ i+1 โดยจุด M อยู่กึ่งกลางระหว่าง i และ i+1 มีค่าเท่ากับ

$$\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{u_i^{j+1} + u_{i+1}^{j+1} - u_i^j - u_{i+1}^j}{2\Delta t}$$

สำหรับการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับระยะทาง และให้ค่าตัวลัดส่วนการเฉลี่ย (weighting factor) θ ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงระยะทาง จะได้

$$\frac{\partial u}{\partial x} \approx \theta \frac{u_{i+1}^{j+1} - u_i^{j+1}}{\Delta x} + (1-\theta)\frac{u_{i+1}^{j} - u_i^{j}}{\Delta x}$$

และค่าเฉลี่ยของ u มีค่าเท่ากับ

$$\bar{u} = \theta \frac{u_i^{j+1} + u_{i+1}^{j+1}}{2} + (1-\theta)\frac{u_i^{j} + u_{i+1}^{j}}{2}$$

ค่า $\theta = \Delta t'/\Delta t$ ของจุด M ตามแนวตั้งในรูป เมื่อ θ =0 จุด M อยู่ที่เวลา j จะใช้ fully explicit ขณะที่ θ =1 ใช้ fully implicit จุด M อยู่ที่เวลา j+1 ดังนั้นวิธี implicit ใช้ค่า θ อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0

จากการประมาณค่าด้วยวิธี 4–point ตามข้างต้น นำมาแทนค่าในสมการการไหลแบบพลศาสตร์ (dynamic routing) ของ Saint-Venant จะได้สมการต่อเนื่อง ดังนี้

$$\theta\left(\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x_i}\right) + (1-\theta)\left(\frac{Q_{i+1}^{j} - Q_i^{j}}{\Delta x_i}\right) + \frac{A_i^{j+1} + A_{i+1}^{j+1} - A_i^{j} - A_{i+1}^{j}}{2\Delta t_j} = 0 \qquad \text{(ข-1)}$$

สำหรับสมการโมเมนตัมเท่ากับ

$$\frac{Q_i^{j-1} + Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j} - Q_{i+1}^{j}}{2\Delta t_j} + \theta\left[\frac{(Q^2/A)_{i+1}^{j+1} - (Q^2/A)_i^{j+1}}{\Delta x_i} + g\bar{A}_i^{j+1}\left(\frac{y_{i+1}^{j+1} - y_i^{j+1}}{\Delta x_i} + (\bar{S}_f)_i^{j+1}\right)\right]$$

$$+ (1-\theta)\left[\frac{(Q^2/A)_{i+1}^{j} - (Q^2/A)_i^{j}}{\Delta x_i} + g\bar{A}_i^{j}\left(\frac{y_{i+1}^{j} - y_i^{j}}{\Delta x_i} + (\bar{S}_f)_i^{j}\right)\right] = 0 \qquad \text{(ข-2)}$$

โดย

$$\bar{A}_i = \frac{A_i + A_{i+1}}{2}$$

จากสมการแมนนิ่ง (Manning's equation) หาค่า S_f

$$(\bar{S}_f)_i = \frac{\bar{n}_i^2 |\bar{Q}_i| \bar{Q}_i}{2.208 \bar{A}_i^2 \bar{R}_i^{4/3}}$$

ตัวแปร g, Δx_i เป็นตัวแปรที่ทราบค่า ส่วน Q^{j+1}_i, Q^{j+1}_{i+1}, y^{j+1}_i, y^{j+1}_{i+1}, A^{j+1}_i และ A^{j+1}_{i+1} เป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ดังนั้นนำ Δx_i คูณทั้งสมการที่ ข-1 และ ข-2 จะได้สมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมดังนี้

$$\theta\left(Q_{i+1}^{j+1}-Q_i^{j+1}\right)+(1-\theta)\left(Q_{i+1}^{j}-Q_i^{j}\right)+\frac{\Delta x_i}{2\Delta t_j}\left[A_i^{j+1}+A_{i+1}^{j+1}-A_i^{j}-A_{i+1}^{j}\right]=0 \qquad \text{(ข-3)}$$

$$\begin{aligned}
&\frac{\Delta x_i}{2\Delta t_j}\left(Q_i^{j+1}+Q_{i+1}^{j+1}-Q_i^{j}-Q_{i+1}^{j}\right)\\
&\theta\left\{\left(\frac{Q^2}{A}\right)_{i+1}^{j+1}-\left(\frac{Q^2}{A}\right)_{i}^{j+1}+g\overline{A}_i^{j+1}\left[y_{i+1}^{j+1}-y_i^{j+1}+\left(\overline{S}_f\right)_i^{j+1}\Delta x_i+\left(\overline{S}_e\right)_i^{j+1}\Delta x_i\right]\right\}\\
&(1-\theta)\left\{\left(\frac{Q^2}{A}\right)_{i+1}^{j}-\left(\frac{Q^2}{A}\right)_{i}^{j}+g\overline{A}_i^{j}\left[y_{i+1}^{j}-y_i^{j}+\left(\overline{S}_f\right)_i^{j}\Delta x_i\right]\right\}=0
\end{aligned} \qquad \text{(ข-4)}$$

จากสมการที่ ข-3 และ ข-4 มีค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอยู่ 4 ตัวคือ Q^{j+1}_i, Q^{j+1}_{i+1}, y^{j+1}_i, y^{j+1}_{i+1} และตัวแปรที่ไม่ทราบค่านี้มีกำลังที่ไม่เท่ากับหนึ่ง ดังนั้นสมการนี้เป็นสมการไม่เชิงเส้น (nonlinear) สมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมพิจารณาแต่ละจุดของ N-1 ตามรูปที่ ข-1 ระหว่างขอบเขตด้านเหนือน้ำที่จุด i =1และขอบเขตด้านท้ายน้ำที่จุด i =N ซึ่งจะได้ 2N-2 สมการ และในแต่ละจุด N มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าสองตัว (Qและy) ดังนั้นมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าทั้งหมด 2N ตัว โดยทั่วไปเงื่อนไขที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำมีกราฟปริมาณน้ำไหลเข้า ขณะที่ด้านท้ายน้ำมีกราฟระดับน้ำและอัตราการไหล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

อธิบายที่มาของการหาคำตอบของสมการอนุพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

อธิบายที่มาของการหาคำตอบของสมการอนุพันธ์ (finite difference solution)

การแก้ปัญหาของสมการอนุพันธ์ (finite difference solution) ระบบสมการไม่เชิงเส้นแสดงเป็นฟังก์ชั่นในรูปของตัวที่ไม่ทราบค่า y และ Q ที่เวลา j+1 จะได้

$UB(y_1,Q_1)=0$ ที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำ

$C_1(y_1,Q_1,y_2,Q_2)=0$ สมการต่อเนื่องที่จุด1

$M_1(y_1,Q_1,y_2,Q_2)=0$ สมการโมเมนตัมที่จุด1

$\vdots$

$C_i(y_i,Q_i,y_{i+1},Q_{i+1})=0$ สมการต่อเนื่องที่จุด i

$M_i(y_i,Q_i,y_{i+1},Q_{i+1})=0$ สมการโมเมนตัมที่จุด i

$\vdots$

$C_{N-1}(y_{N-1},Q_{N-1},y_N,Q_N)=0$ สมการต่อเนื่องที่จุด N-1

$M_{N-1}(y_{N-1},Q_{N-1},y_N,Q_N)=0$ สมการโมเมนตัมที่จุด N-1

$DB(y_N,Q_N)=0$ ที่ขอบเขตด้านท้ายน้ำ (ค-1)

จะได้สมการไม่เชิงเส้นจำนวน 2N และจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 2N ตัว ซึ่งการแก้สมการจะใช้วิธีนิวตันราฟสัน (Newton-Raphson) มีขั้นตอนการคำนวณเริ่มจากเวลา j+1 โดยการทดลองใส่ค่าตัวที่ไม่ทราบค่า 2N ตัว ซึ่งค่า Q และ y จะเป็นตัวแปรที่ทราบค่าในเวลา j จากเงื่อนไขเริ่มต้นหรือจากการคำนวณในเวลาที่เกิดขึ้นก่อน การทดลองใส่ค่าในสมการที่ ค-1 ทำให้มีค่าส่วนที่เหลือ (residual) อยู่จำนวน 2N ค่า สามารถแสดงค่าส่วนที่เหลือของการทำซ้ำ k ครั้ง ได้ดังนี้

$UB(y^k_1,Q^k_1)=RUB^k$ ส่วนที่เหลือที่ขอบเขตด้านเหนือน้ำ

$C_1(y^k_1,Q^k_1,y^k_2,Q^k_2)=RC^k_1$ ส่วนที่เหลือสมการต่อเนื่องที่จุด1

$M_1(y_1,Q_1,y_2,Q_2)= RM^k_1$ ส่วนที่เหลือสมการโมเมนตัมที่จุด1

$\vdots$

$C_i(y^k_i,Q^k_i,y^k_{i+1},Q^k_{i+1})= RC^k_i$ ส่วนที่เหลือสมการต่อเนื่องที่จุด i

$M_i(y^k_i,Q^k_i,y^k_{i+1},Q^k_{i+1})= RM^k_i$ ส่วนที่เหลือสมการโมเมนตัมที่จุด i

$\vdots$

$C_{N-1}(y^k_{N-1},Q^k_{N-1},y^k_N,Q^k_N)= RC^k_{N-1}$ ส่วนที่เหลือสมการต่อเนื่องที่จุด N-1

$M_{N-1}(y^k_{N-1},Q^k_{N-1},y^k_N,Q^k_N)= RM^k_{N-1}$ ส่วนที่เหลือสมการโมเมนตัมที่จุด N-1

$DB(y^k_N,Q^k_1)= RDB^k$ ส่วนที่เหลือที่ขอบเขตด้านท้ายน้ำ (ค-2)

การหา Q และ y จะทำซ้ำจนกระทั่งค่าส่วนที่เหลือเท่ากับศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์ จากสมการที่ ค-2 แสดงในรูปของเวคเตอร์จะได้ f(x) = 0 โดย x = $(Q_1,y_1,Q_2,y_2,\ldots,Q_N,y_N)$ เป็นเวคเตอร์ที่ไม่ทราบค่า และจำนวนทำซ้ำเป็น k จะได้ดังนี้

$$f(x^{k+1}) \approx f(x^k) + J(x^k)\,(x^{k+1}-x^k)$$

โดย $J(x^k)$ คือ Jacobian เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของเมตริกซ์ที่ได้จากอนุพันธ์ย่อยของ f(x) ที่ x^k ส่วนค่า $f(x^{k+1})$ เป็นค่าส่วนที่เหลือจะเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจะได้

$$J(x^k)\,(x^{k+1}-x^k) = -f(x^k)$$

ในการแก้สมการ $(x^{k+1}-x^k) = \Delta x^k$ จะปรับค่า x^{k+1} เพื่อจะได้รู้ค่า Δx^k แล้วทำซ้ำไปจนกระทั่งค่า $(x^{k+1}-x^k)$ มีค่าความผิดพลาดน้อยยอมรับได้ จัดสมการที่ ค-1 และ ค-2 ให้อยู่ในระบบสมการจะได้

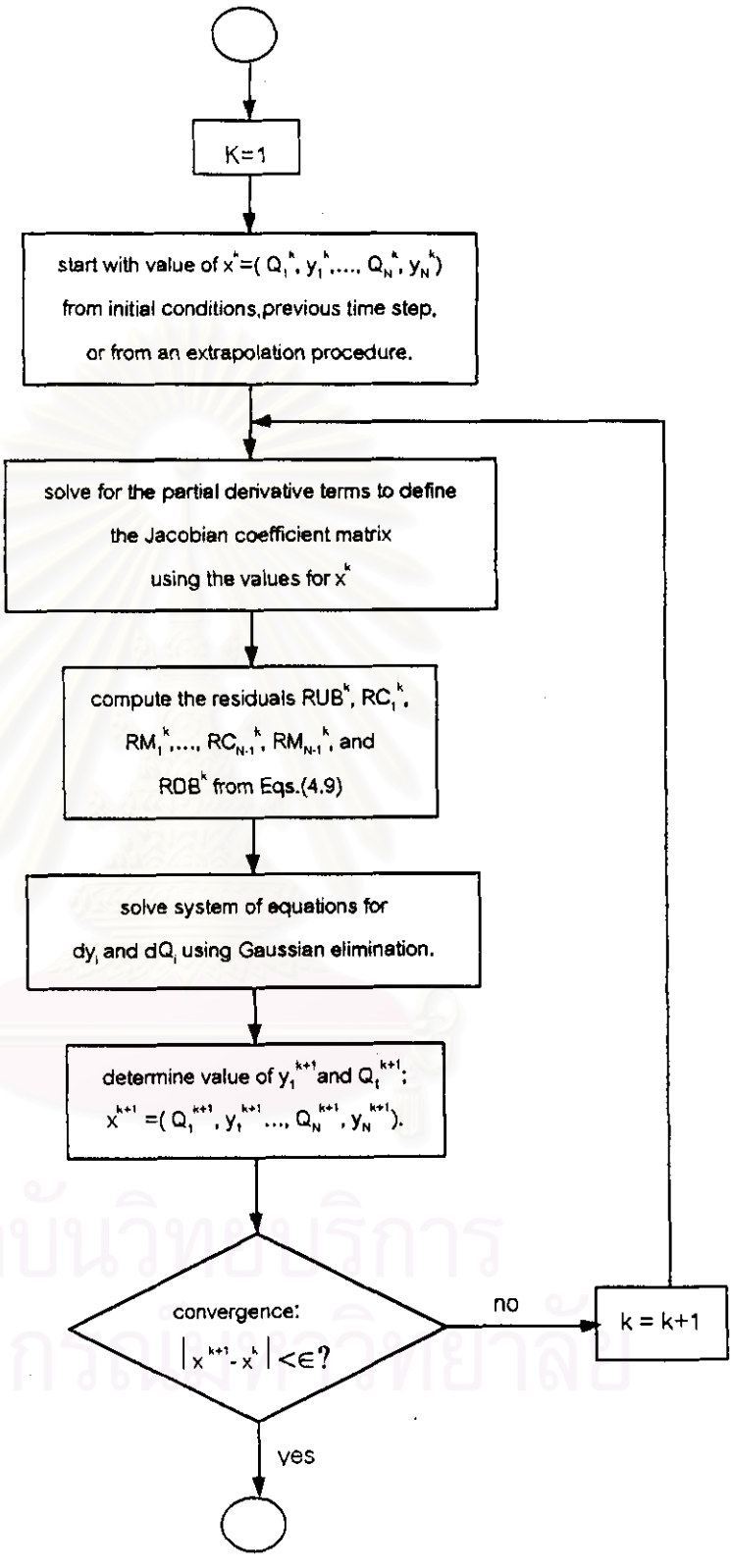
$$\begin{aligned}
&\frac{\partial UB}{\partial y_1}dy_1 + \frac{\partial UB}{\partial Q_1}dQ_1 = -RUB^k \\
&\frac{\partial C_1}{\partial y_1}dy_1 + \frac{\partial C_1}{\partial Q_1}dQ_1 + \frac{\partial C_1}{\partial y_2}dy_2 + \frac{\partial C_1}{\partial Q_2}dQ_2 = -RC_1^k \\
&\vdots \\
&\frac{\partial C_i}{\partial y_i}dy_i + \frac{\partial C_i}{\partial Q_i}dQ_i + \frac{\partial C_i}{\partial y_{i+1}}dy_{i+1} + \frac{\partial C_i}{\partial Q_{i+1}}dQ_{i+1} = -RC_i^k \\
&\frac{\partial M_i}{\partial y_i}dy_i + \frac{\partial M_i}{\partial Q_i}dQ_i + \frac{\partial M_i}{\partial y_{i+1}}dy_{i+1} + \frac{\partial M_i}{\partial Q_{i+1}}dQ_{i+1} = -RM_i^k \\
&\vdots \\
&\frac{\partial C_{N-1}}{\partial y_{N-1}}dy_{N-1} + \frac{\partial C_{N-1}}{\partial Q_{N-1}}dQ_{N-1} + \frac{\partial C_{N-1}}{\partial y_N}dy_N + \frac{\partial C_{N-1}}{\partial Q_N}dQ_N = -RC_{N-1}^k \\
&\frac{\partial M_{N-1}}{\partial y_{N-1}}dy_{N-1} + \frac{\partial M_{N-1}}{\partial Q_{N-1}}dQ_{N-1} + \frac{\partial M_{N-1}}{\partial y_N}dy_N + \frac{\partial M_{N-1}}{\partial Q_N}dQ_N = -RM_{N-1}^k \\
&\frac{\partial DB}{\partial y_N}dy_N + \frac{\partial DB}{\partial Q_N}dQ_N = -RDB^k
\end{aligned} \qquad \text{(ค-3)}$$

ตัวอย่างการนำสมการที่ ค-3 ประยุกต์ใช้กับทางน้ำที่มีการแบ่งทางน้ำได้ 5 จุดมีช่วงระยะทาง 4 ช่วง ซึ่งจัดให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ จะได้ดังนี้

$$
\begin{array}{l}
\textit{Upstream} \\
\textit{boundary} \\
C_1 \\
M_1 \\
C_2 \\
M_2 \\
C_3 \\
M_3 \\
C_4 \\
M_4 \\
\textit{Downstream} \\
\textit{boundary}
\end{array}
\begin{bmatrix}
\frac{\partial UB}{\partial y_1} & \frac{\partial UB}{\partial Q_1} & & & & & & & & & \\
\frac{\partial C_1}{\partial y_1} & \frac{\partial C_1}{\partial Q_1} & \frac{\partial C_1}{\partial y_2} & \frac{\partial C_1}{\partial Q_2} & & & & & & & \\
\frac{\partial M_1}{\partial y_1} & \frac{\partial M_1}{\partial Q_1} & \frac{\partial M_1}{\partial y_2} & \frac{\partial M_1}{\partial Q_2} & & & & & & & \\
 & & \frac{\partial C_2}{\partial y_2} & \frac{\partial C_2}{\partial Q_2} & \frac{\partial C_2}{\partial y_3} & \frac{\partial C_2}{\partial Q_3} & & & & & \\
 & & \frac{\partial M_2}{\partial y_2} & \frac{\partial M_2}{\partial Q_2} & \frac{\partial M_2}{\partial y_3} & \frac{\partial M_2}{\partial Q_3} & & & & & \\
 & & & & \frac{\partial C_3}{\partial y_3} & \frac{\partial C_3}{\partial Q_3} & \frac{\partial C_3}{\partial y_4} & \frac{\partial C_3}{\partial Q_4} & & & \\
 & & & & \frac{\partial M_3}{\partial y_3} & \frac{\partial M_3}{\partial Q_3} & \frac{\partial M_3}{\partial y_4} & \frac{\partial M_3}{\partial Q_4} & & & \\
 & & & & & & \frac{\partial C_4}{\partial y_4} & \frac{\partial C_4}{\partial Q_4} & \frac{\partial C_4}{\partial y_5} & \frac{\partial C_4}{\partial Q_5} & \\
 & & & & & & \frac{\partial M_4}{\partial y_4} & \frac{\partial M_4}{\partial Q_4} & \frac{\partial M_4}{\partial y_5} & \frac{\partial M_4}{\partial Q_5} & \\
 & & & & & & & & \frac{\partial DB}{\partial y_5} & \frac{\partial DB}{\partial Q_5} &
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix} dy_1 \\ dQ_1 \\ dy_2 \\ dQ_2 \\ dy_3 \\ dQ_3 \\ dy_4 \\ dQ_4 \\ dy_5 \\ dQ_5 \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} -RUB \\ -RC_1 \\ -RM_1 \\ -RC_2 \\ -RM_2 \\ -RC_3 \\ -RM_3 \\ -RC_4 \\ -RM_4 \\ -RDB \end{bmatrix}
$$

การหาคำตอบของผลต่าง (dy และ dQ) จะใช้วิธีการแบบเกาส์ (Gaussian elimination) หรือส่วนกลับของเมตริกซ์ในการแก้สมการ โดยการกำหนดค่า dy_i และ dQ_i สำหรับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าของการทำซ้ำที่ (k+1) จะได้ $y_i^{k+1} = y_i^k + dy_i$ และ $Q_i^{k+1} = Q_i^k + dQ_i$ ทำซ้ำไปจนกระทั่งมีค่าผลต่างน้อย ตามรูปที่ ค-1 ขั้นตอนการแก้สมการด้วยวิธีนิวตันราฟสัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการแก้สมการดิฟเฟอร์เรนเชียลด้วยวิธีนิวตันราฟสันที่ช่วงเวลาหนึ่ง

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks และตัวอย่างการจำลองระบบระบายน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks และตัวอย่างการจำลองระบบระบายน้ำ

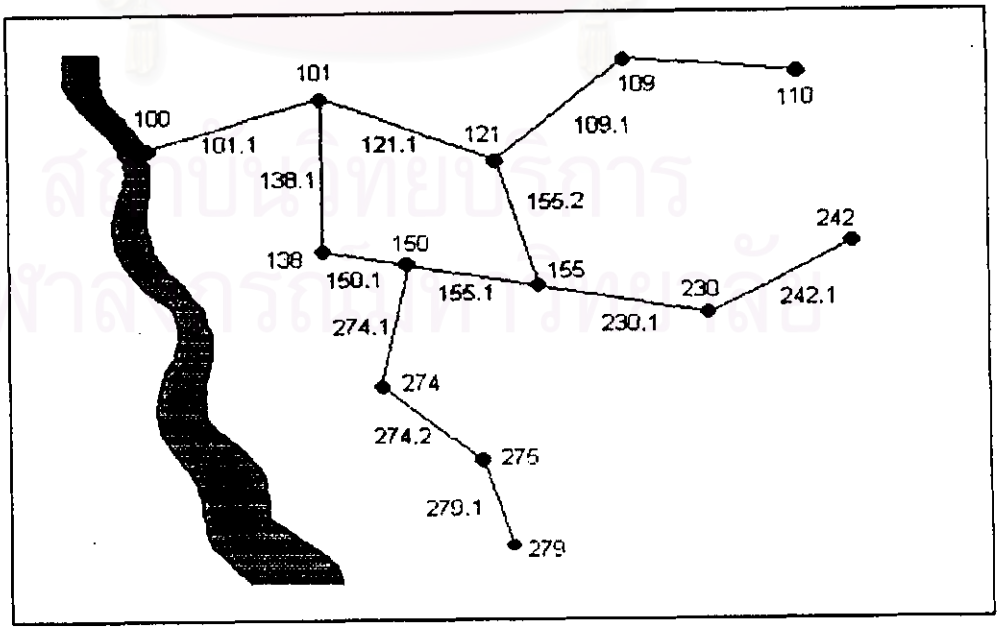
ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks ประกอบด้วยข้อมูล

- จุดรับน้ำ (node) และท่อ/ทางน้ำ (link)
- อาคารชลศาสตร์ (control structure)
- พารามิเตอร์ของการไหล (runoff parameter)
- ปริมาณน้ำฝน (rainfall)
- ปริมาณน้ำท่า (runoff) และอัตราการไหล (discharge)

ง-1 ข้อมูลจุดรับน้ำและท่อ/ทางน้ำ (node and link data) แฟ้มข้อมูล *.dsd

การกำหนดหมายเลขจุดรับน้ำ และท่อ/ทางน้ำ มีหลักการดังนี้คือ

1) การกำหนดหมายเลขจุดรับน้ำ ในแต่ละจุดสามารถกำหนดเป็นตัวเลขได้ถึง 5 หลัก ในระบบหนึ่งๆ ต้องมีจุดทางออกอย่างน้อย 1 จุด
2) การกำหนดหมายเลขท่อ/ทางน้ำ ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่าง 2 จุดโดยการกำหนดตามหมายเลขของจุดรับน้ำและตามด้วย .1 ในกรณีที่มีท่อมากกว่า 1 ท่อที่จุดรับน้ำเดียวกัน หมายเลขท่อจะกำหนดด้วยหมายเลขของจุดรับน้ำและตามด้วย .1, .2, .3,... เรียงตามลำดับความสัมพันธ์ของการระบายน้ำโดยให้ท่อต่ำสุดเป็น .1 และ .2 สำหรับท่อที่อยู่สูงต่อไป ตัวอย่างการกำหนดหมายเลข จุดรับน้ำและท่อ/ทางน้ำดังรูปที่ ง-1



รูปที่ ง-1 ตัวอย่างการกำหนดหมายเลขท่อ/ทางน้ำ

การแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย มีรายละเอียดดังนี้

- พื้นที่รับน้ำย่อยถูกสมมติให้ระบายน้ำลงสู่บ่อพัก (manhole) โดยตรง
- ไม่จำเป็นต้องมีพื้นที่รับน้ำระบายน้ำลงสู่ทุกๆ บ่อพัก
- ข้อมูลพื้นที่รับน้ำควรศึกษาจากแผนที่มาตราส่วน 1:1,250 หรือ 1:2,500
- พื้นที่รับน้ำย่อยกำหนดให้ไม่เกิน 10 ตารางกิโลเมตร

การใส่ข้อมูลจุดรับน้ำ จะใส่หลังจากใส่แถว (record) ของหัวข้อ (header) แล้วดังรูปที่ ง-2 แบ่งได้ดังนี้

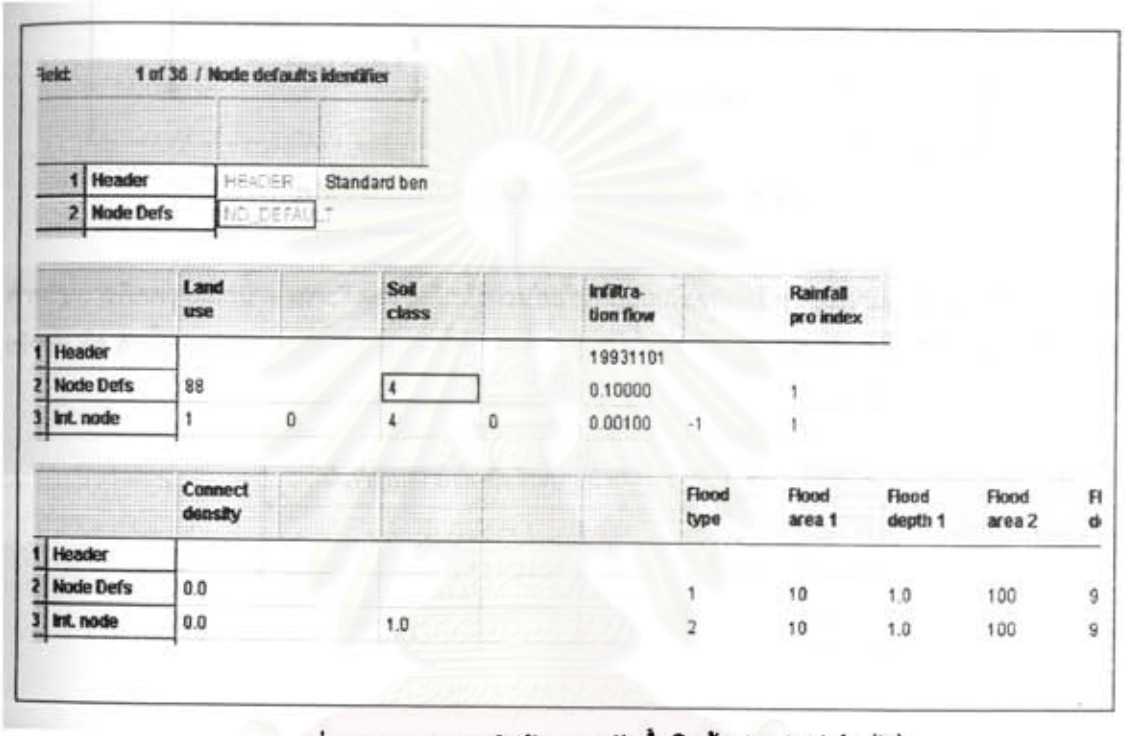
1) จุดรับน้ำเริ่มต้น (node defaults) เป็น record เก็บข้อมูลเกี่ยวกับจุดรับน้ำ ไว้ใช้สำหรับจุดรับน้ำภายในที่ไม่มีการใส่ข้อมูล โปรแกรมจะใช้ค่านี้เป็นค่าเริ่มต้น ซึ่งในแต่ละแฟ้มข้อมูลมี record นี้เพียง 1 record เท่านั้น
2) จุดรับน้ำภายใน (internal node) เป็น record ข้อมูลจุดรับน้ำภายในแต่ละจุดของระบบระบายน้ำ
3) บ่อน้ำ (pond) เป็น record ข้อมูลบ่อน้ำหรืออ่างเก็บน้ำในแต่ละจุดของระบบระบายน้ำ
4) จุดน้ำออก (outfall) เป็น record ข้อมูลจุดน้ำออกในแต่ละจุดของระบบระบายน้ำ
5) จุดรับน้ำสรุป (node tail) เป็น record สรุปการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำ โดยโปรแกรมทำการคำนวณ ซึ่งในแต่ละแฟ้มข้อมูลมี record นี้เพียง 1 record เท่านั้น

		Node referenc	Map ref (Sq)	Map ref (E)	Map ref (N)	Ground level	Contribu-ting area	Land use inde:	Popula-tion	Soil class
1	Header	HEADER	AREA DF+ IN_D+ IN_F							
2	Node Defs	ND_DEFA						5		5
3	Int. node	C10102		5890	3290	0.65	0.944			
4	Int. node	C10302		5470	3300	0.66	0.976			
5	Pond	POC501		5720	2950	0.53		-0.960	80384.00	0.040
6	Outfall	CDOF01		5670	4305	0.57				
7	Node tail	NODES	497	19	376.0	1	13	56510		
8	Cond. defs	CN_DEFA						-55.00	-55.00	
9	Conduit	C50401.2	C10102	40	CIRC	1500				
10	Conduit	C10102.1	C10104	180	CIRC	1500				
11	Comment	COMMEN	Added link data pumping station C5							
12	Fixed Pump	PU_C5/1.8	OF_C5/1		-1.030	-1.280	120	1.000		0
13	Sluice	PU_C5/1.7	OF_C5/1	GATE	-2.530	2.000	0.60	0.000	10	0
14	Link tail	LINKS	END OF LINKS DATA							
15	Comment	COMMEN								
16										

รูปที่ ง-2 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำและท่อ/ทางน้ำ (node and link data)

จุดรับน้ำเริ่มต้น (node defaults) ดังรูปที่ ง-3 ประกอบด้วย

1. ประเภทของดิน (soil class) โดยค่าที่ใช้คือ 1, 2, 3, 4 และ 5
2. ค่าดัชนีของฝน (rainfall profile index) โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล *.red
3. การกำหนดประเภทของการคำนวณน้ำที่ไหลล้นออกจากจุดรับน้ำ (flood type) แบ่งได้ 3 อย่าง คือ



Field: 1 of 36 / Node defaults identifier

1	Header	HEADER	Standard ben
2	Node Defs	NO_DEFAULT	

		Land use		Soil class		Infiltration flow		Rainfall pro index
1	Header					19931101		
2	Node Defs	88		4		0.10000		1
3	Int. node	1	0	4	0	0.00100	-1	1

		Connect density				Flood type	Flood area 1	Flood depth 1	Flood area 2	Fl d
1	Header									
2	Node Defs	0.0				1	10	1.0	100	9
3	Int. node	0.0		1.0		2	10	1.0	100	9

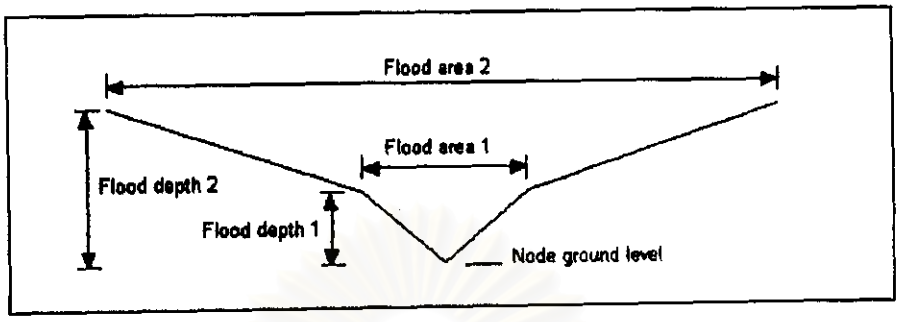
รูปที่ ง-3 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำเริ่มต้น (node defaults)

หมายเลข 0 คือ บ่อพักน้ำถูกปิด (sealed manhole)

หมายเลข 1 คือ พื้นที่น้ำท่วม (flooded area) เมื่อน้ำล้นออกจากจุดรับน้ำ และจะไหลกลับสู่จุดรับน้ำเมื่อระดับน้ำที่จุดรับน้ำนั้นลดลง ถ้าใช้การจำลองแบบนี้ต้องใส่ค่าเพิ่มเติมดังรูปที่ ง-4 ดังนี้

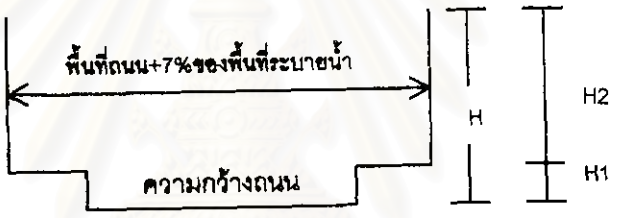
- พื้นที่น้ำท่วมที่ระดับ1 (flood area1) เป็นส่วนแรกของการขยายตัวของน้ำล้นขึ้นมาจากจุดรับน้ำบนพื้นดิน โดยใส่ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดของจุดรับน้ำนั้น
- ความลึกน้ำท่วมที่ระดับ1 (flood depth1) เป็นค่าความลึกของน้ำท่วมที่กระจายในพื้นที่น้ำท่วมที่ระดับ1 มีหน่วยเป็นเมตร
- พื้นที่น้ำท่วมที่ระดับ2 (flood area2) เป็นส่วนที่สองของการขยายตัวของน้ำขึ้นมาจากพื้นที่น้ำท่วมที่1 ถึงความลึกน้ำท่วมที่2 โดยใส่ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดของจุดรับน้ำนั้น
- ความลึกน้ำท่วมที่ระดับ2 (flood depth2) เป็นค่าความลึกของน้ำท่วมที่กระจายในพื้นที่น้ำท่วมที่ระดับ2 มีหน่วยเป็นเมตร

หมายเลข 2 คือ น้ำสูญเสียออกจากระบบ (Water lost) เมื่อน้ำล้นออกจากจุดรับน้ำ จะไม่ไหลกลับสู่จุดรับน้ำนั้นอีก



รูปที่ ง-4 การใส่ค่าปริมาตรน้ำท่วม (flood volume)

สำหรับการคิดความลึกน้ำท่วมจะคิดความลึกน้ำท่วมในพื้นที่ถนนหรือซอย โดยคิดความสูงฟุตบาทที่ 0.2 เมตร เท่านั้น คือ ถ้าน้ำท่วมในถนนเกิน 0.2 เมตร น้ำจะเข้าไปท่วมในพื้นที่อีก 7 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่รับน้ำดังรูปที่ ง-5



รูปที่ ง-5 การคิดความลึกน้ำท่วม

(ที่มา: โครงการสำรวจออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่สุขุมวิท, 2541)

หมายเหตุ : H=H1+H2

H1 = ความลึกของน้ำท่วมขังในถนน และ H2 = ความลึกน้ำท่วมขังในพื้นที่อาคารข้างถนน

ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่า flood area1 เท่ากับ 7%, flood depth1 เท่ากับ 0.2 เมตร, flood area2 เท่ากับ 100% และ flood depth2 เท่ากับ 0.3 เมตร

จุดรับน้ำภายใน (internal node) ดังรูปที่ ง-6 ประกอบด้วย

1. หมายเลขจุดรับน้ำ (node reference) ใส่ได้ 8 ตัวอักษร
2. ตำแหน่งของจุดรับน้ำ (map reference) ใส่ได้ 5 ตำแหน่ง
3. ค่าระดับพื้นดิน (ground level) หน่วย ม.รทก.
4. พื้นที่รับน้ำ (contributing area) หน่วยเป็น เฮกเตอร์ (1 เฮกเตอร์ = 10,000 ตารางเมตร)
5. ค่าดัชนีของฝน (rainfall profile index) โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล *.red
6. ค่าดัชนีของน้ำท่า (runoff index) โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล *.rpf เพื่อการคำนวณหาปริมาณน้ำท่า

		Node reference	Map ref (Sq)	Map ref (E)	Map ref (N)	Ground level	Contribu-ting area	Land use index	Popula-tion	Soil class	I
4	Int. node	82_090				25.45	3.710	1	0	2	
5	Int. node	82_095				22.65	6.780	1	0	2	
6	Int. node	82_100				15.59	6.470	1	0	2	
7	Int. node	82_110				12.82	0.500	1	0	2	

	Infiltra-tion flow	Infilt flow index	Rfall pro index	Surface 1 area	% contrib 1	Runoff index 1	Pollution index 1	Surface 2 area	% contrib 2	Runoff index 2	Pol ind
4	0.00545	-1	1	0.371	10	10	1	0.371	10	20	2
5	0.00997	-1	1	1.085	16	10	1	0.610	9	20	2
6	0.00951	-1	1	0.712	11	10	1	0.647	10	20	2
7	0.00074	-1	1	0.090	18	10	1	0.000	0	20	2

	Reservoir lag time	Connect density	Manhole level 1	Manhole area 1	Manhole level 2	Manhole area 2	Flood type	Flood area 1	Flood depth 1	Flood area 2	Flo dep
4		0.0		7.6			1	10	0.1	10	99.
5		0.0		5.4			1	16	0.1	16	99.
6		0.0		1.2			1	11	0.1	11	99.
7		0.0		1.2			1	18	0.1	18	99.

รูปที่ ง-6 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำภายใน (internal node)

7. ความลาดชันของพื้นที่ (ground slope) ถ้าไม่ใส่โปรแกรมคำนวณจากผลต่างระหว่างค่าระดับพื้นดินของจุดเหนือน้ำกับท้ายน้ำและหารด้วยความยาวของท่อ
8. ความยาวของพื้นที่รับน้ำ (catchment length) หน่วยเมตร ถ้าไม่ใส่โปรแกรมจะใช้ค่าที่เป็นรัศมีของพื้นที่รับน้ำที่จุดรับน้ำนั้นโดยการสมมติว่าพื้นที่รับน้ำเป็นวงกลม
9. ปริมาตรเก็บกักที่จุดรับน้ำ (manhole level และ manhole area) มีการบอกค่าระดับน้ำและพื้นที่จำนวน 2 คู่อันดับ
10. การกำหนดประเภทของการคำนวณน้ำที่ไหลออกจากจุดรับน้ำ (flood type) เหมือนจุดรับน้ำเริ่มต้น

บ่อน้ำ (pond) เป็นจุดรับน้ำที่มีการเก็บกักน้ำ การใส่ค่าของอ่างเก็บกักจะใส่เป็นคู่อันดับของระดับน้ำและพื้นที่ ซึ่งใส่ได้ 7 จุด โดยจุดแรกเป็นค่าเริ่มต้นที่ก้นบ่อ มีการใส่ค่าดังรูปที่ ง-7 ประกอบด้วย

1. หมายเลขจุดรับน้ำ (node reference) ใส่ได้ 8 ตัวอักษร
2. ตำแหน่งของจุดรับน้ำ (map reference) ใส่ได้ 5 ตำแหน่ง
3. ค่าระดับพื้นดิน (ground level) หน่วย ม.รทก.
4. ค่าดัชนีของฝน (rainfall profile index) จะใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล *.red
5. คู่อันดับระดับน้ำ (stage) และพื้นที่ (area) ใส่ได้ 7 คู่อันดับ โดยค่าระดับน้ำมีหน่วยเป็นเมตร และพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร

	Node reference	Map ref (Sq)	Map ref (E)	Map ref (N)	Ground level	Rainfall pro index	Stage 1	Area 1	Stage 2	Area 2
Pond	POND		4000	2000	40.00		30.000	10.00	31.000	10.00

รูปที่ ง-7 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลบ่อน้ำ (pond)

จุดน้ำออก (outfall) ดังรูปที่ ง-8 ประกอบด้วย

1. หมายเลขจุดรับน้ำ (node reference) ใส่ได้ 8 ตัวอักษร
2. ตำแหน่งของจุดรับน้ำ (map reference) ใส่ได้ 5 ตำแหน่ง
3. ค่าระดับพื้นดิน (ground level) หน่วย ม.รทก.

		Node reference	Map ref (Sq)	Map ref (E)	Map ref (N)	Ground level
103	Outfall	-1				7.60

รูปที่ ง-8 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดน้ำออก (outfall)

จุดรับน้ำสรุป (node tail) เป็นการสรุปจุดรับน้ำโดยการคำนวณของโปรแกรม หลังจากที่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (validate data) ดังรูปที่ ง-9 ประกอบด้วย

1. จำนวนจุดรับน้ำภายใน (internal nodes)
2. จำนวนจุดน้ำออก (outfalls)
3. พื้นที่รับน้ำทั้งหมด (contributing area) หน่วย เฮกเตอร์
4. จำนวนตัวนีของฝน (rainfall profiles)
5. จำนวนของตัวนีการใช้ที่ดิน (land uses)

		Internal nodes	Outfalls	Contrib area	Rainfall profiles	Land uses	Total pop.	
101	Int. node	1_250			7.20	2.430	1	0
102	Int. node	1_260			3.67	0.050	1	0
103	Outfall	-1			7.60			
104	Node tail							

รูปที่ ง-9 ตัวอย่างจุดรับน้ำสรุป (node tail) ที่ได้จากการตรวจสอบของโปรแกรม

การใส่ข้อมูลท่อ/ทางน้ำ จะใส่หลังจากใส่จุดรับน้ำสรุปดังรูปที่ ง-2 แบ่งได้ดังนี้

1) ท่อ/ทางน้ำเริ่มต้น (link defaults) เป็น record เก็บข้อมูลเกี่ยวกับจุดรับน้ำ ไว้ใช้สำหรับจุดรับน้ำภายในที่ไม่มีการใส่ข้อมูล โปรแกรมจะใช้ค่านี้เป็นค่าเริ่มต้น ซึ่งในแต่ละแฟ้มข้อมูลมี record นี้เพียง 1 record เท่านั้น
2) ท่อ/ทางน้ำ (link data) เป็น record ข้อมูลท่อ/ทางน้ำ ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างจุดรับน้ำ 2 จุด โดยหมายเลขท่อจะเป็นจุดรับน้ำที่เหนือน้ำ (รูปที่ ง-1)
3) อาคารชลศาสตร์ใช้ในการควบคุมน้ำ (control structure) เป็น record ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมน้ำ เช่น เครื่องสูบน้ำ ประตูน้ำ ทางระบายน้ำล้น และฝาย เป็นต้น
4) ท่อ/ทางน้ำสรุป (link tail) เป็น record สรุปการใส่ข้อมูลท่อ/ทางน้ำ โดยโปรแกรมทำการคำนวณ ซึ่งในแต่ละแฟ้มข้อมูลมี record นี้เพียง 1 record เท่านั้น

ท่อ/ทางรับน้ำเริ่มต้น (link defaults) ดังรูปที่ ง-10 ประกอบด้วย

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของท่อ/ทางน้ำ (roughness for bottom third และ top of conduit) โดยมีการใส่ค่าได้ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะเป็นค่าในส่วนที่หนึ่งในสามของท่อจากก้นท่อ และส่วนที่สองจะเป็นค่าในส่วนที่เหนือส่วนแรกขึ้นไป การใส่ค่าค่าสัมประสิทธิ์ของท่อมีการใส่ 2 แบบ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง (n) ของท่อ มีหน่วยเมตริก ค่าที่ใช้ใส่ในแบบจำลองเท่ากับ –1/n หรือใส่ตามค่าสัมประสิทธิ์ Colebrook- White ของท่อ โดยค่า Ks มีหน่วยมิลลิเมตร การใส่ค่าจะใส่ค่าโดยตรง
2. ประเภทของการสูญเสียหลักที่เหนือน้ำและท้ายน้ำ (headloss type) มี 3 อย่าง คือ
   - หมายเลข 0 กำหนดให้ไม่มีการสูญเสีย
   - หมายเลข 1 กำหนดให้มีการสูญเสียโดยทั่วไป
   - หมายเลข 2 กำหนดให้มีการสูญเสียมาก เช่นมีการโค้งของท่อที่ไม่ดี
3. ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียที่เหนือน้ำและท้ายน้ำ (headloss coefficient) เนื่องจากการโค้งงอของท่อ

							R-ness bottom	R-ness top	Sediment depth	Sedime type
Cond. defs	CN_DEFN	1					3.00	3.00	0	
Conduit	82_090.1	82_095	284	CIRC	450	450	1.50	1.50	0	0
Conduit	82_095.1	82_100	261	CIRC	450	450	1.50	1.50	0	0

	U/S type	U/S coeff		D/S type	D/S coeff
	1	1.00		1	1.00
24.630	1	6.00	21.040	1	1.00
21.040	1	6.67	13.040	1	1.00

รูปที่ ง-10 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลท่อน้ำเริ่มต้น (link defaults)

ท่อ/ทางน้ำ (lnk data) ดังรูปที่ ง-11 ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. ความยาวของท่อ (length) หน่วยเมตร มีค่าระหว่าง 5-500 เมตร

	Ref	D/S node	Length	Shape	Width	Height	Roughness bottom 1/3	Roughness top	Sediment depth	Sedi type
Conduit	82_090.1	82_095	284	CIRC	450	450	1.50	1.50	0	0
Conduit	82_095.1	82_100	261	CIRC	450	450	1.50	1.50	0	0

Solution model	U/S invert lev	U/S headloss ty	U/S hloss coeff	U/S set effic	D/S invert lev	D/S hloss type	D/S hloss coeff	D/S set effic	Gradient	Capacity
	24.830	1	8.00		21.040	1	1.00		0.0126	0.322
	21.040	1	6.67		13.040	1	1.00		0.0307	0.531

รูปที่ ง-11 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลท่อ/ทางน้ำ (link data)

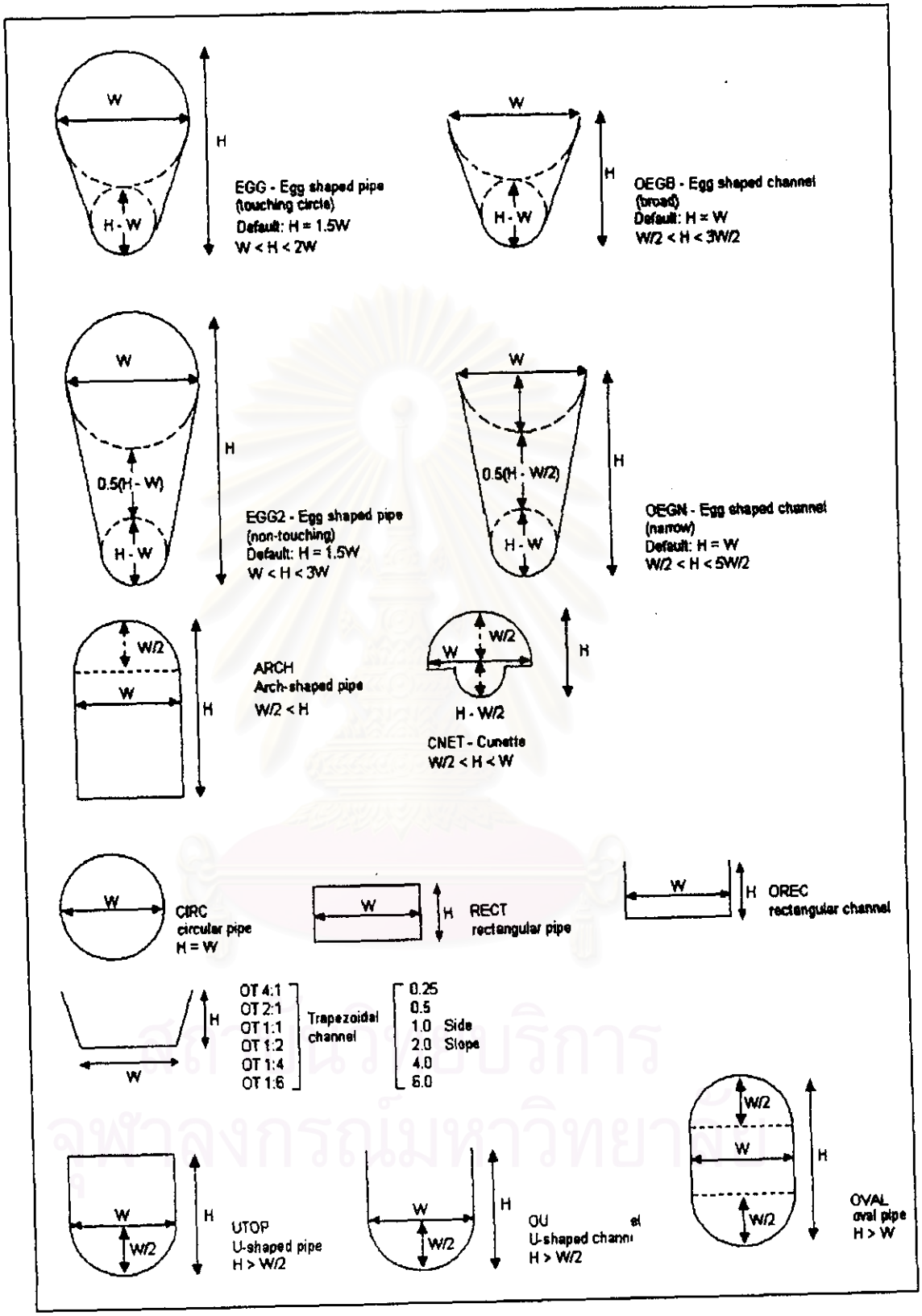
4. รูปร่างของท่อ/ทางน้ำ (shape) ที่มีในโปรแกรม โดยการใช้ตัวย่อดังรูปที่ ง-12 ตัวอย่างขนิดของท่อ/ทางน้ำแบบต่างๆ

- CIRC = circular
- RECT = rectangular
- OVAL = oval
- UTOP = U-shape
- EGG = touching circles
- EGG2 = non-touching circles
- CNET = cunette
- ARCH = arch-shaped
- OREC = rectangular
- OT4:1 OT2:1 OT1:1 OT1:2 OT1:4 OT1:6 = trapezoidal
- OU = U-shaped
- OEGB = broad egg-shaped
- OEGN = narrow egg-shaped

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ความกว้างของท่อ/ทางน้ำ (pipe width) ถ้าเป็นทางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูจะใช้ค่าที่ฐานของรูป ถ้าเป็นทางน้ำเปิดอื่นๆ จะใช้ค่าที่ส่วนบนของคลองหรือความกว้างที่ออกแบบให้มีค่ามีระดับน้ำสูงสุด สำหรับท่อจะใช้ความกว้างทั้งหมดของท่อ
6. ความสูงของท่อ (pipe height) สำหรับทางน้ำเปิดจะใช้ค่าความสูงที่ออกแบบให้มีค่าระดับน้ำสูงสุด สำหรับท่อจะใช้ความสูงทั้งหมดของท่อ
7. ค่าสัมประสิทธิ์ของท่อ/ทางน้ำ (roughness for bottom third และ top of conduit) จะเหมือนกับท่อ/ทางน้ำเริ่มต้น
8. ค่าระดับก้นท่อ (invert level) โดยไม่จำกัดว่าก้นท่อของจุดเหนือน้ำต้องสูงกว่าท้ายน้ำ หน่วย ม.รทก.
9. ประเภทของการสูญเสียหลัก (headloss type) จะเหมือนกับท่อ/ทางน้ำเริ่มต้น
10. ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียหลัก (headloss coefficient) จะเหมือนกับท่อ/ทางน้ำเริ่มต้น
11. ความลาดชัน (gradient) ใส่ค่าโดยตรงหรือให้โปรแกรมคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างจุดรับเหนือน้ำและท้ายน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง-12 ตัวอย่างชนิดของท่อ/ทางน้ำแบบต่างๆ (cross sections for pipes and channels)

สำหรับการสร้างแฟ้มข้อมูล (*.shp) เพื่อการอธิบายทางน้ำธรรมชาติที่ไม่มีรูปร่างตามที่กำหนด (รูปที่ ง-12) ดังนั้น ต้องใส่ข้อมูลเพิ่มเติมของแฟ้มข้อมูล (*.dsd) ดังรูปที่ ง-13

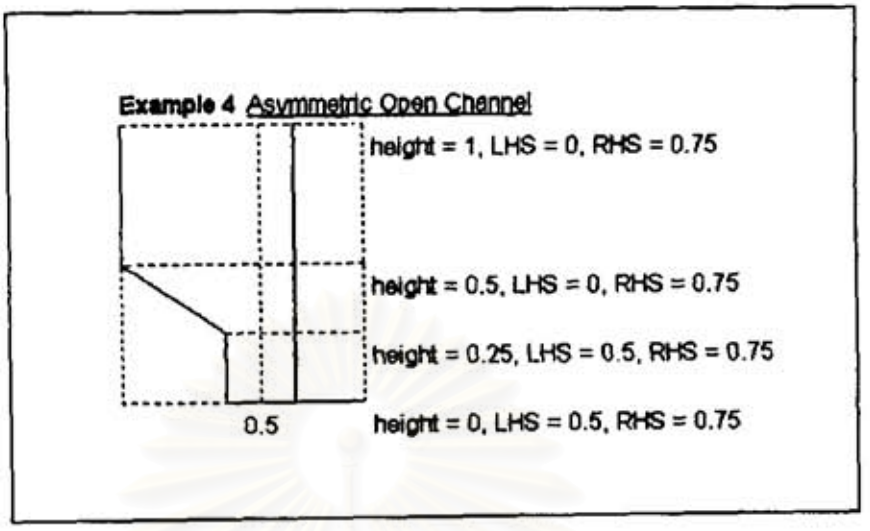
		Non-dim. height	LHS/ width	RHS
1	Header	SHP1	Example symmetrical pipe shape	
2	H-W data	0.000000	0.250000	
3	H-W data	0.100000	0.300000	
4	H-W data	0.250000	0.400000	
5	H-W data	0.500000	0.500000	
6	H-W data	0.600000	0.670000	
7	H-W data	0.750000	0.250000	
8	H-W data	0.900000	0.100000	
9	H-W data	1.000000	0.000000	
10	Terminator	END		
11	Header	SHP2	Example asymmetrical pipe shape	
12	H-W data	0.000000	0.250000	0.500000
13	H-W data	0.500000	0.250000	0.500000
14	H-W data	0.750000	0.000000	1.000000
15	H-W data	0.990000	0.000000	1.000000
16	H-W data	1.000000	0.500000	0.500000

รูปที่ ง-13 ตัวอย่างการใส่ค่าของทางน้ำธรรมชาติที่ไม่มีรูปร่างตามที่กำหนด

ประกอบด้วย

1. ชื่อรูปร่างของท่อ/ทางน้ำ (shape name) ใส่ได้ไม่เกิน 5 ตัวอักษร เช่น SHP1
2. ข้อมูลความกว้างและความสูง (height-width data) โดยค่าที่ใส่จะเป็นค่าแฟกเตอร์ในการหาความกว้างและความสูงของท่อ/ทางน้ำนั้น

- การบอกค่าความสูงแต่ละจุด มีค่าความกว้างไปทางซ้ายหนึ่งจุดและทางขวาหนึ่งจุด โดยในแต่ละหน้าตัดจะมีคู่อันดับความสูง-ซ้าย-ขวา ไม่เกิน 15 จุด การใส่ค่าแต่ละหน้าตัดจบด้วยการใส่ "END" ดังรูปที่ ง-14



รูปที่ ง-14 ตัวอย่างหน้าตัดของทางน้ำเปิด

ง-2 ข้อมูลอาคารชลศาสตร์ (control structure) แฟ้มข้อมูล *.dsd

อาคารชลศาสตร์ใช้ในการควบคุมน้ำ ในแบบจำลองสมมติให้ความยาวเท่ากับศูนย์ และต้องบอกทิศทางการไหลให้ถูกต้อง อาคารชลศาสตร์ที่ใช้ควบคุมน้ำ ได้แก่

orifice เป็นการใช้แผ่น plate ที่มีรูวงกลมในการควบคุมน้ำดังรูปที่ ง-15

	Link reference	D/S node	Orifice type	Invert level	Diameter	Discharge coeff	Limiting discharge	U/S set effic	D/S set eff
Orifice	TNK00082	82_200	ORIFIC	8.090	0.300	2.50	0.000		
Comment	COMMENT	The diameter of this orifice is set to the width of the pipe downstream (if any).							

รูปที่ ง-15 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล orifice

ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. ประเภทของ orifice มีดังนี้
   - orific เป็นค่ากำหนดใช้โดยทั่วไป

- vidorf เป็นค่าที่ใช้กับ real time control

4. ค่าระดับก้นท่อ (invert level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าที่ orifice เริ่มทำงาน
5. เส้นผ่าศูนย์กลางของ orifice (diameter) หน่วย เมตร
6. ค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่าน orifice (discharge coefficient)
7. การกำหนดอัตราการไหลที่มากที่สุดที่ไหลผ่านรู orifice (limiting discharge)

weir การใช้ฝายน้ำล้นเพื่อการกักเก็บน้ำดังรูปที่ ง-16

		Link reference	D/S node	Orifice type	Invert level	Diameter	Discharge coeff	Limiting discharge	U/S set effic	D. si
75	Weir	TNK00082	800_010	WEIR	8.580	4.310	0.50			

รูปที่ ง-16 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล weir

ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. ประเภทของ weir มีดังนี้
   - WEIR เป็นค่ากำหนดใช้โดยทั่วไป
   - VCWEIR เป็นค่าที่ใช้กับ real time control ของสันฝายที่มีค่าไม่คงที่
   - VWWEIR เป็นค่าที่ใช้กับ real time control ของความกว้างฝายที่มีค่าไม่คงที่
4. ค่าระดับของสันฝาย (crest level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าที่เริ่มทำงาน
5. ความกว้างฝาย (width) หน่วย เมตร
6. ค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านฝาย (discharge coefficient)

compound weir or orifice การใช้ฝายน้ำล้นที่มีรูปร่างเป็น V-notch หรือ แผ่น plate ที่มีรูที่ไม่เป็นวงกลม โดยบอกเป็นกราฟคู่อันดับดังรูปที่ ง-17

		Link reference	D/S node	Control type	I/C level			Minimum head	Head increm	U/S set effic
1	Compound	A1	B	COMPND	0.500				0.100	
		Link reference	D/S set effic	Number of entries	Discharge 1	Discharge 2	Discharge 3	Discharge 4	Discharge 5	Discharge 6
1	Compound	A1		5	0.000	0.500	1.000	3.000	7.000	

รูปที่ ง-17 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล compound weir or orifice

ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. ประเภทของ Compound weir or orifice โดยใช้ COMPND
4. ค่าระดับของสันฝายหรือก้นท่อ (invert/crest level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าที่เริ่มทำงาน
5. ความสูงที่น้อยที่สุด (minimum head) ที่มีอัตราการไหลเท่ากับศูนย์ หน่วยเมตร
6. ความสูงที่เพิ่มขึ้นจากความสูงที่น้อยที่สุด (head increment) หน่วยเมตร
7. จำนวนคู่อันดับของกราฟทั้งหมด (number of entires in table) โดยมีได้มากที่สุดเท่ากับ 15 คู่อันดับ
8. อัตราการไหลในแต่ละจุด (discharge) หน่วย ลบ.ม./วินาที

vortex ใช้ในการควบคุมน้ำคล้ายกับฝายน้ำล้น แต่จะแตกต่างกันที่ vortex จะใช้กับลักษณะการไหลที่แตกต่างกันในลองทิศทาง โดยบอกเป็นกราฟคู่อันดับดังรูปที่ ง-18

		Link reference	D/S node	Control type	I/C level
17	Vortex	POND1	D	VORTEX	34.200

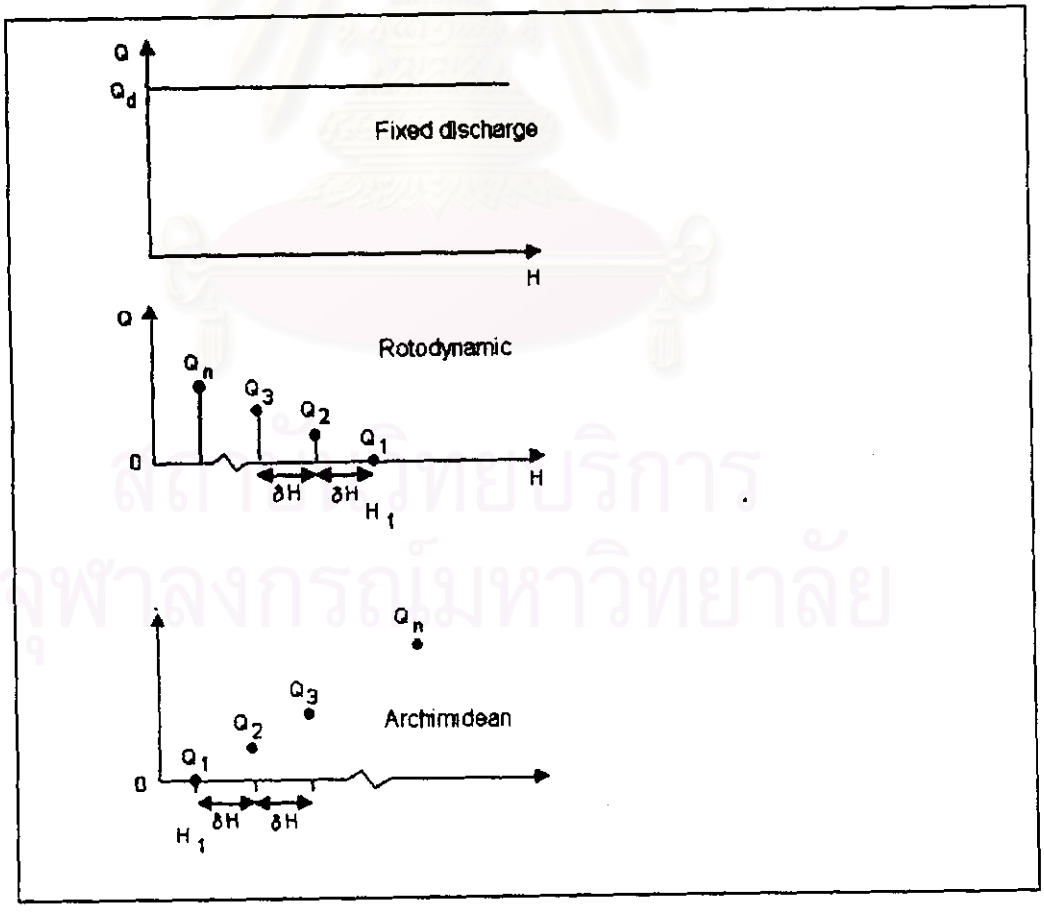
Minimum head	Head increm	U/S set effic	D/S set effic	Number of entries	Discharge 1	Discharge 2	Discharge 3
0.100	0.100			5	0.010	0.050	0.100

รูปที่ ง-18 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล vortex

ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. ประเภทของ compound weir or orifice โดยใช้ COMPND
4. ค่าระดับของสันฝายหรือก้นท่อ (invert/crest level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าที่เริ่มทำงาน
5. ความสูงที่น้อยที่สุด (minimum head) ที่มีอัตราการไหลเท่ากับศูนย์ หน่วยเมตร
6. ความสูงที่เพิ่มขึ้นจากความสูงที่น้อยที่สุด (head increment) หน่วยเมตร
7. จำนวนคู่อันดับของกราฟทั้งหมด (number of entires in table) โดยมีได้มากที่สุดเท่ากับ 15 คู่อันดับ
8. อัตราการไหลในแต่ละจุด (discharge) หน่วย ลบ.ม./วินาที

pump การใช้เครื่องสูบน้ำโดยการเปิด-ปิดของเครื่องสูบน้ำจากระดับน้ำที่จุดเหนือน้ำ การสูบน้ำจะเริ่มทำงานเมื่อระดับน้ำที่จุดนั้นสูงกว่าระดับน้ำเปิดที่ตั้งไว้และทำงานจนกระทั่งระดับน้ำลดต่ำลงถึงระดับน้ำปิดที่ตั้งไว้ โดยค่าระดับน้ำเปิดที่ตั้งไว้ต้องสูงกว่าค่าระดับน้ำปิดและต้องสูบน้ำจากทางด้านเหนือน้ำออกเสมอ ลักษณะการทำงานของเครื่องการสูบน้ำมี 4ประเภทดังรูปที่ ง-19 ดังนี้



รูปที่ ง-19 ประเภทของการสูบน้ำ (pump)

- Fixed discharge pump เป็นการกำหนดอัตราการไหลคงที่ในการทำงาน โดยไม่ขึ้นอยู่กับระดับน้ำ
- Rotodynamic pump เป็นการกำหนดกราฟอัตราการไหลและค่าความแตกต่างของระดับน้ำระหว่างจุดเหนือน้ำและท้ายน้ำในการทำงาน
- Variable speed pump ใช้ในการควบคุมน้ำที่มีการควบคุมต่อเนื่อง real time control
- Archimedean screw pump เป็นการกำหนดกราฟอัตราการไหลและระดับน้ำในการทำงาน โดยมีอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นกับระดับน้ำที่จุดเหนือน้ำเท่านั้น

การใส่ข้อมูลการสูบน้ำ (pump) ดังรูปที่ ง-20

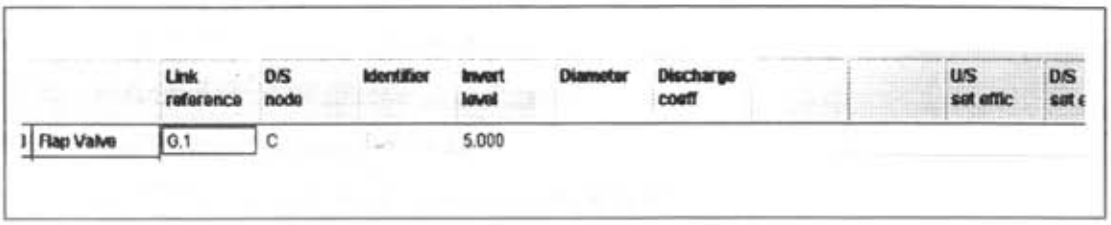
		Link reference	D/S node	Identifier	Switch on level	Switch off level	Time delay	Discharge
88	Fixed Pump	PMP00088	88_020	FIXPMP	7.160	6.310	1	0.075

รูปที่ ง-20 ตัวอย่าง การใส่ข้อมูลการสูบน้ำ (pump)

ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. การบอกประเภทการสูบน้ำ (identifier) เช่น
   - fixed pump โดยใช้ FIXPMP
   - variable speed pump โดยใช้ VSPPMP เหมาะกับ real time control
   - rotodynamic pump โดยใช้ ROTPMP
   - screw pump โดยใช้ SCRPMP
4. การกำหนดระดับน้ำของการเปิดเครื่องสูบน้ำ (switch-on level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าที่เริ่มทำงาน
5. การกำหนดระดับน้ำของการปิดเครื่องสูบน้ำ (switch-off level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าหยุดทำงาน
6. เวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่องสูบน้ำ (time delay) หน่วยวินาที
7. การกำหนดค่าอัตราการสูบน้ำ (discharge) หน่วย ลบ.ม./วินาที

flap valve ใช้ในการป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำภายในท่อดังรูปที่ ง-21



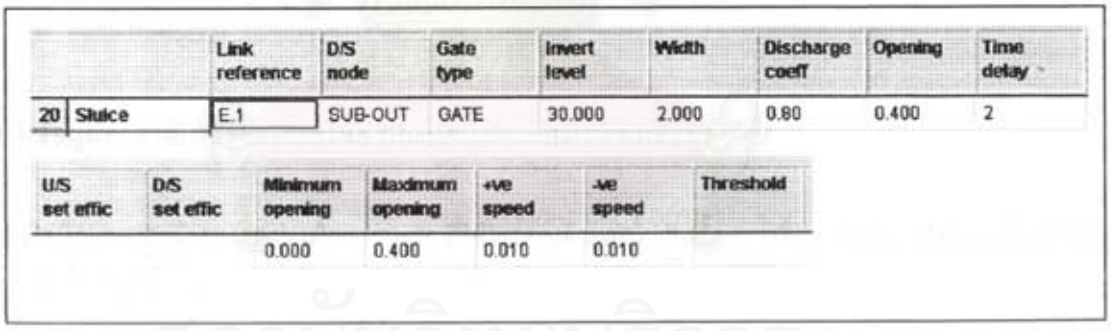
		Link reference	D/S node	Identifier	Invert level	Diameter	Discharge coeff		U/S set effic	D/S set e
]	Flap Valve	G.1	C		5.000					

รูปที่ ง-21 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล flap valve

ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. การบอกว่าเป็น flap valve (identifier) โดยใช้ FLAP
4. ค่าระดับของ flap valve (invert level) หน่วย เมตร เป็นค่าที่เริ่มทำงาน
5. เส้นผ่านศูนย์กลางของ flap valve (diameter) หน่วยเมตร
6. ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (discharge coefficient)

sluice gate ใช้ในการควบคุมการไหลออก โดยการกำหนดการเปิดให้คงที่ดังรูปที่ ง-22



		Link reference	D/S node	Gate type	Invert level	Width	Discharge coeff	Opening	Time delay
20	Sluice	E.1	SUB-OUT	GATE	30.000	2.000	0.80	0.400	2

U/S set effic	D/S set effic	Minimum opening	Maximum opening	+ve speed	-ve speed	Threshold
		0.000	0.400	0.010	0.010	

รูปที่ ง-22 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล sluice gate

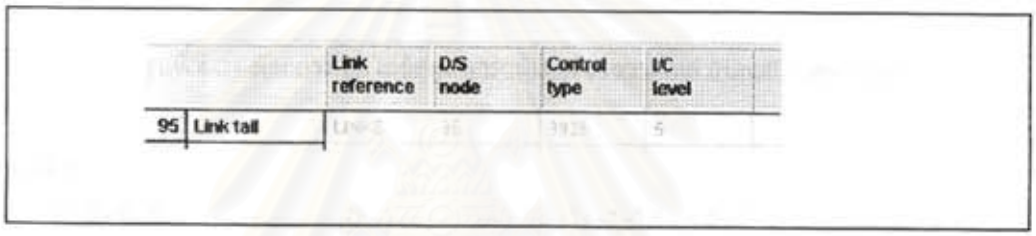
ประกอบด้วย

1. หมายเลขท่อ/ทางน้ำ (link reference) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร โดยใช้หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่เหนือน้ำของท่อและตามด้วย .1, .2 เป็นต้น
2. หมายเลขจุดรับน้ำที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ/ทางน้ำ (downstream node)
3. ประเภทของประตูน้ำ (gate type) เช่น
   - sluice gate โดยใช้ GATE
   - variable sluice gate โดยใช้ VSGATE เหมาะกับ real time control

4. ค่าระดับก้นของประตูน้ำ (invert level) หน่วย ม.รทก. เป็นค่าที่เริ่มทำงาน
5. ความกว้างของประตูน้ำ (width) หน่วยเมตร
6. ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (discharge coefficient)
7. การเปิดประตูน้ำ (opening) หน่วยเมตร
8. เวลาที่ใช้ในการอุ่นเครื่องสูบน้ำ (time delay) หน่วยวินาที

ท่อ/ทางน้ำสรุป (link tail) เป็นการสรุปจำนวนท่อทางน้ำโดยการของโปรแกรม หลังจากที่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (validate data) ดังรูปที่ ง-23 ประกอบด้วย

1. จำนวน ท่อ/ทางน้ำทั้งหมด (conduits)
2. ความยาวของท่อ/ทางน้ำทั้งหมด (conduit length) หน่วยเมตร
3. จำนวนของอาคารควบคุมน้ำทั้งหมด (controls)



รูปที่ ง-23 ตัวอย่างท่อ/ทางน้ำสรุป (link tail) ที่ได้จากการตรวจสอบโปรแกรม

ง-3 ข้อมูลพารามิเตอร์ของการไหล (Runoff parameter) แฟ้มข้อมูล *.rpf

การใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของการไหล (*.rpf) ที่ใช้ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อหาอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ท่อระบายน้ำดังรูปที่ ง-24

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		Record label	Index	Ground slope	Type	Initial loss	Runoff volume	Routing factor
1	Title	Runoff Calc						
2	RouteModel	RouteMode	Wallingfrd					
3	InitLoss	InitLoss	Commercia	SCS	0.00500000			
4	InitLoss	InitLoss	High res	SCS	0.00500000			
5	Fixed	Fixed	Commercia	0.630				
6	Fixed	Fixed	High res	0.580				
7	Routing	Routing	Commercia	REL	0.011			
8	Routing	Routing	High res	REL	0.011			
9	Surface	Surface	1	0.000000	Impervious		Commercial	
10	Surface	Surface	2	0.000000	Impervious		High res	
11								

รูปที่ ง-24 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของการไหล (runoff parameter)

ประกอบด้วย

1. บันทึกชื่อเรื่อง (title record) เป็น record ใส่ชื่อเรื่อง โดยใส่ได้ 80 ตัวอักษร
2. routing model record เป็น record ใช้สำหรับเลือกวิธีการหลากของน้ำ ซึ่งมีดังนี้

- Wallingford
- Large Catchment
- Sprint
- Desbordes
- SWMM

3. initial losses record เป็น record ใช้ในการคำนวณหาค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นก่อนที่น้ำจะเข้าสู่ระบบท่อระบายน้ำ ซึ่งบอกชนิดพื้นผิว (name) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษร และประเภทของค่าอัตราการสูญเสีย (type) และค่าสัมประสิทธิ์ (value) มี 3 แบบ คือ

- Relation
- Absolute
- SCS

4. runoff volume definition record เป็น record ใช้ในการหาปริมาณน้ำฝนที่เหลือก่อนจะเข้าสู่ระบบระบายน้ำซึ่งบอกชนิดพื้นผิว (name) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษรและค่าสัมประสิทธิ์ของการหลาก (runoff coefficient) ซึ่งมี 6 วิธี คือ

- Fixed percentage runoff โดยใช้ Fixed

- Wallingford Procedure (Fixed) PR โดยใช้ Fixed PR
- New UK (Variable) PR โดยใช้ Variable PR
- USA Soil Conservation Service method โดยใช้ SCS
- Horton โดยใช้ Horton
- Green-Ampt โดยใช้ Green-Ampt

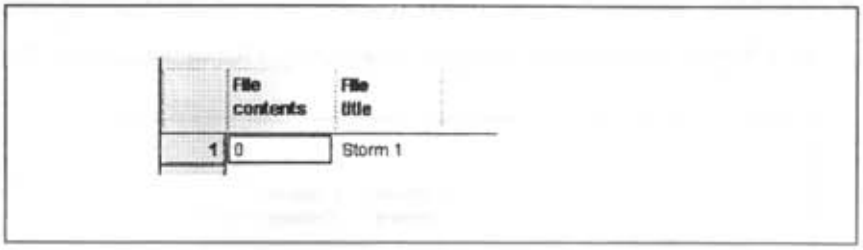
5. routing factor record เป็น record กำหนดค่าแฟกเตอร์ของแบบจำลอง ซึ่งบอกชนิดพื้นผิว (name) ใส่ได้ไม่เกิน 10 ตัวอักษรและแบ่งประเภท (type) ได้ 2 อย่าง และค่าสัมประสิทธิ์ (value) ซึ่งมีการใส่ คือ
- Absolute โดยใช้ ABS เป็นค่าโดยตรง
- Relative โดยใช้ REL เป็นค่าที่คูณกับค่าคงที่ของแบบจำลอง จะเท่ากับ 1

6. surface definition record เป็น record ของแต่ละพื้นผิว (name) โดยอ้างอิงกับ initial loss, runoff volume และ runoff factor ประกอบด้วย
- การใส่ดัชนี (index) เป็นค่าที่ใช้ในการอ้างอิงการคำนวณ
- ความลาดชันของพื้นที่ (ground slope) ถ้าใส่ศูนย์หรือไม่ใส่ แบบจำลองจะใช้ค่าที่ใส่ใน *.dsd
- ประเภทของพื้นผิว (type) มี 3 อย่าง คือ impervious, pervious, unknown (เป็นทั้ง impervious และ pervious)
- ใส่ชื่อของพื้นผิว (name) จะเหมือนกับ initial loss, runoff volume หรือ runoff factor เพื่อการอ้างอิง

ง-4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (rainfall) แฟ้มข้อมูล *.red

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (*.red) โดยในหนึ่งแฟ้มข้อมูลสามารถใส่ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนได้ถึง 999 จุด ซึ่งข้อมูลแต่ละสถานีจะใส่ตามแนวสดมภ์ (column) ประกอบด้วย

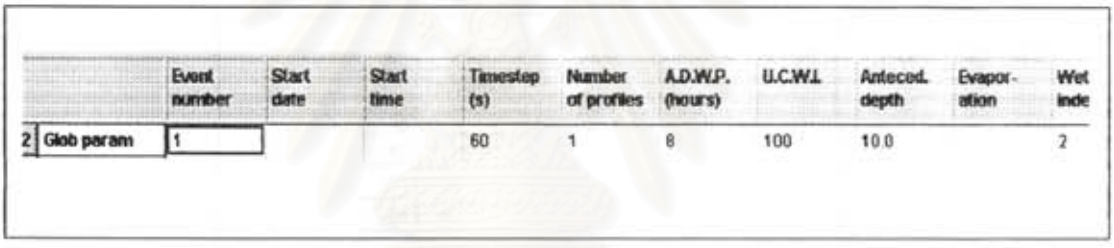
1. การใส่ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์ (event data) ดังนี้
   1.1 การบอกประเภทของข้อมูล (file contents) มี 2 อย่าง คือ
   - หมายเลข 0 เป็นชลภาพน้ำฝน (rainfall hyetograph)
   - หมายเลข 1 เป็นช่วงเวลาความเข้มฝน (rainfall intensity duration)
   1.2 ชื่อเรื่องหรือชื่อเหตุการณ์ (file title) เพื่อการอธิบายเหตุการณ์ดังรูปที่ ง-25



	File contents	File title
1	0	Storm 1

รูปที่ ง-25 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์ (event data)

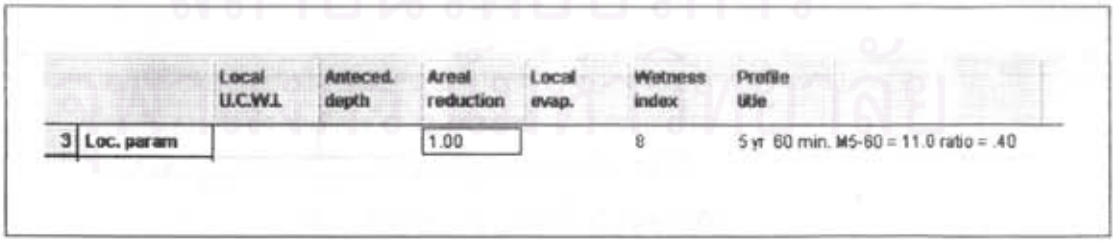
2. การใส่ข้อมูลน้ำฝนโดยทั่วไป (global data) เป็นข้อมูลที่ใช้กับทุกสถานีวัดน้ำฝนดังรูปที่ ง-26 ดังนี้
   2.1 จำนวนของเหตุการณ์ (event number)
   2.2 วันที่ของฝนเริ่มตก (start date)
   2.3 เวลาของฝนเริ่มตก (start time)
   2.4 ช่วงเวลาของแต่ละข้อมูล (timestep) หน่วยวินาที
   2.5 จำนวนจุดวัดน้ำฝน (number of profiles)



	Event number	Start date	Start time	Timestep (s)	Number of profiles	A.D.W.P. (hours)	U.C.W.I.	Anteced. depth	Evapor-ation	Wet inde
2 Glob param	1			60	1	8	100	10.0		2

รูปที่ ง-26 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลน้ำฝนโดยทั่วไป (global data)

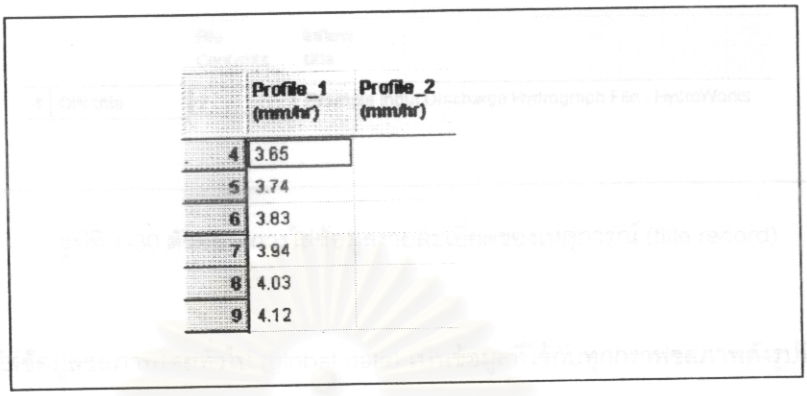
3. การใส่ข้อมูลน้ำฝนเฉพาะสถานี (local data) เป็นข้อมูลที่ใช้กับแต่ละสถานีวัดน้ำฝนดังรูปที่ ง-27 ดังนี้
   3.1 ค่าแฟกเตอร์ของพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำฝนที่ตก (areal reduction)
   3.2 ชื่อของสถานีวัดน้ำฝน หรือชื่อเกี่ยวกับข้อมูลน้ำฝน (profile title)



	Local U.C.W.I.	Anteced. depth	Areal reduction	Local evap.	Wetness index	Profile title
3 Loc. param			1.00		8	5 yr 60 min. M5-60 = 11.0 ratio = .40

รูปที่ ง-27 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลน้ำฝนเฉพาะสถานี (local data)

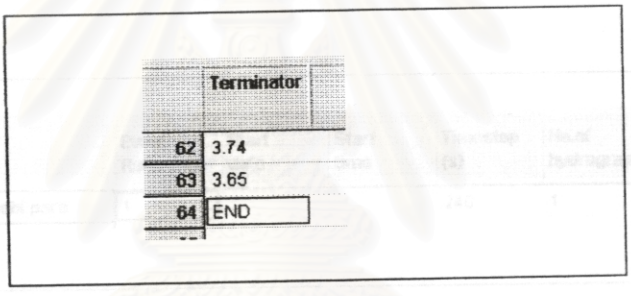
4. การใส่ข้อมูลความเข้มฝน (rainfall intensity) เป็น record ที่ใส่ข้อมูลความเข้มฝนทุกๆ ช่วงเวลาในแต่ละสถานี จะใส่ในแต่ละสดมภ์ (column) จนจบเหตุการณ์ หน่วย มม./ชม. ดังรูปที่ ง-28



	Profile_1 (mm/hr)	Profile_2 (mm/hr)
4	3.65	
5	3.74	
6	3.83	
7	3.94	
8	4.03	
9	4.12	

รูปที่ ง-28 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลความเข้มฝน (rainfall intensity)

5. การจบการบันทึกข้อมูล (terminator) เป็น record ที่ใส่เพื่อจบการบันทึกแฟ้มข้อมูลดังรูปที่ ง-29



	Terminator
62	3.74
63	3.65
64	END

รูปที่ ง-29 ตัวอย่างการจบการบันทึกข้อมูล (terminator)

ง-5 ข้อมูลกราฟชลภาพ (hydrograph) แฟ้มข้อมูล *.lev และ *.qin

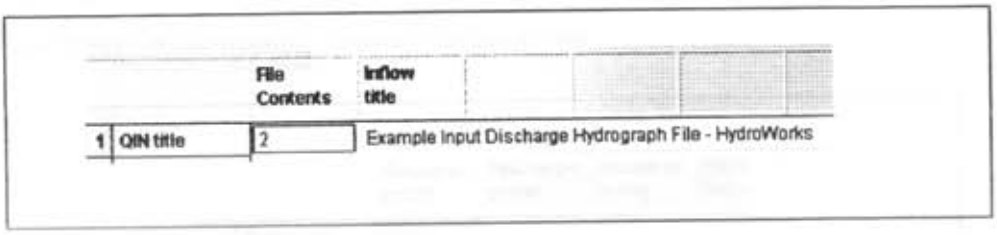
การใส่แฟ้มข้อมูลชลภาพ (hydrograph data) ซึ่งมี 2 ประเภท คือ ชลภาพแสดงอัตราการไหลเข้าสู่ระบบระบายน้ำ (*.qin) และชลภาพระดับน้ำแสดงระดับน้ำในแม่น้ำหรือน้ำขึ้น-น้ำลงที่จุดน้ำออก (*.hyd) ซึ่งทั้งสองนั้นมีรูปแบบที่เหมือนกัน จะแตกต่างกันที่การใส่ประเภทของข้อมูล ประกอบด้วย

1. การใส่ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์ (title record) มีดังนี้

1.1 การบอกประเภทของข้อมูลที่จะใส่ (file content) มี 2 อย่าง คือ

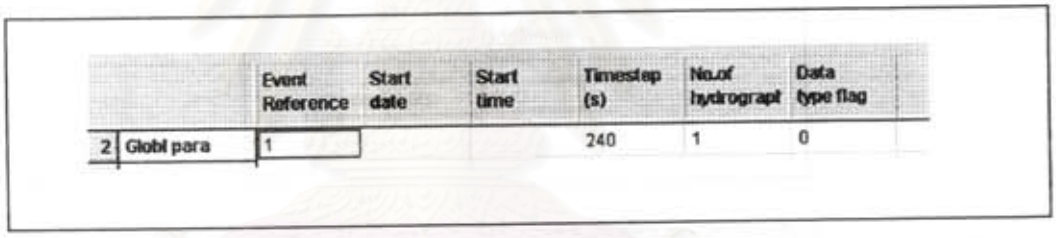
- หมายเลข 2 เป็นข้อมูลอัตราการไหล
- หมายเลข 3 เป็นข้อมูลระดับน้ำ

1.2 ชื่อเรื่องหรือชื่อเหตุการณ์ (inflow title) เพื่อบอกชื่อเหตุการณ์ดังรูปที่ ง-30



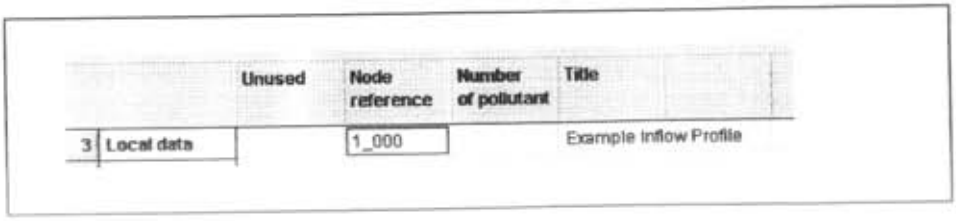
รูปที่ ง-30 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์ (title record)

2. การใส่ข้อมูลชลภาพโดยทั่วไป (global data) เป็นข้อมูลที่ใช้กับทุกกราฟชลภาพดังรูปที่ ง-31 ดังนี้
- จำนวนของเหตุการณ์ (event reference)
- วันที่ (start date) และ เวลาที่เริ่มของเหตุการณ์ (start time)
- ช่วงเวลาของแต่ละข้อมูล (timestep) หน่วยวินาที
- จำนวนของกราฟชลภาพที่จะใส่ข้อมูล (number of hydrograph) โดยใส่ได้ไม่เกิน 99 จุด



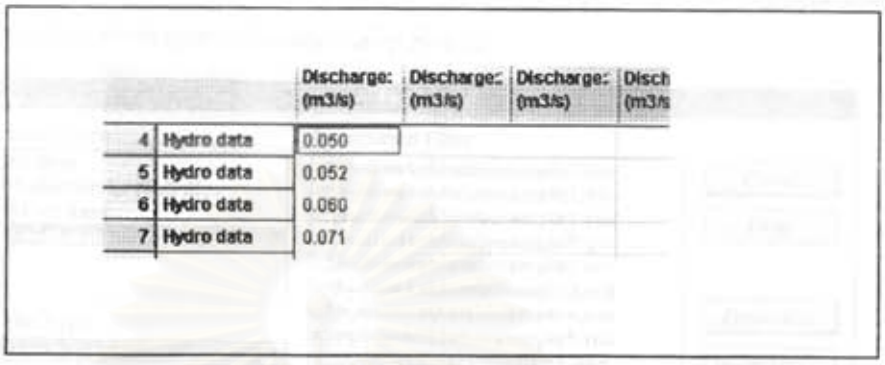
รูปที่ ง-31 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลชลภาพโดยทั่วไป (global data)

3. การใส่ข้อมูลชลภาพเฉพาะจุด (local data) เป็นข้อมูลที่ใช้กับแต่ละกราฟชลภาพดังรูปที่ ง-32 ดังนี้
- หมายเลขจุดรับน้ำที่มีกราฟชลภาพ (node reference)
- ระดับก้นท่อ (pipe level or datum) ของจุดนั้นจะใช้ในกราฟชลภาพระดับน้ำ หน่วย ม.รทก. เพื่อเป็นค่าระดับอ้างอิง
- ชื่อของข้อมูลกราฟชลภาพ หรือชื่อของข้อมูลผลลัพธ์ (title)



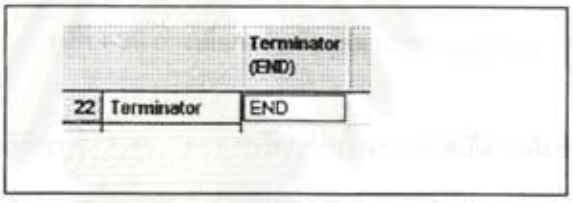
รูปที่ ง-32 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลชลภาพเฉพาะจุด (local data)

4. การใส่ข้อมูลชลภาพ (hydrograph) เป็นข้อมูลที่ใช้ในแต่ละกราฟชลภาพดังรูปที่ ง-33 ซึ่งค่าอัตราการไหลมีหน่วย ลบ.ม./วินาที และระดับน้ำมีหน่วย เมตรเทียบกับระดับอ้างอิง ข้อมูลชลภาพทุกๆ ช่วงเวลาในแต่ละจุดจะใส่ในแต่ละสดมภ์ (column) จนจบเหตุการณ์



รูปที่ ง-33 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลชลภาพ (hydrograph)

5. การจบการบันทึกข้อมูล (terminator) เป็น record ที่ใส่เพื่อจบการบันทึกแฟ้มข้อมูลดังรูปที่ ง-34

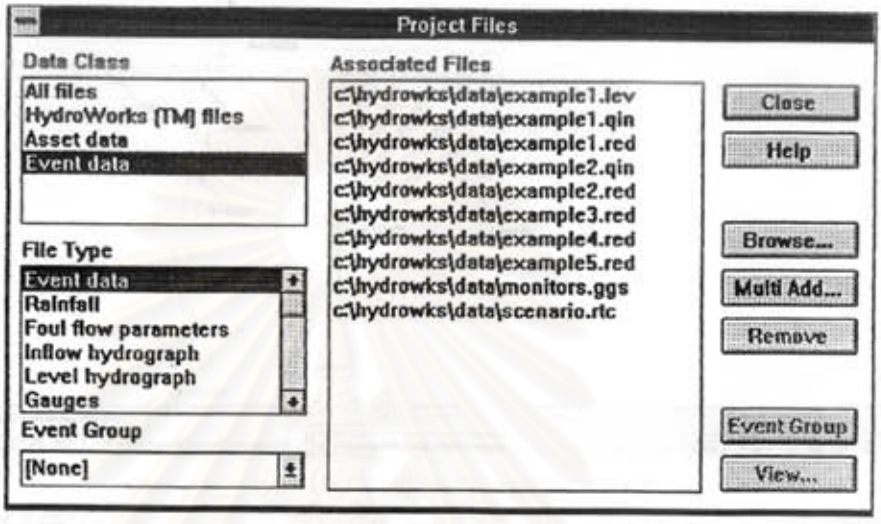


รูปที่ ง-34 ตัวอย่างการจบการบันทึกข้อมูล (terminator)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

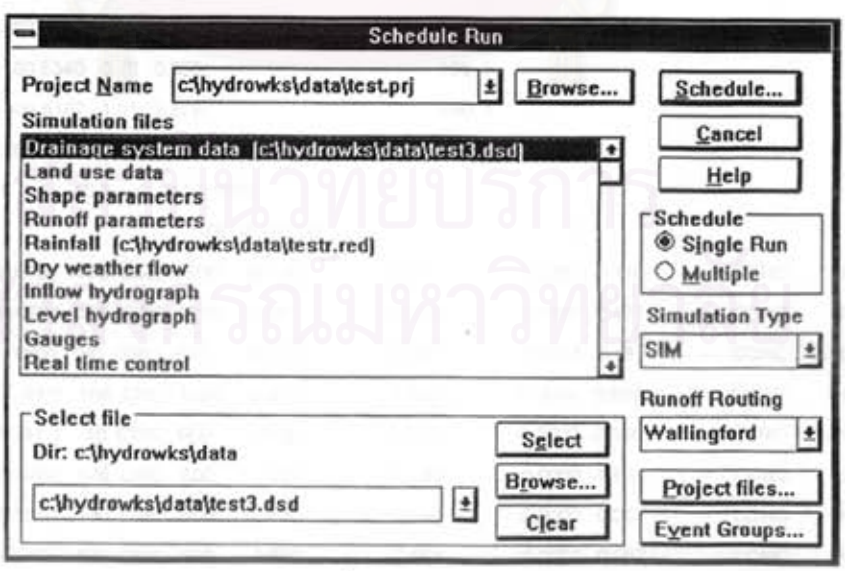
ง-6 การเลือกแฟ้มข้อมูลทั้งหมดของแผนงาน (project) แฟ้มข้อมูล *.prj

หลังจากที่ได้สร้างแฟ้มข้อมูลประเภทต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องตั้งชื่อแผนงานของโครงการที่จะทำการประมวลผล เพื่อจะได้เรียกแฟ้มข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง และทำการเก็บแฟ้มข้อมูลต่างๆที่ได้จากการประมวลผลไว้ในชื่อแผนงานนี้ โดยการเลือกแฟ้มข้อมูลต่างๆในแผนงานดังรูปที่ ง-35



รูปที่ ง-35 การเลือกแฟ้มข้อมูลต่างๆของแผนงาน

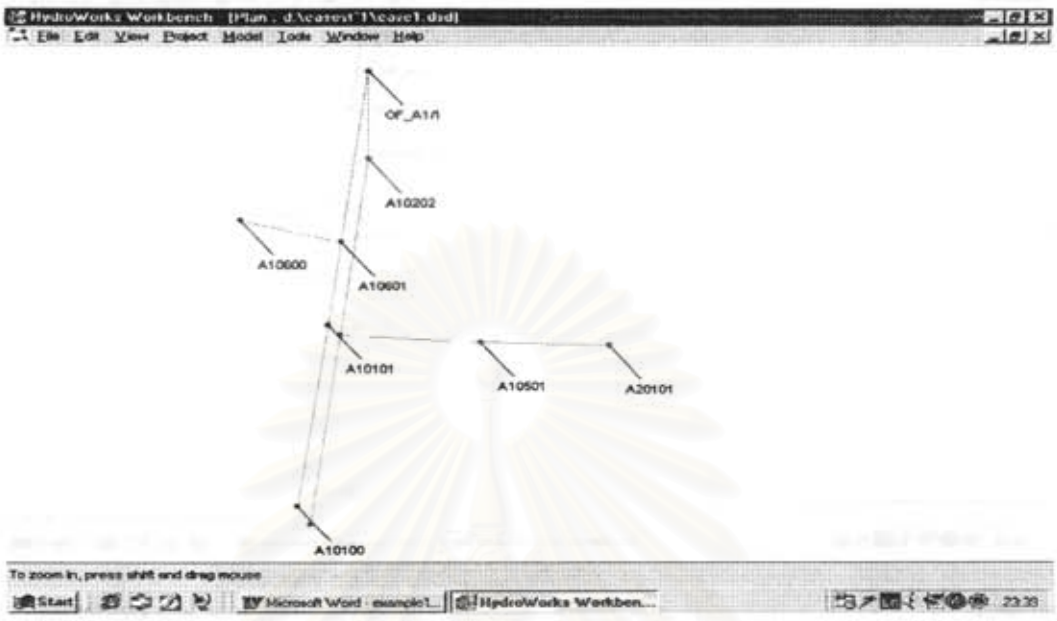
หลังจากนั้น ทำการประมวลผลดังรูปที่ ง-36 โดยการเรียกชื่อแผนงานที่ได้เลือกแฟ้มข้อมูลต่างๆ ไว้ และเลือก project files ซึ่งแบบจำลองจะแสดงแฟ้มข้อมูลที่ได้เลือกไว้ในแผนงานออกมา แล้วทำการประมวลผล โดยแฟ้มข้อมูลชนิดเดียวกันจะเลือกเพื่อทำการประมวลผลได้เพียงแฟ้มข้อมูลเดียวเท่านั้น



รูปที่ ง-36 การประมวลผล

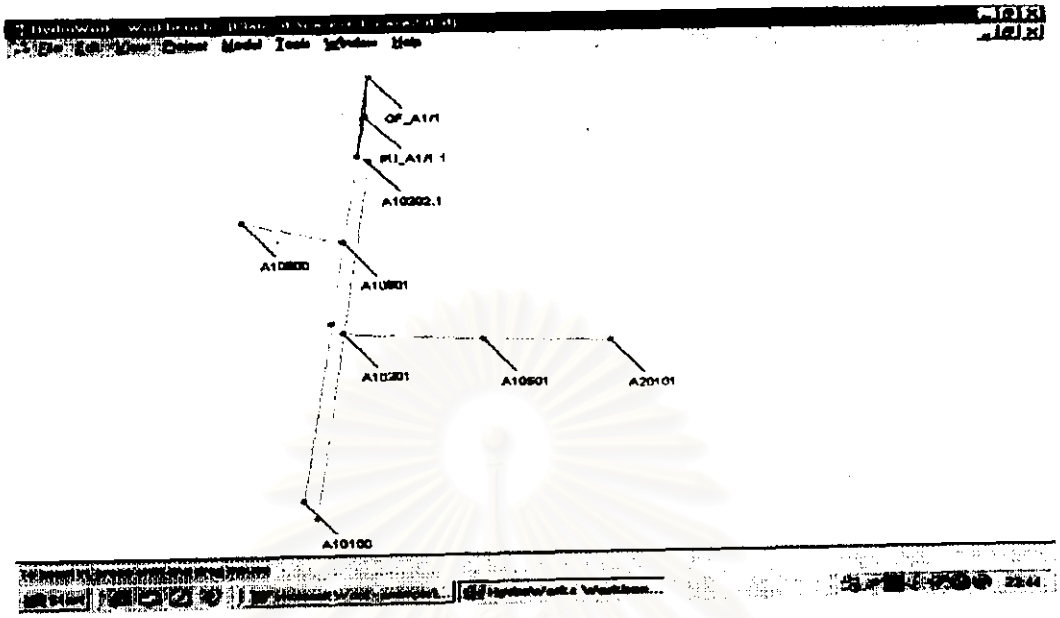
ตัวอย่างการจำลองระบบระบายน้ำโดยแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks

กรณีที่1 เป็นการจำลองระบบระบายน้ำที่มีจุดรับน้ำ 9 จุด และจุดออก 1 จุด




```
1  HEADER case study1                                                    NONE 19931101
10ND_DEFAULT                    5     5       1                         1  7 0.2 100 0.3
 2  A10100   1288 5185  1.01  1.056                    100 1
 2  A10101   1318 5360  1.04  0.576                    100 1
 2  A10601   1330 5440  1.02  0.015                    100 3
 2  A10600   1235 5460  0.83  1.108                    100 3
 2  A10202   1355 5520  0.99  0.960                    100 3
 2  A10201   1328 5350  1.02  1.312                    100 1
 2  A10501   1460 5343  0.72  1.712                    100 1
 2  A20101   1580 5340  0.79  0.656                    100 1
 2  D11000   1300 5167  1.01  2.876                    100 1
 3  OF_A1/1  1356 5605  1.29
 4   NODES   9   1  10.3   1   13   1539
11CN_DEFAULT                  -55.00 -55.00      1         1
 5 A10100.1  A10101  176 CIRC 1200   -0.790    -0.907   0.0007 0.719   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10101.1  A10601  168 CIRC 1200   -0.907    -0.955   0.0003 0.471   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10600.1  A10601   90 CIRC  600   -0.370    -0.500   0.0014 0.167   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10601.1  OF_A1/1 168 CIRC 1200   -0.955    -1.030   0.0004 0.589   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10202.1  OF_A1/1  10 CIRC  600   -1.030    -1.030   0.0000 0.000   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10201.1  A10202  176 CIRC  600   -1.038    -1.030   0.0000 -0.030  -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10201.2  A10501  130 CIRC  600   -0.630    -0.660   0.0002 0.067   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 A10501.1  A20101  120 CIRC  600   -0.660    -0.684   0.0002 0.062   -  CONC  ROAD SUBURBS
 5 D11000.2  A10201  164 CIRC  600   -0.710    -1.038   0.0020 0.196   -  CONC  ROAD SUBURBS
 7   LINKS   9   1202   0
```

กรณีที่2 เป็นการจำลองระบบระบายน้ำที่มีจุดรับน้ำ 10 จุด, สถานีสูบน้ำ 1 จุด และจุดออก 1 จุด

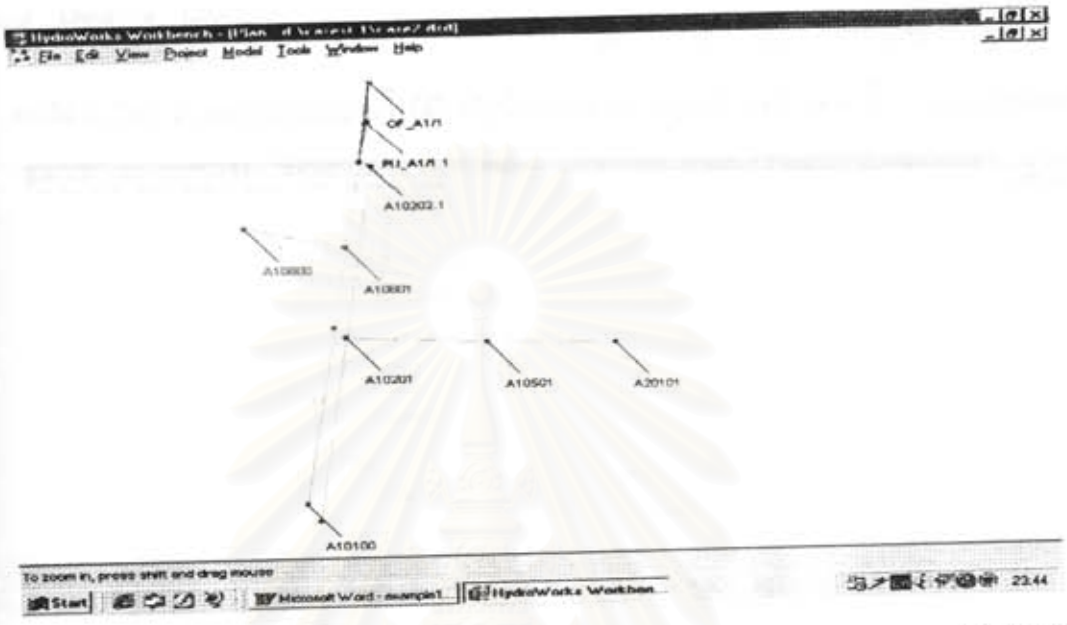



```
1  HEADER case study2                                                    NONE 19931101
10ND_DEFAULT                    5     5      1                          1  7 0.2 100 0.3
 2  A10100   1288 5185  1.01  1.056                        100 1
 2  A10101   1318 5360  1.04  0.576                        100 1
 2  A10601   1330 5440  1.02  0.015                        100 3
 2  A10600   1235 5460  0.83  1.108                        100 3
 2  A10202   1355 5520  0.99  0.960                        100 3
 2  A10201   1328 5350  1.02  1.312                        100 1
 2  A10501   1460 5343  0.72  1.712                        100 1
 2  A20101   1580 5340  0.79  0.656                        100 1
 2  D11000   1300 5167  1.01  2.876                        100 1
 2  PU_A1/1  1345 5525  0.97  1.184                        100 3
 3  OF_A1/1  1356 5605  1.29
 4  NODES  10  1  11.5  1  13  1717
11CN_DEFAULT                    -55.00 -55.00          1          1
 5 A10100.1  A10101  176 CIRC 1200   -0.790     -0.907    0.0007 0.719   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10101.1  A10601  168 CIRC 1200   -0.907     -0.955    0.0003 0.471   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10600.1  A10601   90 CIRC  600   -0.370     -0.500    0.0014 0.167   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10601.1  PU_A1/1  168 CIRC 1200  -0.955     -1.030    0.0004 0.589   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10202.1  PU_A1/1   10 CIRC  600  -1.030     -1.030    0.0000 0.000   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10201.1  A10202   176 CIRC  600  -1.038     -1.030    0.0000 -0.030  - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10201.2  A10501   130 CIRC  600  -0.630     -0.660    0.0002 0.067   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 A10501.1  A20101   120 CIRC  600  -0.660     -0.684    0.0002 0.062   - CONC   ROAD SUBURBS
 5 D11000.2  A10201   164 CIRC  600  -0.710     -1.038    0.0020 0.196   - CONC   ROAD SUBURBS
15 PU_A1/1.1 OF_A1/1 FIXPMP -2.430 -3.030  120  1.000
```

19 PU_A1/1.2 OF_A1/1 GATE -2.830 2.500 0.60 0.000 10 1.000 0.100 0.100

7 LINKS 9 1202 2

กรณีที่3 เป็นการจำลองระบบระบายน้ำที่มีจุดรับน้ำ 10 จุด, สถานีสูบน้ำ 1 จุด, บ่อพักน้ำ 1 จุด และจุดออก 1 จุด



NONE 19931101

10ND_DEFAULT 5 5 1 1 7 0.2 100 0.3

2 A10100 1288 5185 1.01 1.056 100 1

2 A10101 1318 5360 1.04 0.576 100 1

2 A10601 1330 5440 1.02 0.015 100 3

2 A10202 1355 5620 0.99 0.960 100 3

2 A10201 1328 5350 1.02 1.312 100 1

2 A10501 1460 5343 0.72 1.712 100 1

2 A20101 1580 5340 0.79 0.656 100 1

2 D11000 1300 5167 1.01 2.876 100 1

2 PU_A1/1 1345 5525 0.97 1.184 100 3

9 POC501 1235 5460 0.83 -0.960 80384.00 0.040 100840.00

3 OF_A1/1 1356 5605 1.29

4 NODES 10 1 11.5 1 13 1717

11CN_DEFAULT -55.00 -55.00 1 1

5 A10100.1 A10101 176 CIRC 1200 -0.790 -0.907 0.0007 0.719 - CONC ROAD SUBURBS

5 A10101.1 A10601 168 CIRC 1200 -0.907 -0.955 0.0003 0.471 - CONC ROAD SUBURBS

5 POC501.1 A10601 90 CIRC 600 -0.960 -1.000 0.0014 0.167 - CONC ROAD SUBURBS

5 A10601.1 PU_A1/1 168 CIRC 1200 -1.000 -1.030 0.0004 0.589 - CONC ROAD SUBURBS

5 A10202.1 PU_A1/1 10 CIRC 600 -1.030 -1.030 0.0000 0.000 - CONC ROAD SUBURBS

5 A10201.1 A10202 176 CIRC 600 -1.038 -1.030 0.0000 -0.030 - CONC ROAD SUBURBS

5 A10201.2 A10501 130 CIRC 600 -0.630 -0.660 0.0002 0.067 - CONC ROAD SUBURBS

```
5 A10501.1  A20101  120 CIRC  600    -0.660          -0.684       0.0002 0.062     -  CONC    ROAD SUBURBS
5 D11000.2  A10201  164 CIRC  600    -0.710          -1.038       0.0020 0.196     -  CONC    ROAD SUBURBS
15 PU_A1/1.1 OF_A1/1 FIXPMP -2.430 -3.030   120  1.000
19 PU_A1/1.2 OF_A1/1  GATE -2.830  2.500  0.60  0.000   10              1.000  0.100  0.100
7   LINKS   9   1202   2
```

ตัวอย่างข้อมูลฝน

```
1Rainfall in 15 September 2540 (E19)
 1 00/00/00 00:00 900   1                  0.0 0.0   0
                1.00        15 September 2540
 0.00
 4.00
 0.00
 0.00
 0.00
144.00
 0.00
 0.00
 0.00
 4.00
 0.00
END
```

ตัวอย่างข้อมูลค่าระดับน้ำ (boundary condition)

```
3Control water level
  1            900  1   0
      OF_A1/1  -1.030              Water level in klong Saensaep
 0.900
 0.900
 0.900
 0.900
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
 1.260
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.260
1.260
1.260
1.260
1.260
END

ตัวอย่างข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณการไหล

Runoff Calculator for Sukumvit area(AB+CDFEG)
RouteModel Wallingfrd
InitLoss Commercial SCS 0.00500000
InitLoss High res SCS 0.00500000
InitLoss Mid res SCS 0.00500000
InitLoss Industrail SCS 0.00500000
InitLoss Storage SCS 0.00500000
InitLoss Gover zone SCS 0.01000000
InitLoss Sch&Mon SCS 0.01000000
InitLoss Park SCS 0.20000000
Fixed Commercial 0.630
Fixed High res 0.580
Fixed Mid res 0.450
Fixed Industrail 0.600
Fixed Storage 0.640
Fixed Gover zone 0.310
Fixed Sch & Mon 0.310
Fixed Park 0.170
Routing Commercial REL 0.011
Routing High res REL 0.011
Routing Mid res REL 0.011
Routing Industrail REL 0.011
Routing Storage REL 0.011
Routing Gover zone REL 0.011
Routing Sch & Mon REL 0.011
Routing Park REL 0.150
Surface 1 0.000000 Impervious Commercial
Surface 2 0.000000 Impervious High res
Surface 3 0.000000 Impervious Mid res
Surface 4 0.000000 Impervious Industrail
Surface 5 0.000000 Impervious Storage
Surface 6 0.000000 Impervious Gover zone
Surface 7 0.000000 Impervious Sch & Mon
Surface 8 0.000000 Pervious Park

ตัวอย่างรูปแบบของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ต่างๆ

HydroWorks Workbench - [Text : d:\case1\result\case1.txt]

File Edit View Project Model Tools Window Help

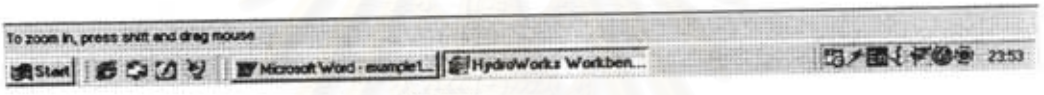
Start of summary for run : 1

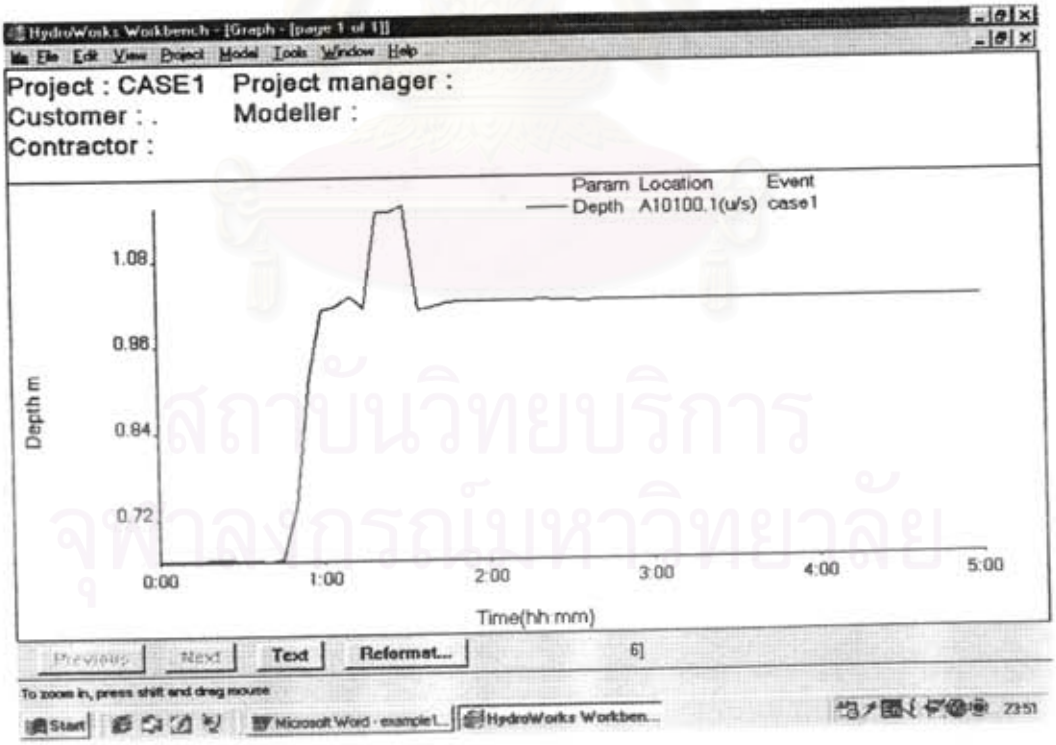
Node table

Ref	Ground level m AD	Max level m AD	Flood volume m3	Flood depth m	Flood area m2	Max stored m3
A10100	1.01	0.366	0.00000	0.000	0.0	3.5
A10101	1.04	0.349	0.00000	0.000	0.0	3.8
A10601	1.02	0.312	0.00000	0.000	0.0	3.8
A10600	0.83	0.502	0.00000	0.000	0.0	1.3
A10202	0.99	0.370	0.00000	0.000	0.0	2.1
A10201	1.02	1.205	50.03510	0.165	709.3	53.9
A10501	0.72	1.160	3245.91846	0.440	5585.4	3248.0
A20101	0.79	1.156	754.67175	0.366	1456.1	756.9
D11000	1.01	1.447	5347.53320	0.437	9314.4	5350.1
Total			9398.95898	1.427	17145.2	9423.4

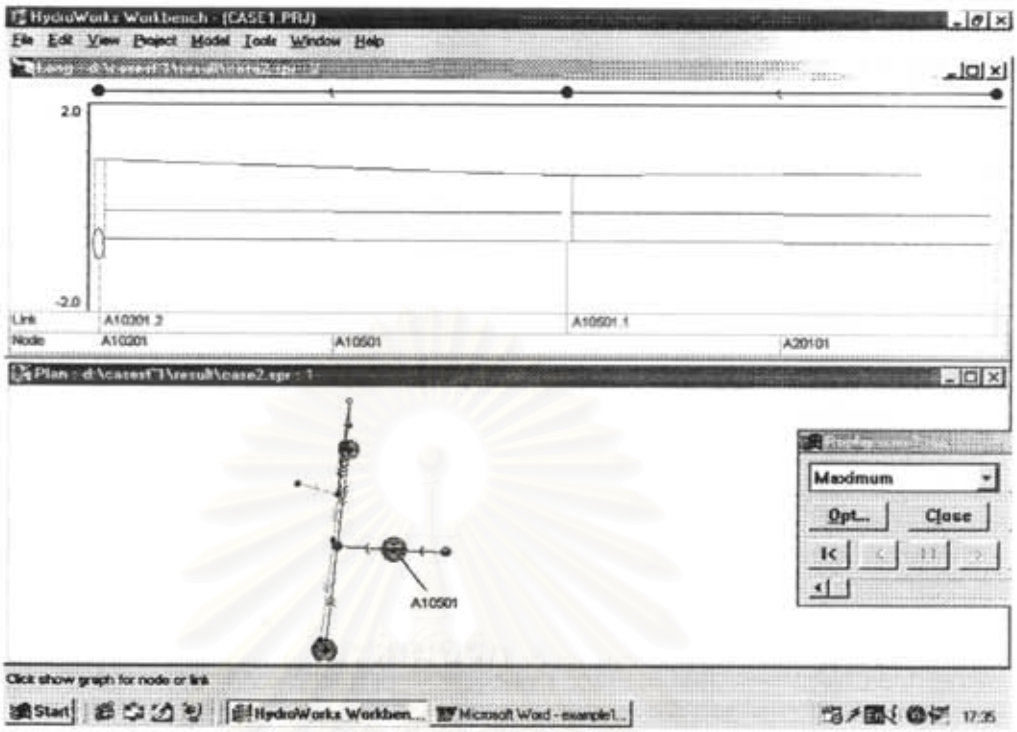
NOTE: This table displays zero flooded volume for nodes using flood type 2

End of summary for run : 1





สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

โปรแกรมภาษา Avenue ที่ใช้ในการต่อเชื่อม

(Source Code)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
theview=av.GetActiveDoc
theThemes= theView.GetThemes
c=theThemes.count
 if (c>0)
  then ThemeList={}
for each i in 1..c
 t=theThemes.Get(i-1)
 ThemeList.Add(t.GetName)
end
for each i in 1..c
 themeName=ThemeList.Get(i-1)
 t=theView.FindTheme(themeName)
 theview.deletetheme(t)
end
 end

theSrcName1=SrcName.Make("d:\thesis\Pop_bmap.shp")
theSrcName2=SrcName.Make("d:\thesis\Rail.shp")
theSrcName3=SrcName.Make("d:\thesis\River.shp")
theSrcName4=SrcName.Make("d:\thesis\Road.shp")
theSrcName5=SrcName.Make("d:\thesis\Sroadn.shp")
theSrcName6=SrcName.Make("d:\thesis\Subroad.shp")
theSrcName7=SrcName.Make("d:\thesis\Hydro.shp")
theSrcName8=SrcName.Make("d:\thesis\Point_road.shp")
theSrcName9=SrcName.Make("d:\thesis\Point_node.shp")

theTheme1=Theme.Make(theSrcName1)
theTheme2=Theme.Make(theSrcName2)
theTheme3=Theme.Make(theSrcName3)
theTheme4=Theme.Make(theSrcName4)
theTheme5=Theme.Make(theSrcName5)
theTheme6=Theme.Make(theSrcName6)
theTheme7=Theme.Make(theSrcName7)
theTheme8=Theme.Make(theSrcName8)
theTheme9=Theme.Make(theSrcName9)

theView.AddTheme(theTheme1)
theView.AddTheme(theTheme2)
theView.AddTheme(theTheme3)
theView.AddTheme(theTheme4)
theView.AddTheme(theTheme5)
theView.AddTheme(theTheme6)
theView.AddTheme(theTheme7)
theView.AddTheme(theTheme8)
theView.AddTheme(theTheme9)

'set formated table&connect table(join)
patterns = {"*.txt"}
labels = {"Delimited Text (*.txt)"}
files = FileDialog.ReturnFiles(patterns, labels, "Add Table",0)
af=files.count

for each fl in 0..(af-1)
t=files.get(fl).asstring
periodindex= t.indexof(".")
tt= t.left(periodindex)
```

```
ttt= tt
TableName1=ttt.AsFileName

myTable= theview
'management with file before showing output the table
'find the total number of node &separated each column

ALineFile1= LineFile.Make(files.get(fl),#FILE_PERM_READ)
BLineFile1= LineFile.Make("B1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
'Read&Write table ab,ceg,df
ANum1=ALineFile1.Getsize
 for each i  in 1..ANum1
 AStri = ALineFile1.ReadElt
  if(i=2)
   then(BLineFile1.WriteElt(AStri))
  end
 end
ALineFile1.Close
BLineFile1.Close

BLineFile1= LineFile.Make("B1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_READ)
HLineFile1= LineFile.Make("H1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
BNum1=BLineFile1.Getsize
for each i  in 1..bNum1
 BStri = BLineFile1.ReadElt
  s1= BStri.Extract(0)
  s2= BStri.Extract(1)
  s3= BStri.Extract(2)
  s4= BStri.Extract(3)
  s5= BStri.Extract(4)
  s6= BStri.Extract(5)
  BnewLine1= s1+","+s2+","+s3+","+s4+","+s5+","+s6
  HLineFile1.WriteElt(BnewLine1)
end
BLineFile1.Close
HLineFile1.Close

'write the column of node
ALineFile1= LineFile.Make(files.get(fl),#FILE_PERM_READ)
JLineFile1= LineFile.Make("J1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
ANum1=ALineFile1.Getsize
for each i  in 1..ANum1
 AStri = ALineFile1.ReadElt
  Num1= s5.AsNumber
  Num2= s4.asNumber
   if((i>2) and (i<(Num1+3)))
   then(JLineFile1.WriteElt(AStri))
  end
end
ALineFile1.Close
JLineFile1.Close

JLineFile1= LineFile.Make("J1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_READ)
MLineFile1= LineFile.Make("M1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
JNum1=JLineFile1.Getsize
for each i  in 1..JNum1
```

```
 JStri = JLineFile1.ReadElt
   s1= JStri.Extract(0)
   PeriodIndex=s1.IndexOf(".")
   JnewLine1=s1.left(PeriodIndex)
   MLineFile1.WriteElt(JnewLine1)
end
JLineFile1.Close
MLineFile1.Close

'write the column of Level
ALineFile1= LineFile.Make(files.get(fl),#FILE_PERM_READ)
PLineFile1= LineFile.Make("P1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
ANum1=ALineFile1.Getsize
for each i  in 1..ANum1
  AStri = ALineFile1.ReadElt
     if((i>(Num1+2)) and (i<(ANum1)))
     then(PLineFile1.WriteElt(AStri))
   end
end
ALineFile1.Close
PLineFile1.Close

'create new fields
PLineFile1= LineFile.Make("P1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_READ)
TLineFile1= LineFile.Make("T1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
PNum1=PLineFile1.Getsize
for each i  in 1..PNum1
  PStri = PLineFile1.ReadElt
   for each q in 1..Num1
 sq= PStri.Extract(q-1)
  TLineFile1.WriteElt(sq)
end
end
PLineFile1.Close
TLineFile1.Close

theVTab1=VTab.Makenew(TableName1,dbase)
MLineFile1= LineFile.Make("M1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_READ)
TLineFile1= LineFile.Make("T1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_READ)
HLineFile1= LineFile.Make("H1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_READ)
TNum1=TLineFile1.Getsize
MNum1=MLineFile1.Getsize
f1=Field.Make("Ref",#FIELD_CHAR,10,0)
theVTab1.AddFields({f1})
for each i in 1..Num1
  node=MLineFile1.ReadElt
  rec=theVTab1.AddRecord
  theVTab1.SetValue(f1,rec,node)
end
MLineFile1.Close
fff=Num2/60
Flrow= ((TNUM1+1)/(MNUM1+1)*fff)

for each i in 0..Flrow by fff
  fi=field.make(i.asstring,#FIELD_FLOAT ,10,3)
  theVTab1.AddFields({fi})
```

```
for each i in 1..Num1
 lev=TLineFile1.ReadElt
 theVTab1.SetValue(fi,(i-1),lev)
end
end
TLineFile1.Close

theVTab1.Export (files.get(fl), DText, False)
end

'To connect the table to total1.txt
toLineFile1= LineFile.Make("total1.txt".AsFileName,#FILE_PERM_WRITE)
for each fl in 0..(af-1)
 xLineFile1= LineFile.Make(files.get(fl),#FILE_PERM_READ)
 xNum1=xLineFile1.GetSize

 if(fl=0)
 then
for each i in 1..xNum1
 xStr1=xLineFile1.ReadElt
 toLineFile1.WriteElt(xStr1)
end
 elseif(fl<>0)
 then
for each i in 1..xNum1
 xStr1=xLineFile1.ReadElt
 if(i>1)
 then(toLineFile1.WriteElt(xStr1))
 end
end
end

xLineFile1.Close
end
toLineFile1.Close

''''''''''''''''''''case''''''''''''''''''
'Joining Vtab
themeFTab1= theview.FindTheme("Point_node.shp").GetFTab
TableName1="total1.txt".AsFileName
theVTab1=VTab.Make(TableName1,False,False)

'deleted joingFtab before new joining
themeFTab1.unjoinall

'Joining by findfield
atoField = themeFTab1.FindField("Ref")
afromField = theVTab1.FindField("Ref")
themeFTab1.Join(atoField,theVTab1,afromField)

''''''''''''''''''''T''''''''''''''''''''
'Set Mask
thetheme1= theview.FindTheme("Pop_bmap.shp")
theFTab1=theTheme1.GetFTab
thecellsize1=10
theextent1=theview.returnextent
```

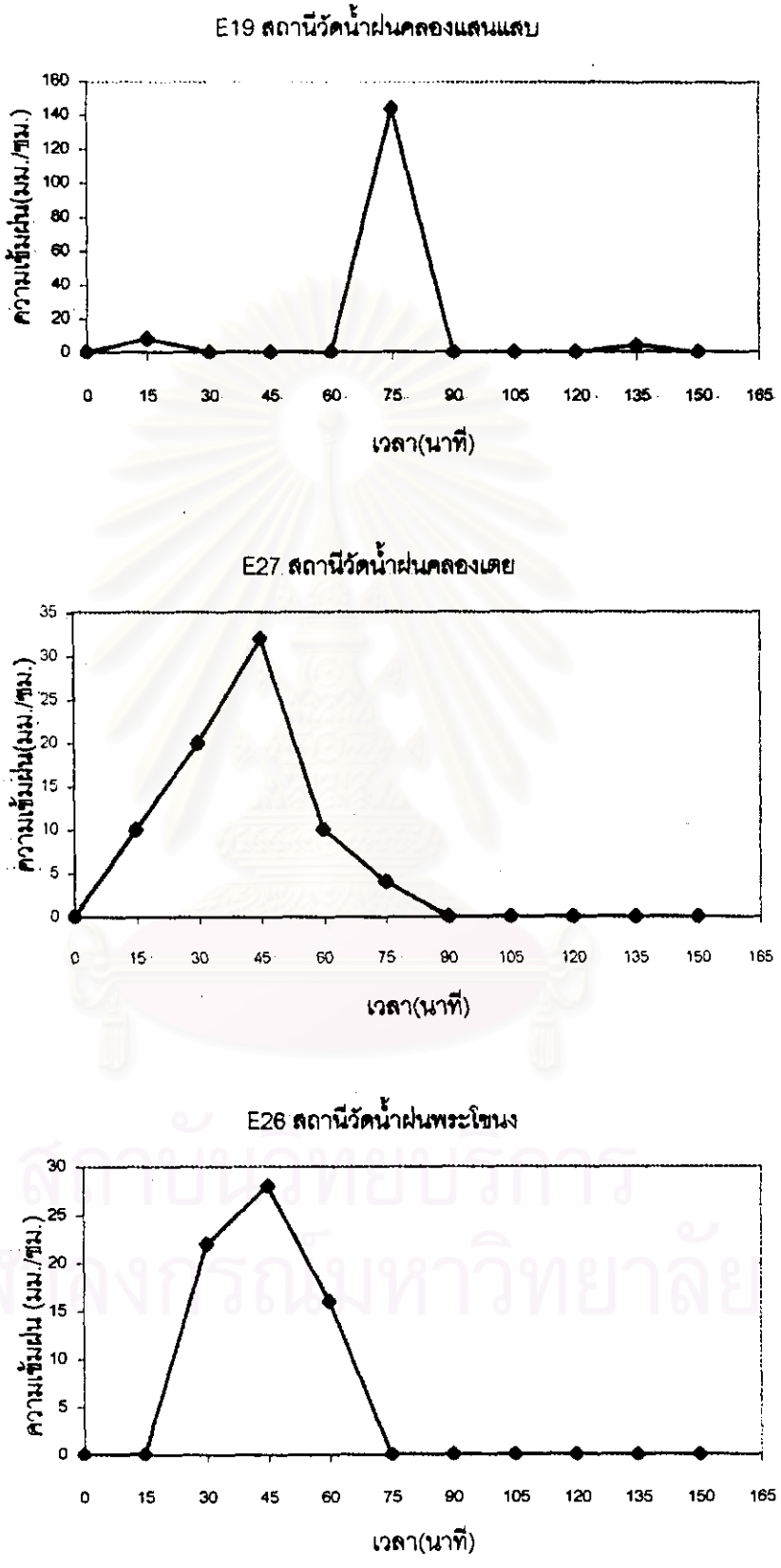
```
aPrj = theView.GetProjection
zField = theftab1.findfield("Prov_namt")
m1= Grid.MakeFromFtab (theFtab1,aprj,NIL{thecellsize1,theextent1})
themask=Grid.SetAnalysisMask (m1)
theMaskGrid = Grid.GetAnalysisMask

' Spatial.Surface
thethemeG= theview.FindTheme("Point_road.shp")
theFTabG=theThemeG.GetFTab
zFieldG = theftabG.findfield("ground_Lev")
anInterp = interp.makeIDW(2,nil,Nil)

' perform interpolation
r1 = Grid.MakeByInterpolation(theFTabG,aPrj,zFieldG,anInterp,{thecellsize1,theextent1})
gthmG = GTheme.Make(r1)
gthmG.UpdateLegend

thethemeN= theview.FindTheme("Point_node.shp")
theFTabN=theThemeN.GetFTab

For each a in 0..Flrow by fff
T=a.asstring
zFieldT = theFtabN.findfield(T)

' perform interpolation
rT = Grid.MakeByInterpolation(theFTabN,aPrj,zFieldT,anInterp,{thecellsize1,theextent1})
gthmT = GTheme.Make(rT)
gthmT.UpdateLegend

zFieldI = theFtabN.findfield("Invert_msl")
' perform interpolation
r3 = Grid.MakeByInterpolation(theFTabN,aPrj,zFieldI,anInterp,{thecellsize1,theextent1})
gthm3 = GTheme.Make(r3)
gthm3.UpdateLegend

' Spatial.Calculator
floodT = (rT-r1+r3)
gthmfT = GTheme.Make(floodT)

' create appropriate legend for theme
theLegendT = gthmfT.GetLegend
theLegendT.interval(gthmfT,"Value",6)
theLegendT.DisplayNodataClass(False)
theClassListT=theLegendT.GetClassifications
theSymbolListT = thelegendT.GetSymbols

theLegendT.SetClassInfo(0,{"0.00-0.05","0.00-0.05",theSymbolListT.Get(0),0.00,0.0499})
theLegendT.SetClassInfo(1,{"0.05-0.2","0.05-0.2",theSymbolListT.Get(1),0.05,0.1999})
theLEgendT.SetClassInfo(2,{"0.2-0.4","0.2-0.4",theSymbolListT.Get(2),0.20,0.3999})
theLegendT.SetClassInfo(3,{"0.4-0.6","0.4-0.6",theSymbolListT.Get(3),0.40,0.5999})
theLegendT.SetClassInfo(4,{"0.6-0.8","0.6-0.8",theSymbolListT.Get(4),0.60,0.7999})
theLegendT.SetClassInfo(5,{"Above 0.8 m.","Above 0.8 m.",theSymbolListT.Get(5),0.80,20.00})

theNullSymbol = theSymbolListT.Get(theSymbolListT.Count - 1)
theSymbolListT.Remove(theSymbolListT.Count - 1)
thenullsymbol.setcolor(color.getwhite)
```

```
startColor = Color.Make
startColor.SetRgbList({220,220,255})
theSymbolListT.RampColors(startColor,Color.GetMagenta)
theSymbolListT.Add(thenullsymbol)
gthmfT.UpdateLegend

' set name for theme
gthmfT.SetName("Flood map"+T+"min.")
' add theme to the specifiedView
theview.addtheme(gthmfT)

'set order TOC
theThemeList=theView.GetThemes
'the first theme become the last
theThemeList.Shuffle(theThemeList.Get(0),(theThemeList.Count))
'make the theme active
for each thm in thethemeList
  thm.setvisible(true)
end
'turn off theme point_node.shp and point_road.shp
thetheme1=theview.findtheme("Point_node.shp")
  thetheme1.setvisible(false)
thetheme2=theview.findtheme("Point_road.shp")
  thetheme2.setvisible(false)

theThemeList.Get(theThemeList.Count-1).setActive(true)
thethemeT=theview.findtheme("Flood map"+T+"min.")
  theThemeT.setvisible(true)

'add text
myGraphicSet = theThemeT.GetGraphics
 pt = Point.Make(666900,1519000)
myText = GraphicText.Make("Flood map"+T+"min.",pt)
theView.GetGraphics.Add(myText)
myGraphicSet.Add(myText)
mytext.GetSymbol.SetFont(Font.MakeStandard (#FONT_TIMEBI))
mytext.GetSymbol.SetSize(12)
mytext.GetSymbol.SetColor(Color.GetBlack)
myGraphicSet.SetVisible(true)


theView.InvalidateTOC(nil)
theview.GetDisplay.Invalidate(true)

END
'''''''''''''''''''set order Pop_bmap'''''''''''
'set order TOC
theThemeList=theView.GetThemes
'the first theme become the last
theThemeList.Shuffle(theThemeList.Get(8),(theThemeList.Count))
theView.InvalidateTOC(nil)
theview.GetDisplay.Invalidate(true)
```

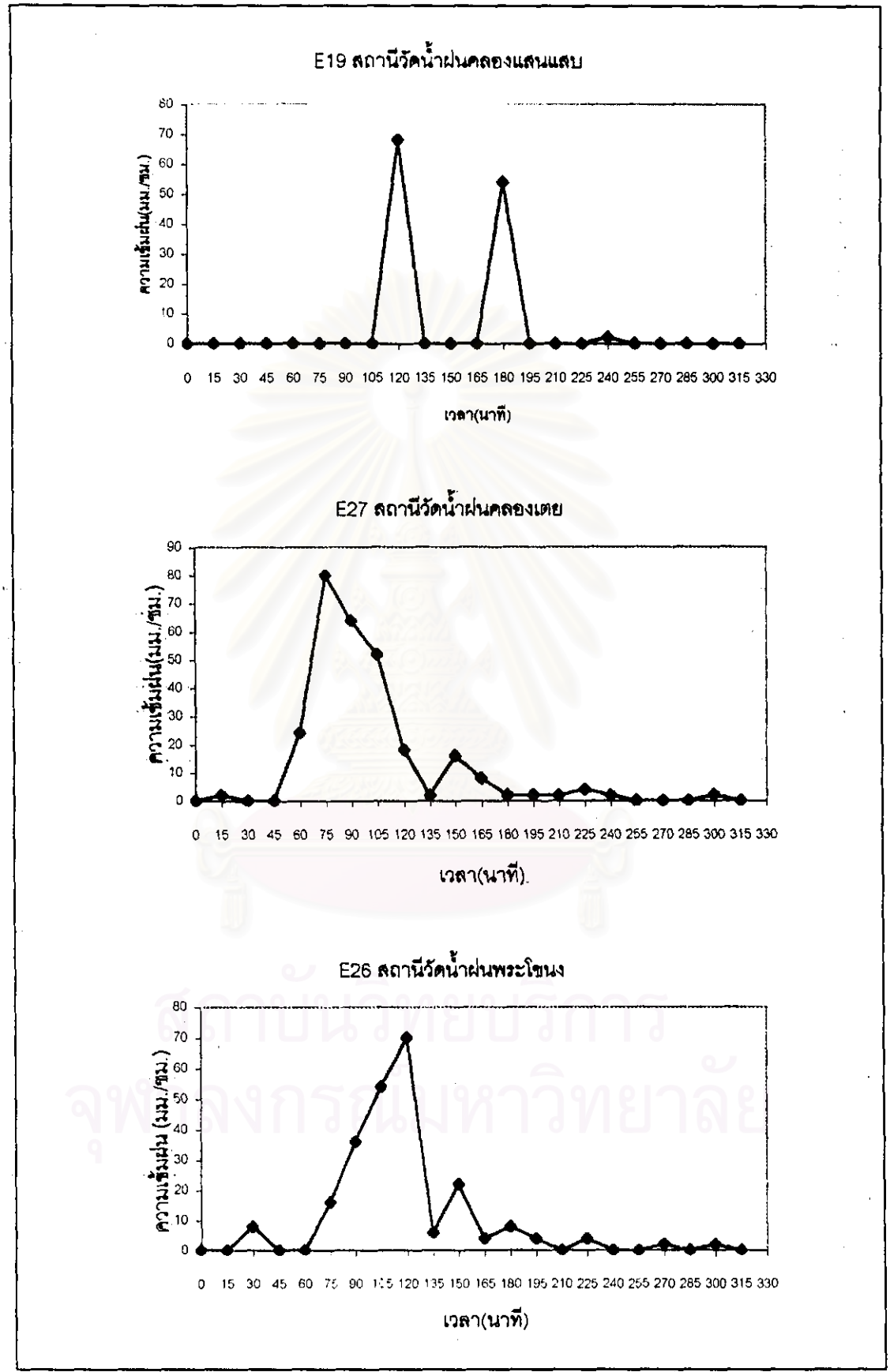
ภาคผนวก ฉ.

ชุดภาพแสดงฝนของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2540 และวันที่ 1 กันยายน 2541
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและช่วงเวลาที่คาบการเกิด
ชุดภาพแสดงค่าระดับน้ำของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540
และวันที่ 1 กันยายน 2541

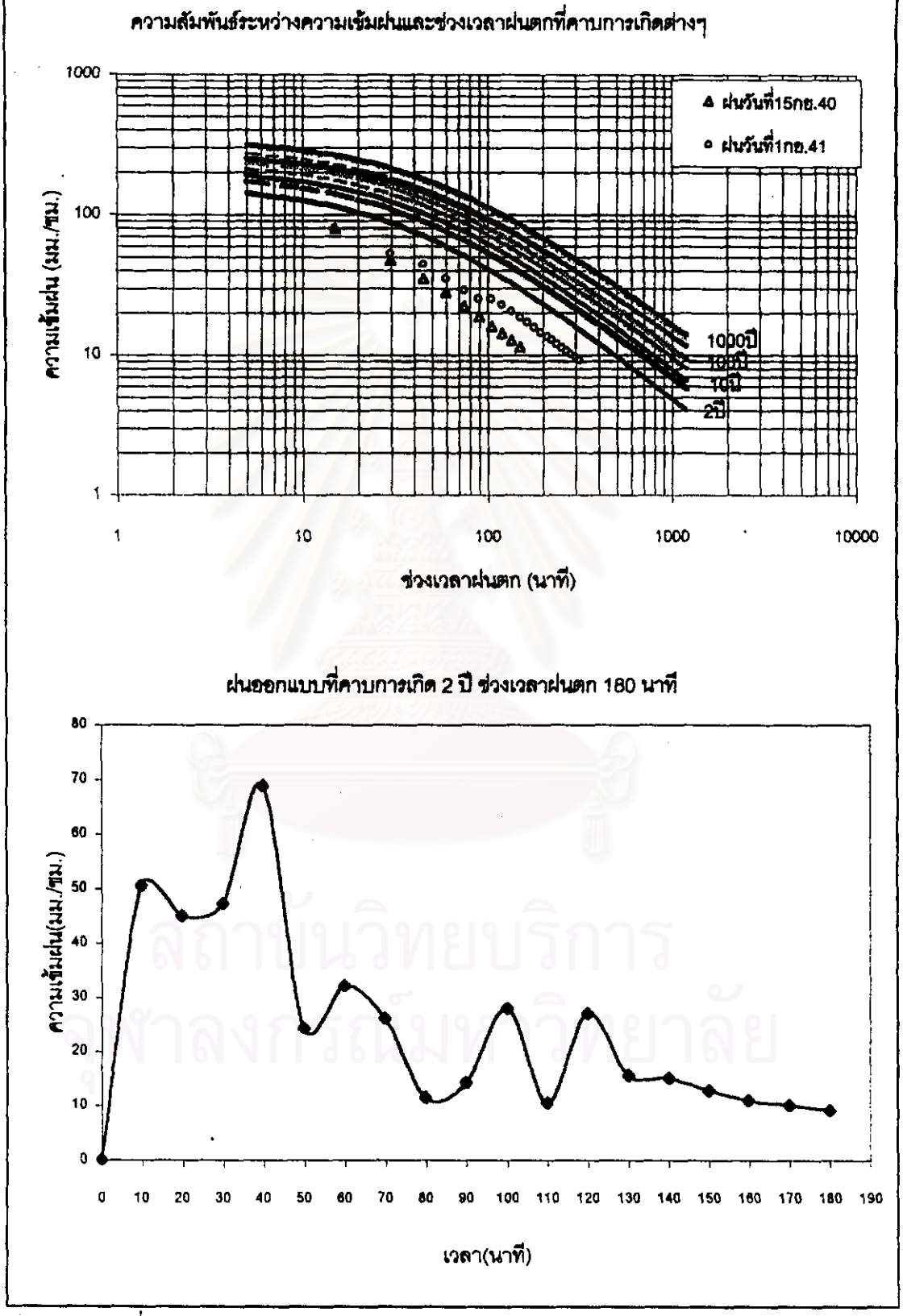
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



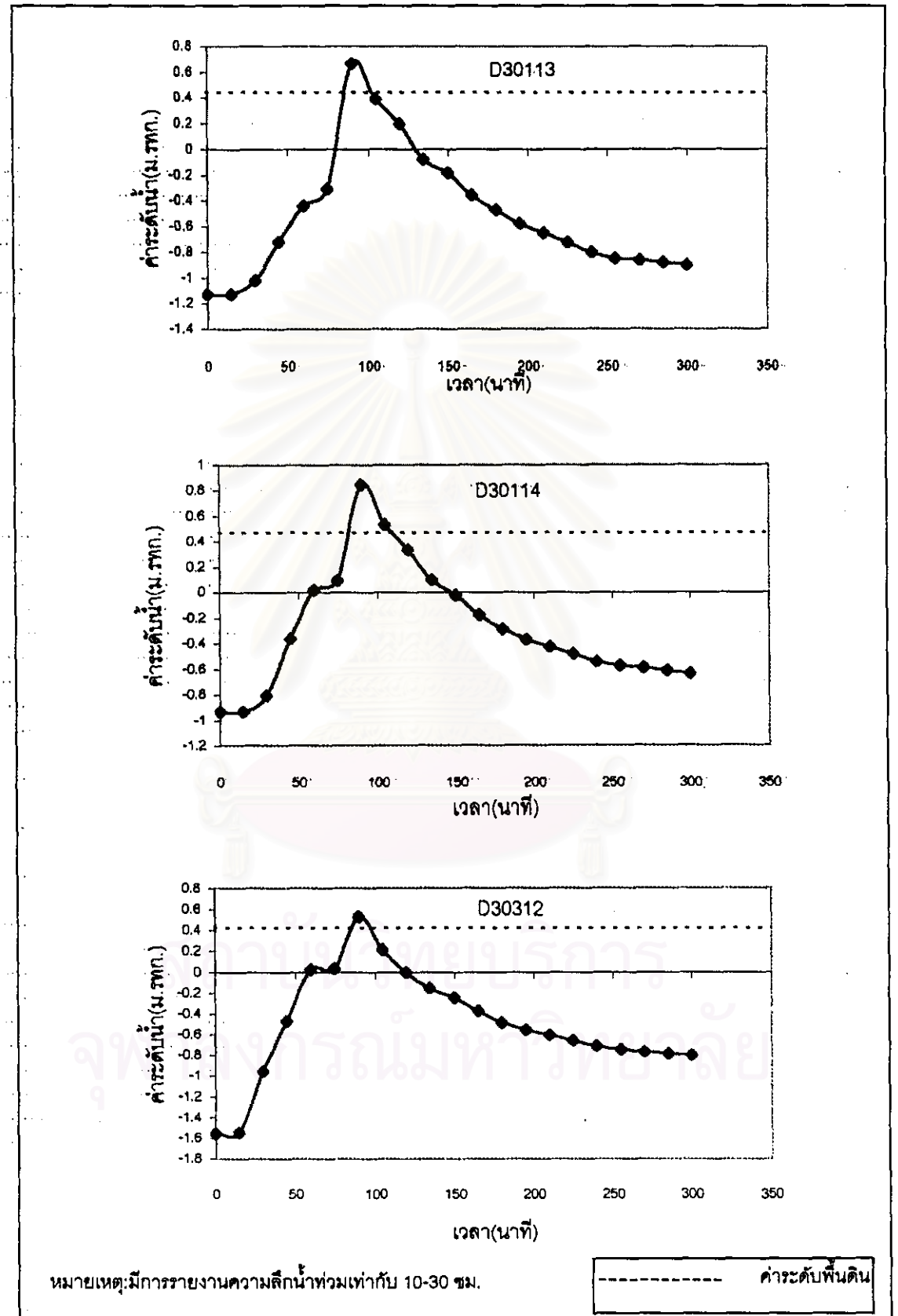
รูปที่ ฉ-1 ความสัมพันธ์ของความเข้มฝนและช่วงเวลาของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540



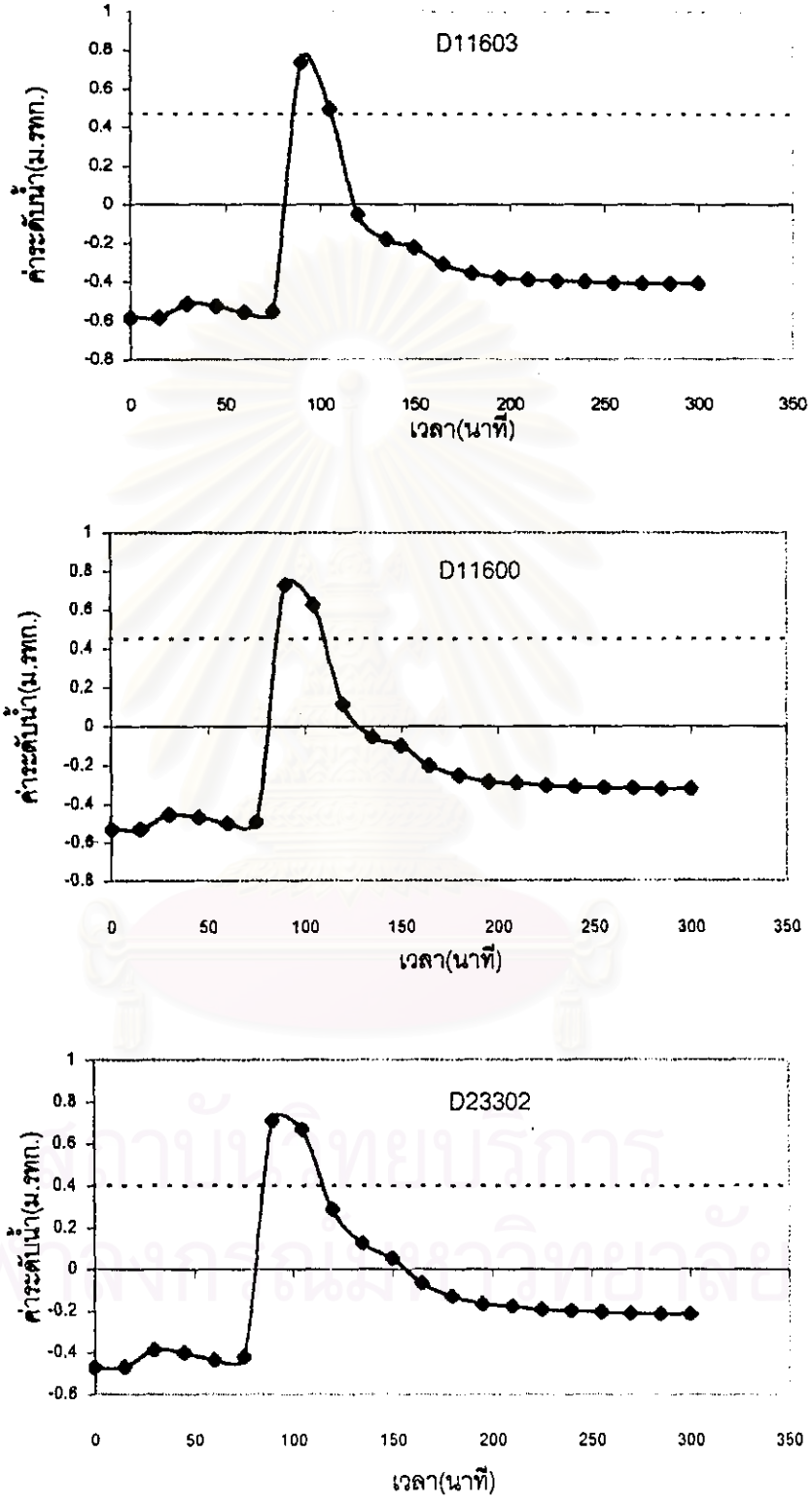
รูปที่ ฉ-2 ความสัมพันธ์ของความเข้มฝนและช่วงเวลาของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541



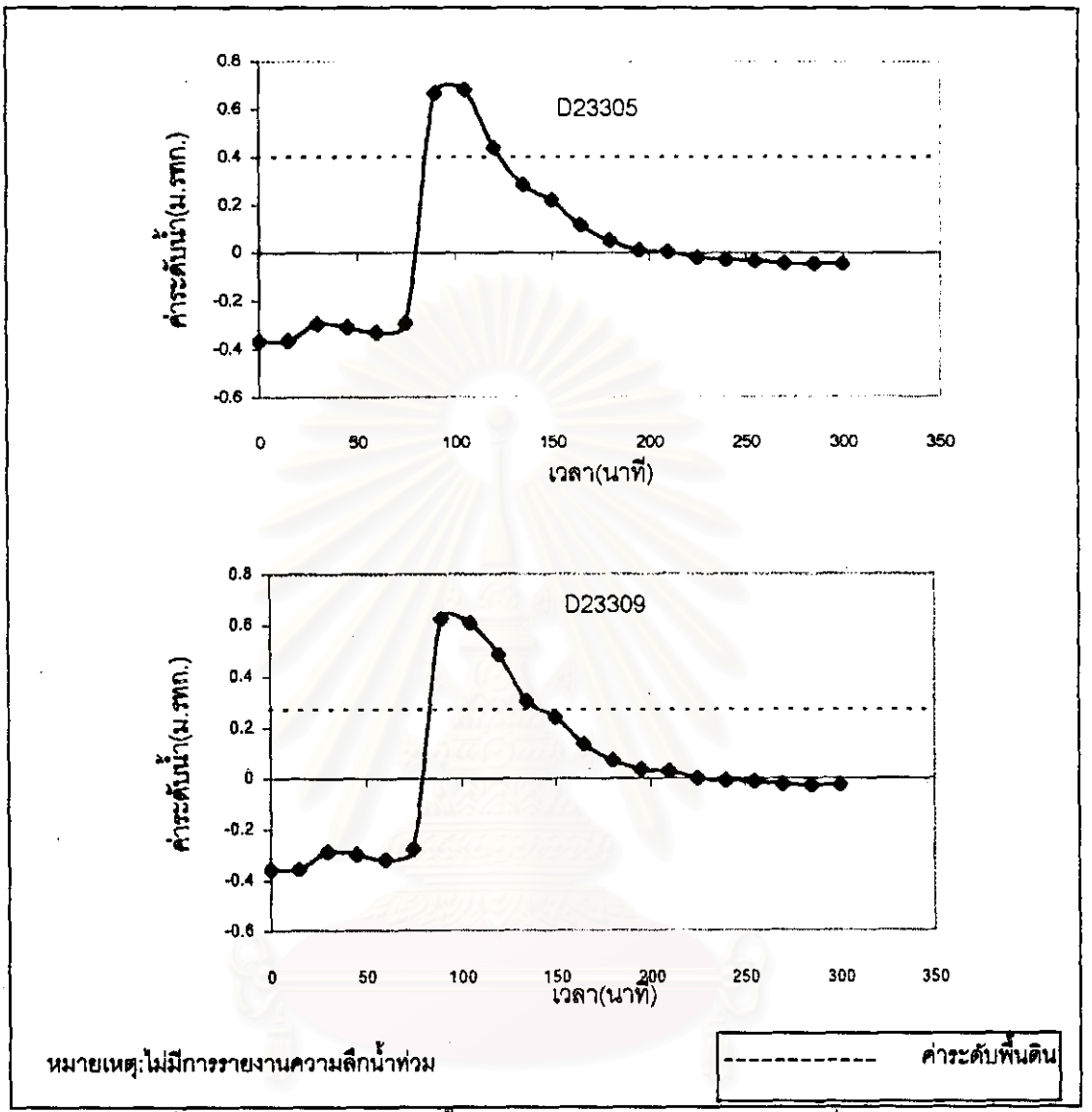
รูปที่ ฉ-3 ความสัมพันธ์ของความเข้มฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิดของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ ฉ-4 ขลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศก ของวันที่ 15 กันยายน 2540

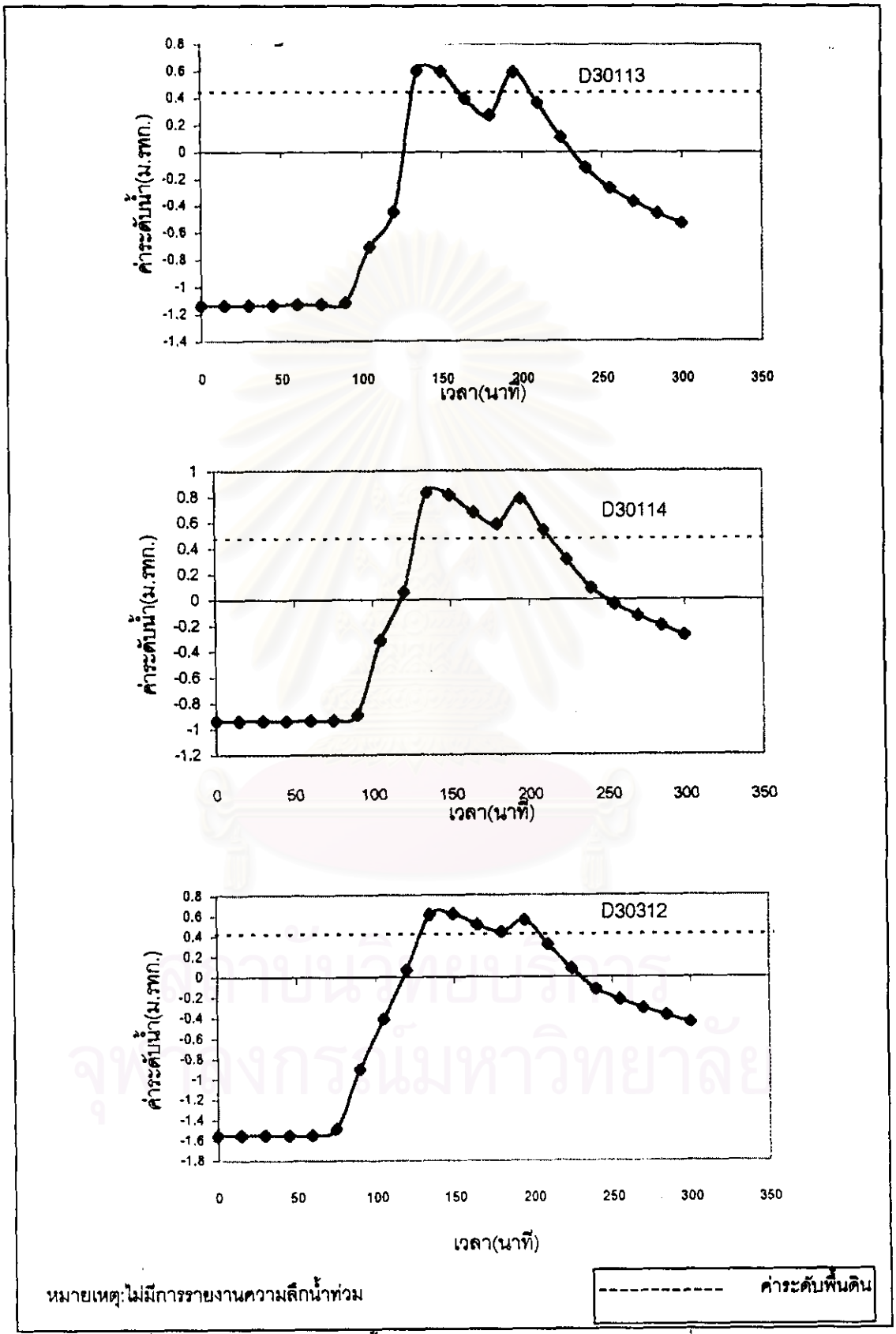


รูปที่ ฉ-4 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศก ของวันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)

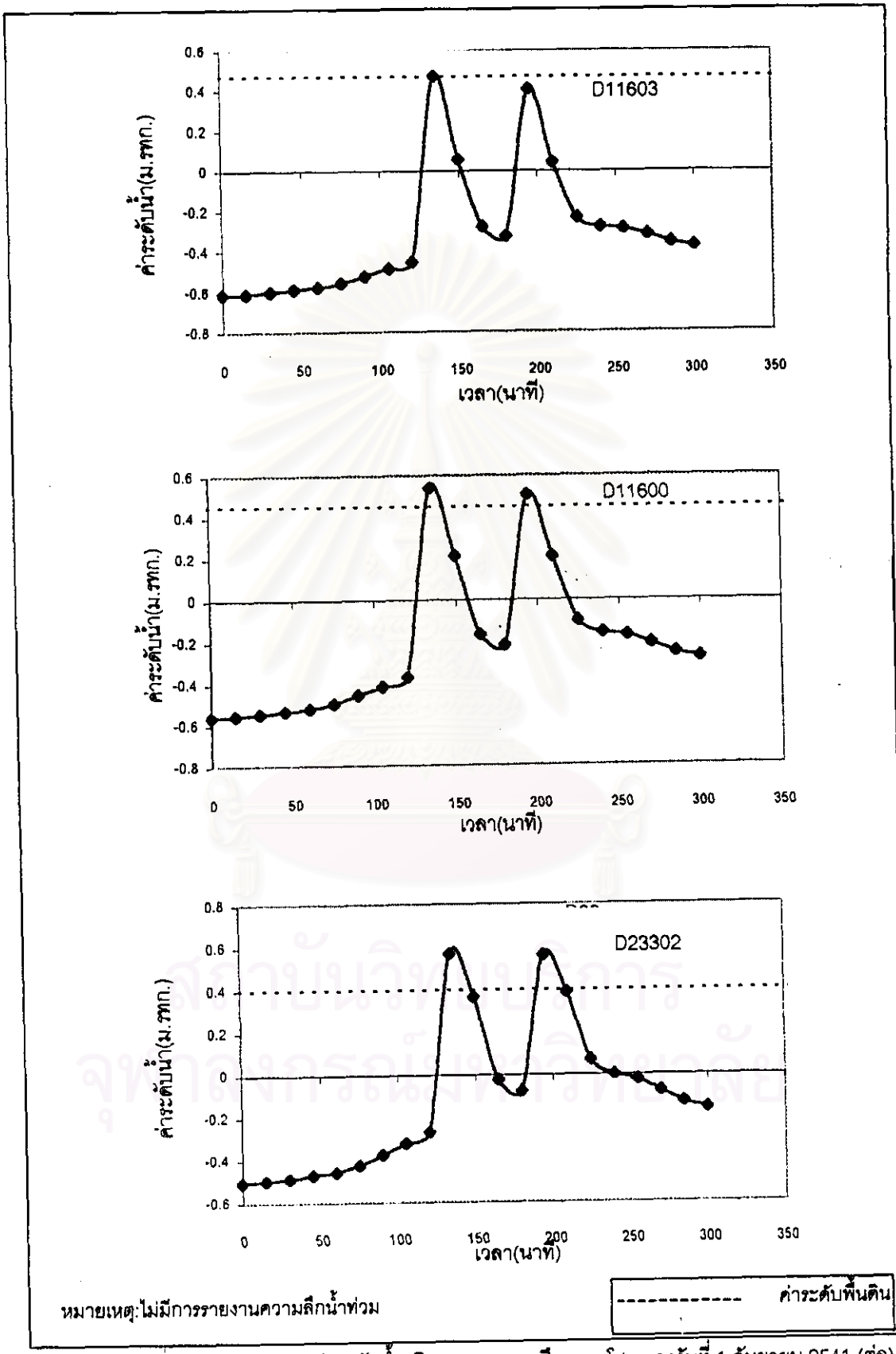


รูปที่ จ-4 ขลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศก ของวันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)

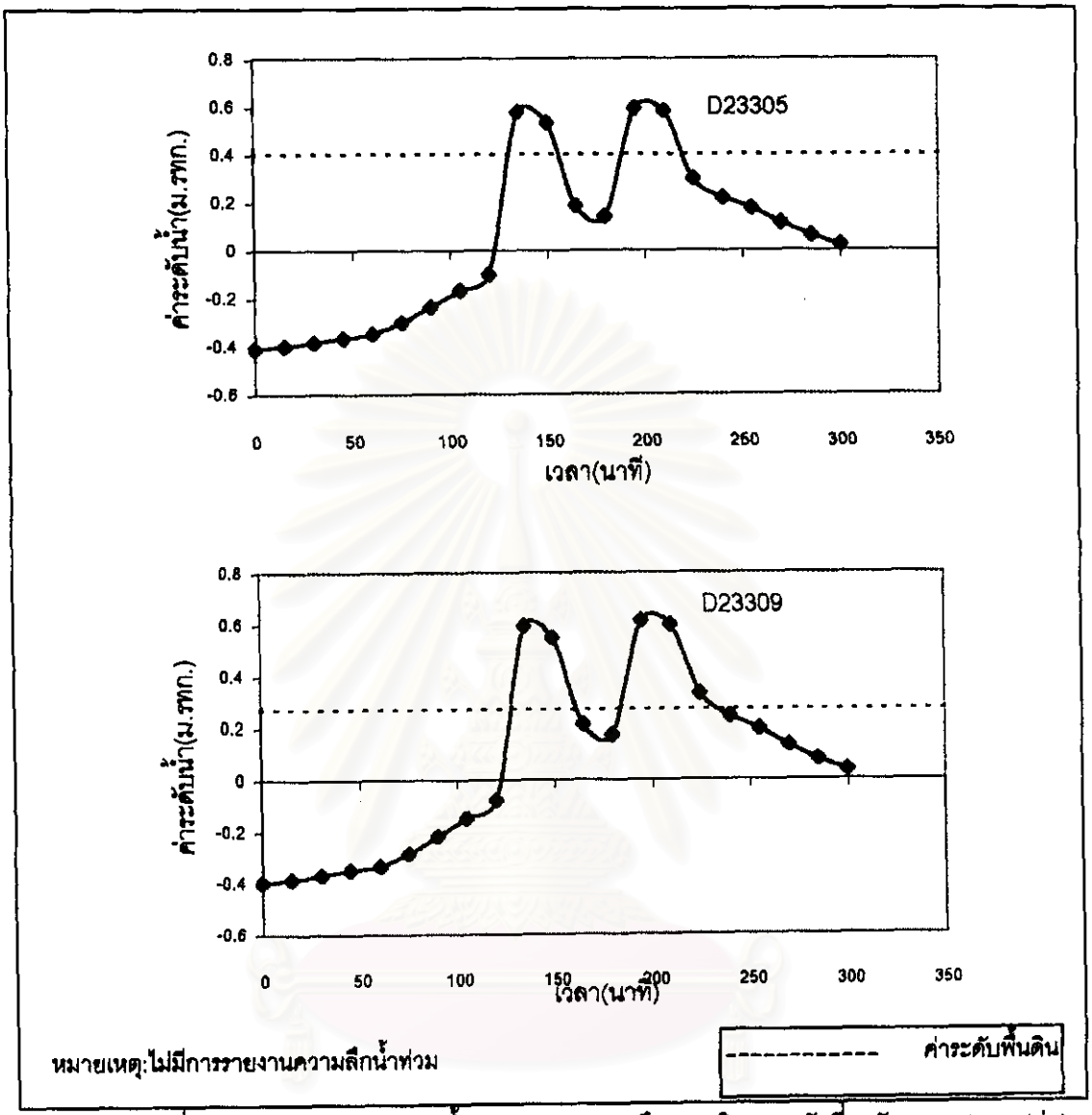
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-5 ชุดภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศก ของวันที่ 1 กันยายน 2541

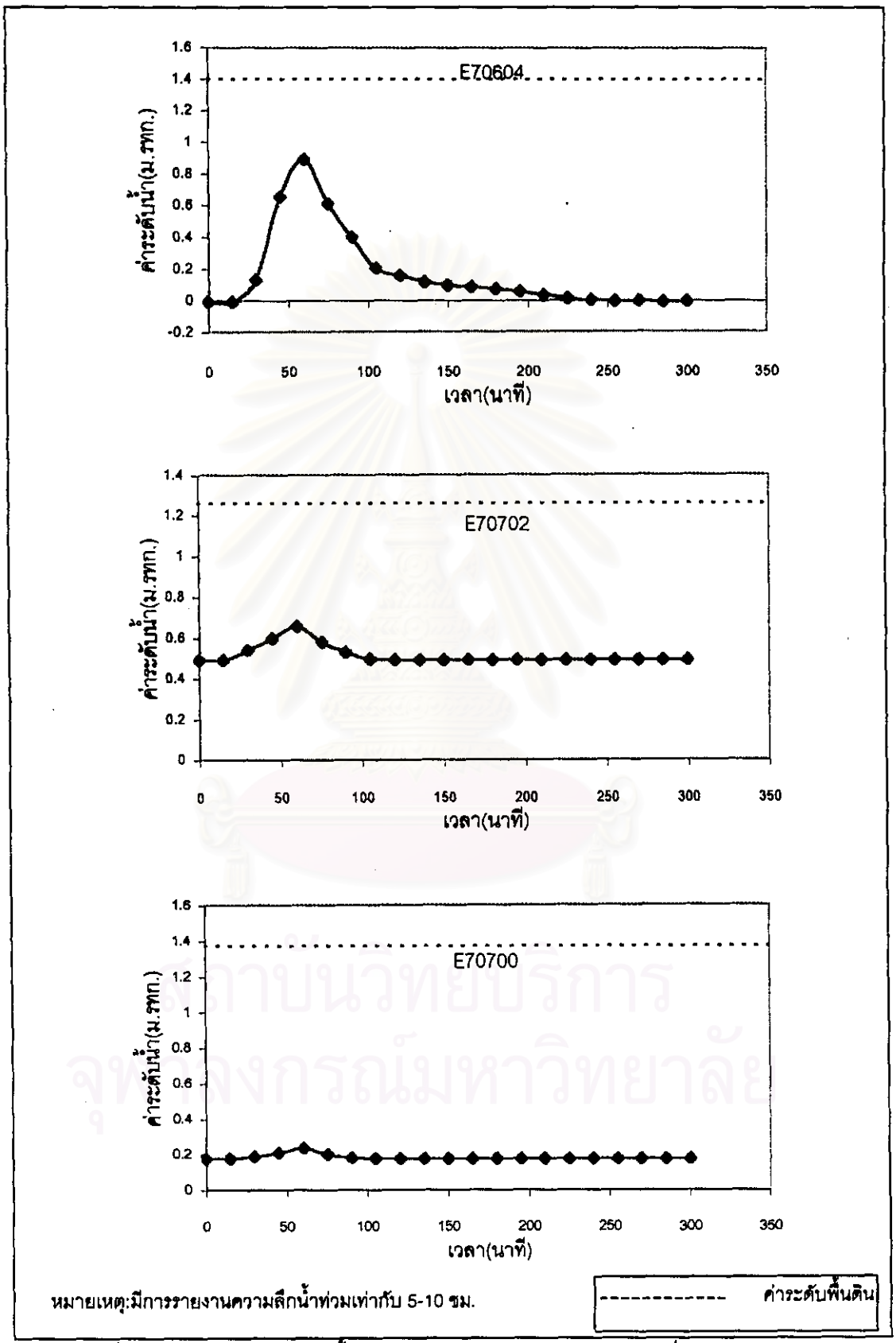


รูปที่ ฉ-5 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศก ของวันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

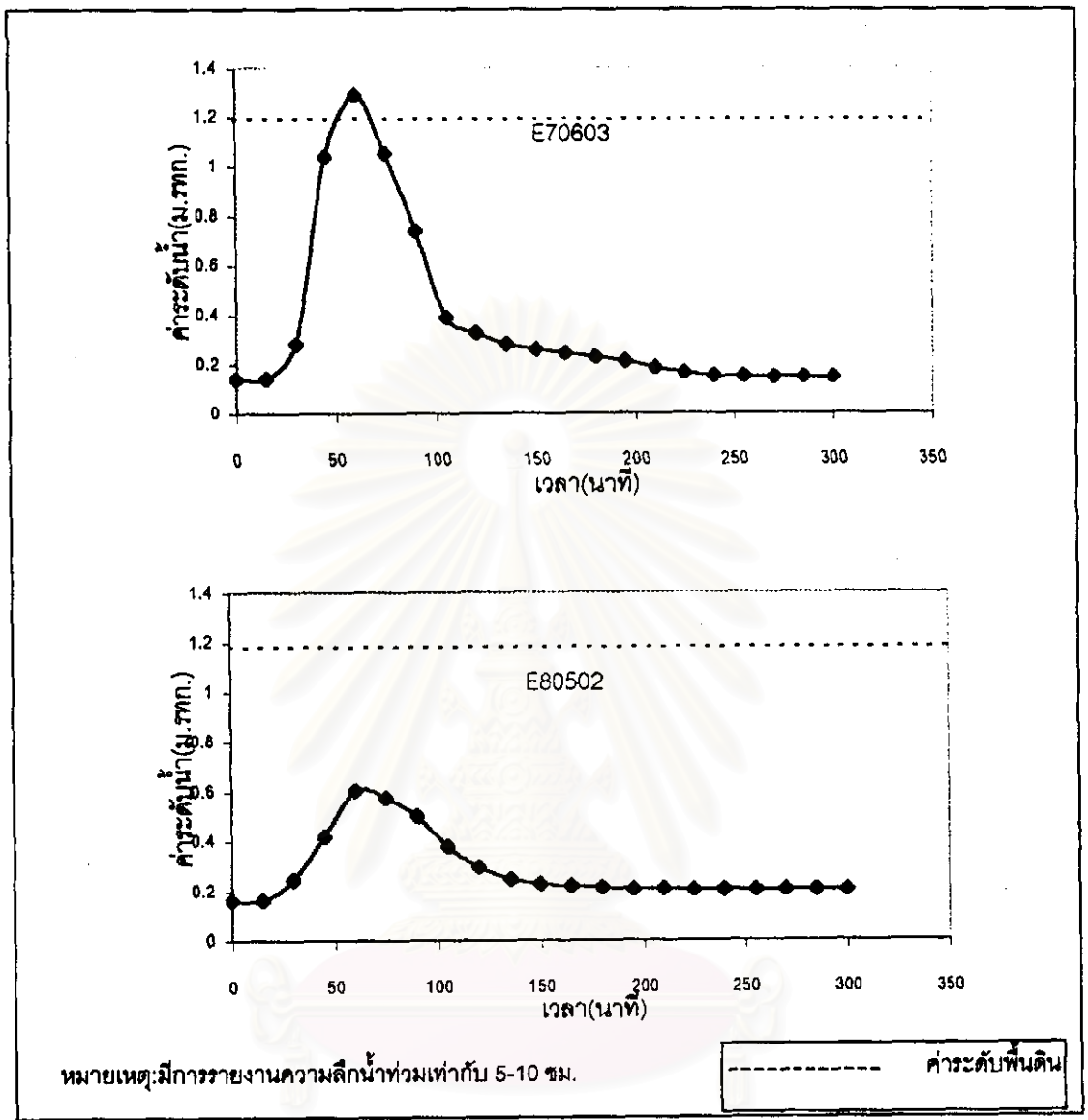


รูปที่ จ-5 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศก ของวันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

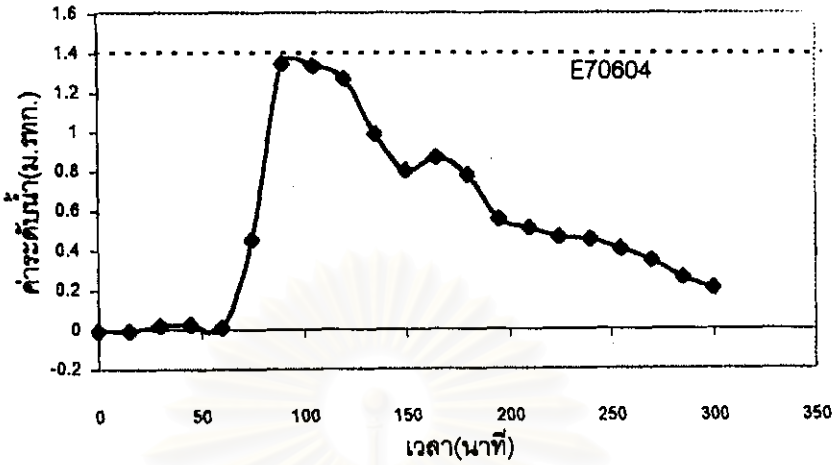


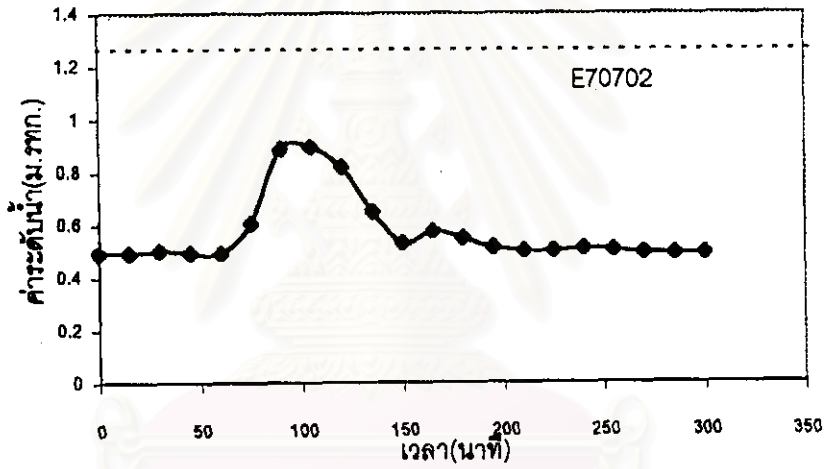
รูปที่ ฉ-6 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนพระราม3 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540

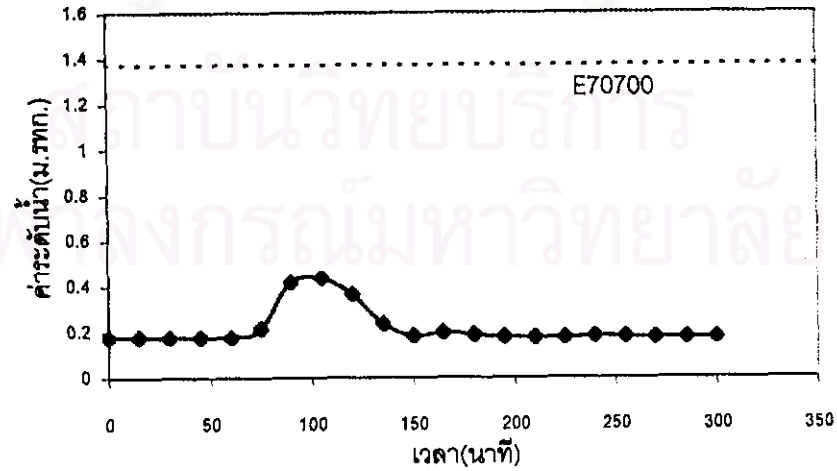


รูปที่ ฉ-6 ขลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนพระราม3 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



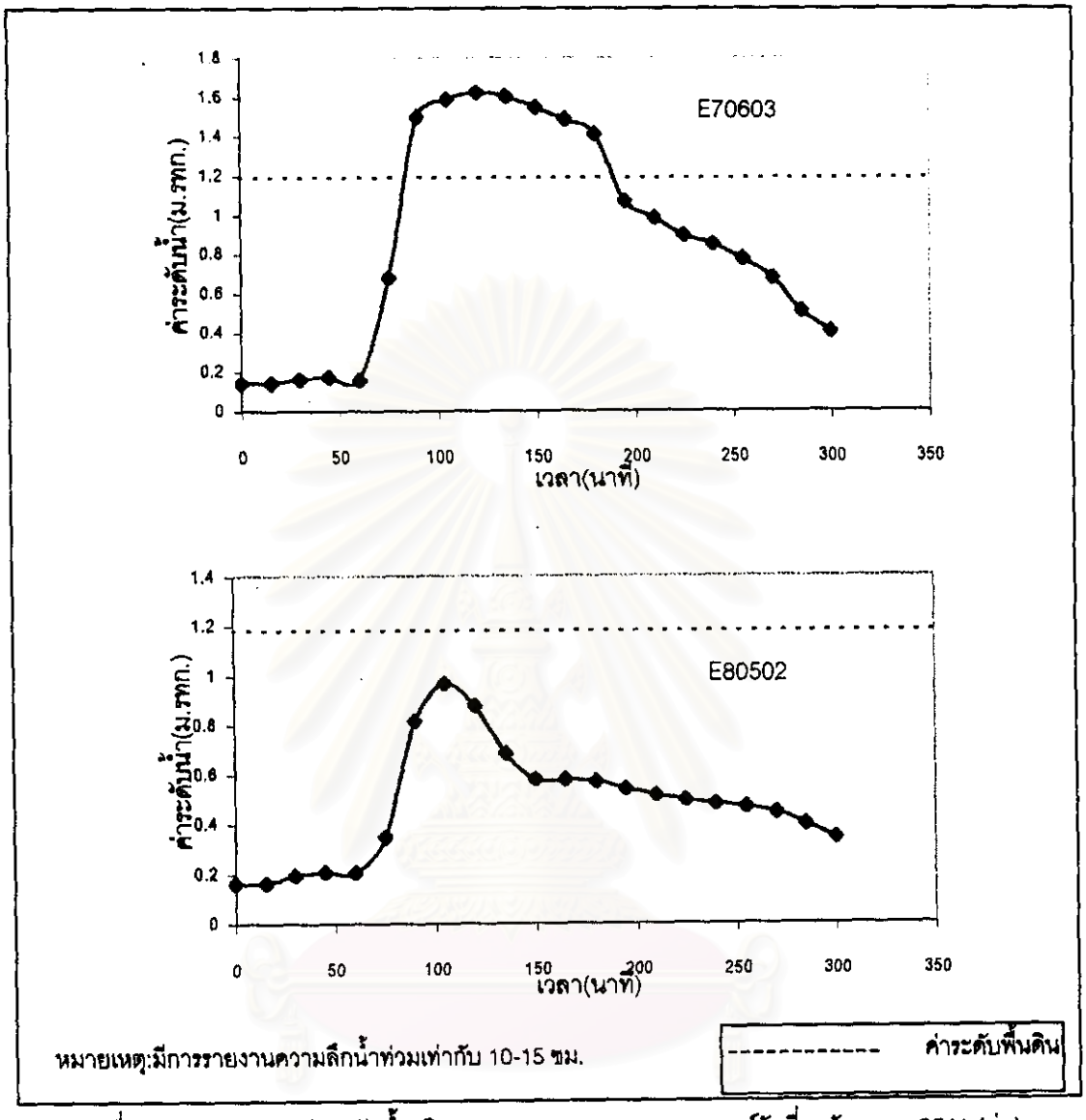




หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 10-15 ซม.

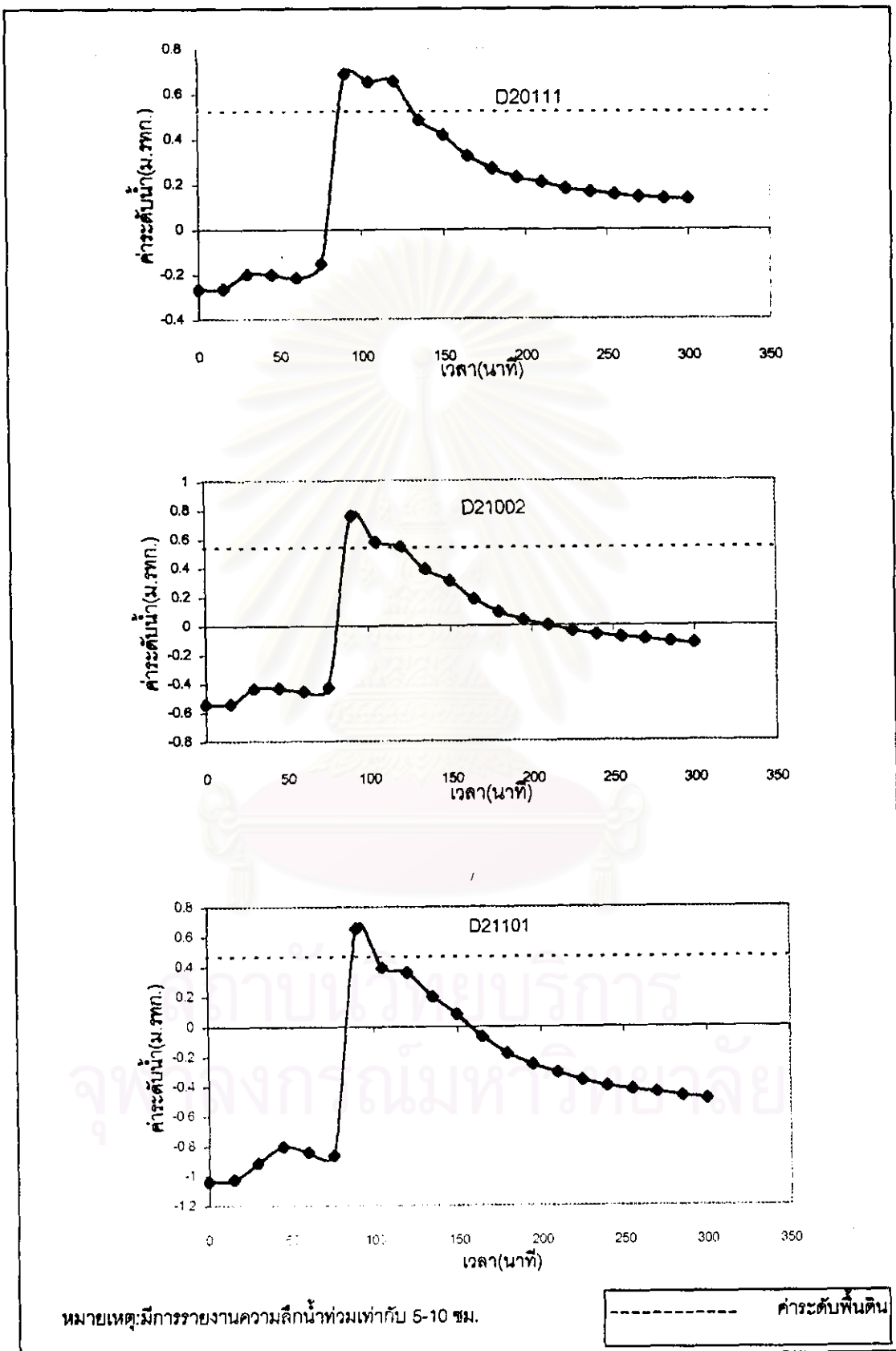
---------- ค่าระดับพื้นดิน

รูปที่ ฉ-7 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนพระราม3 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541

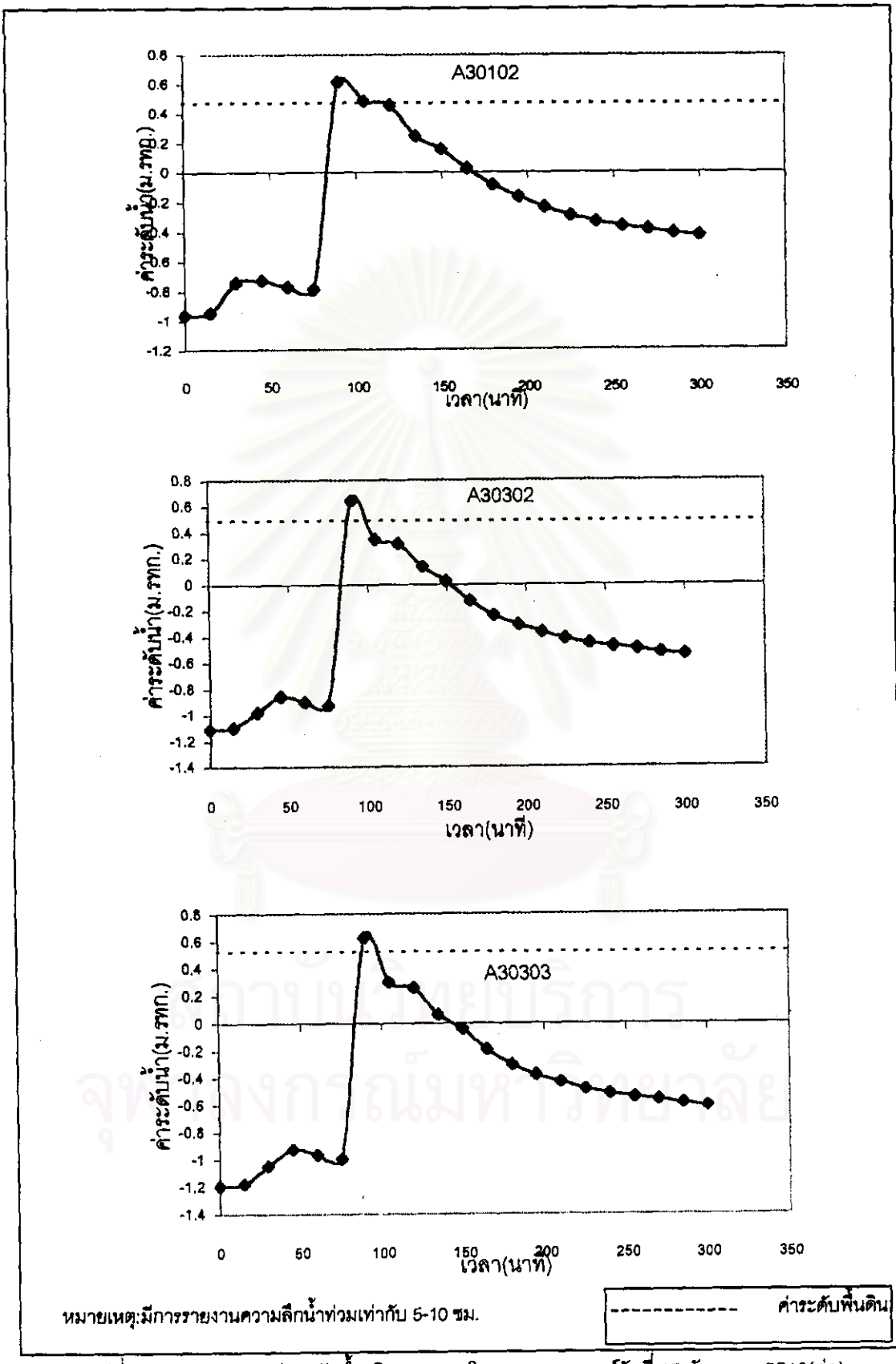


รูปที่ ฉ-7 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนพระราม3 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

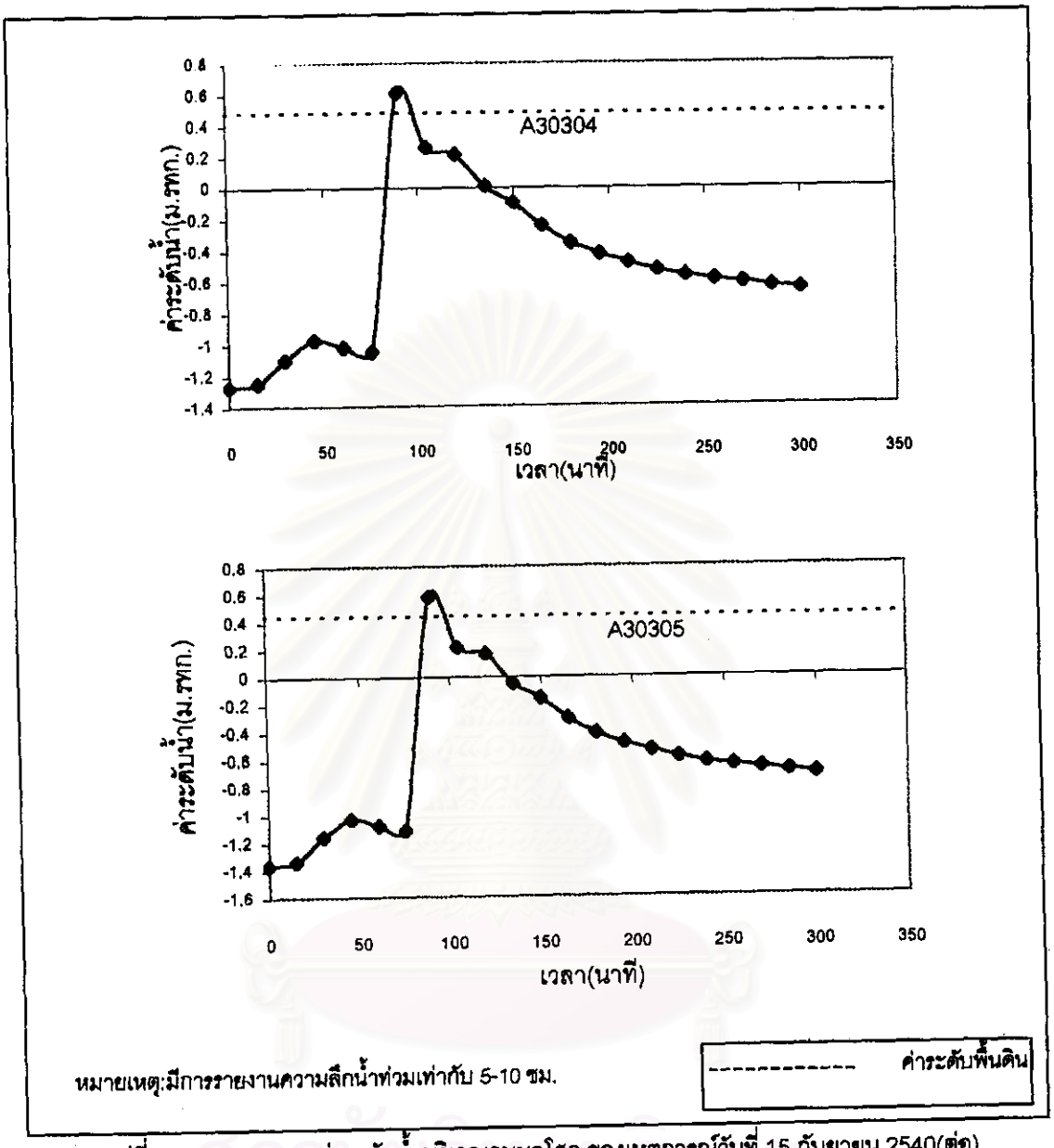
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-8 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540

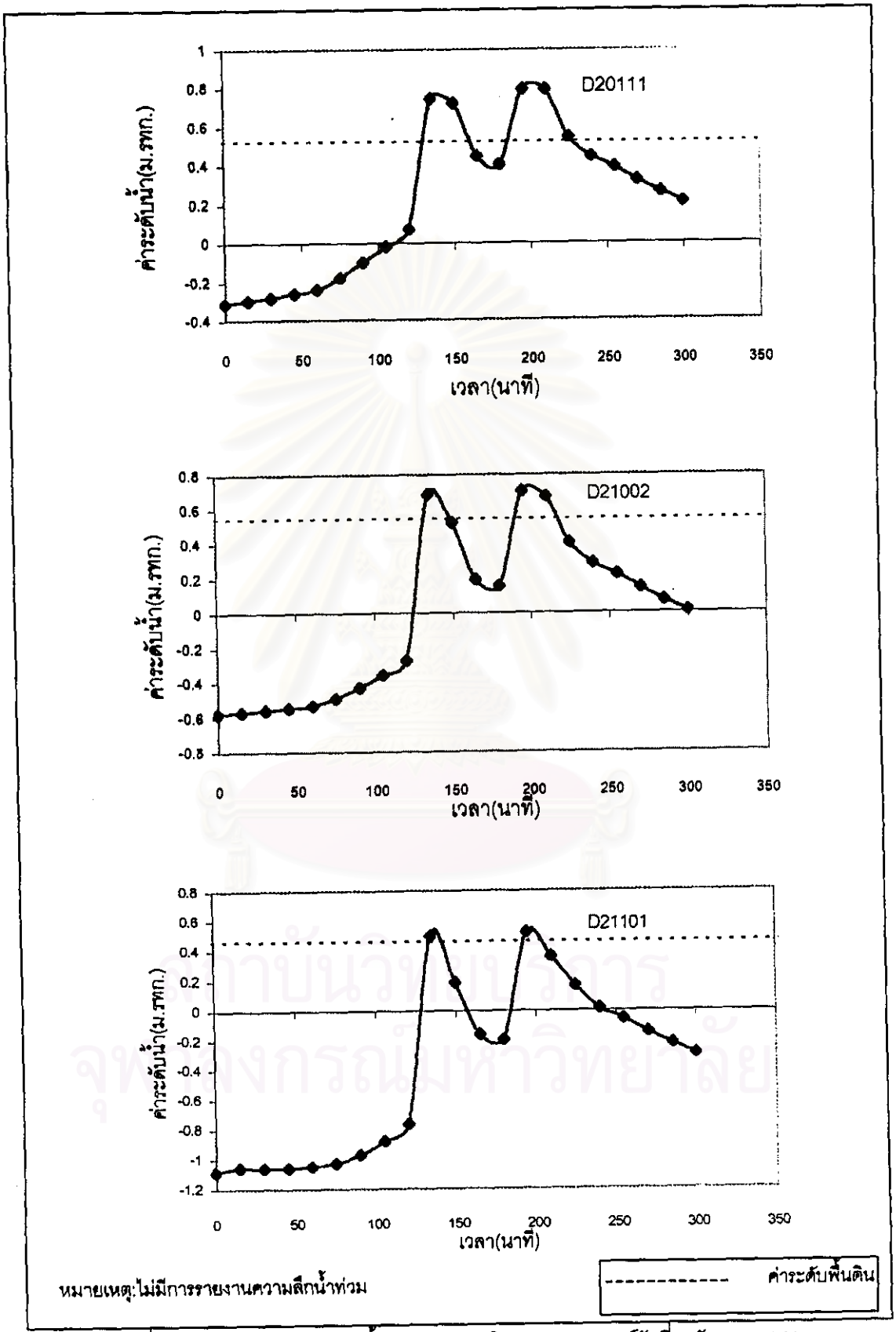


รูปที่ ฉ-8 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540(ต่อ)

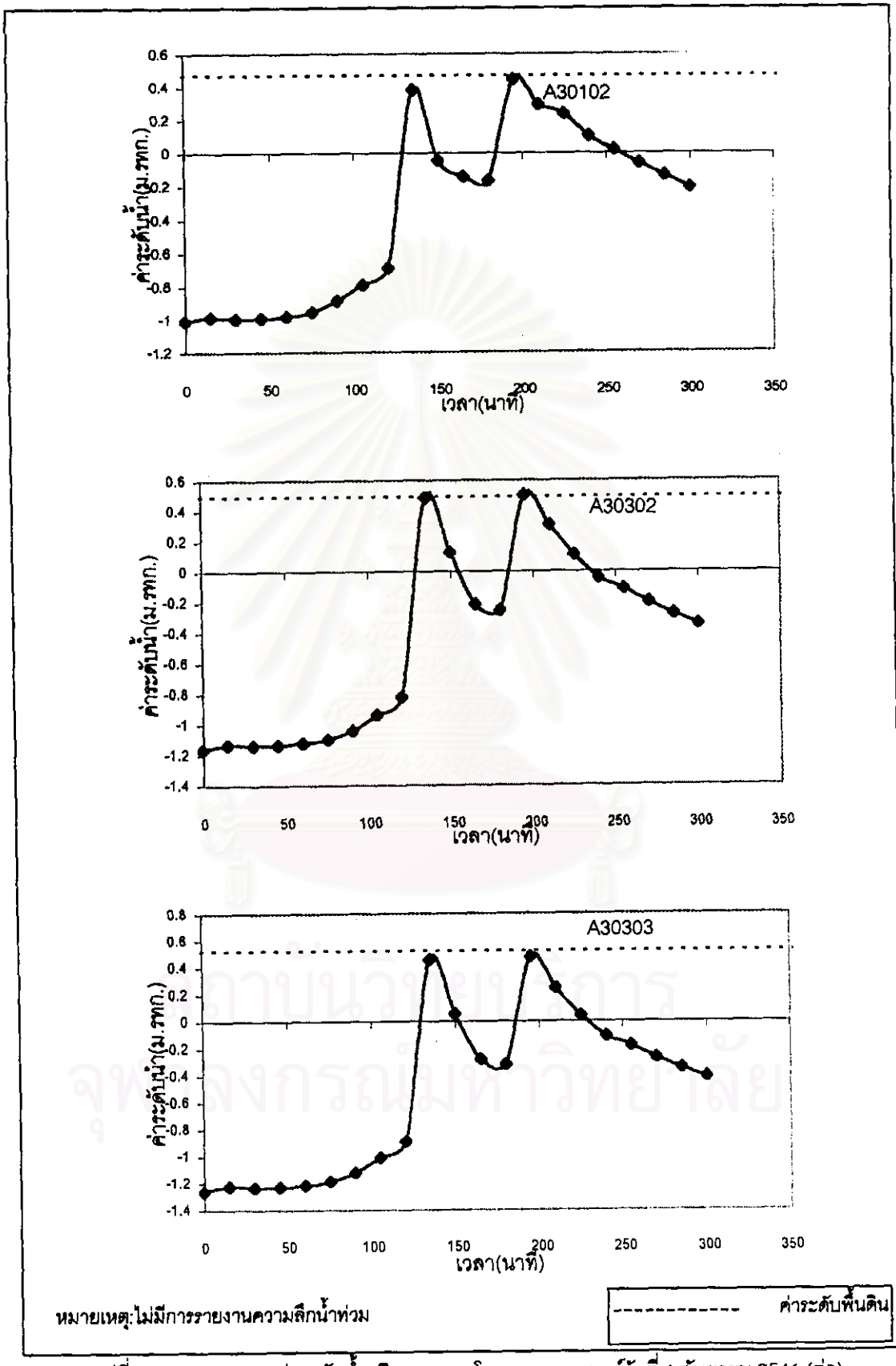


รูปที่ ฉ-8 ชุดภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540(ต่อ)

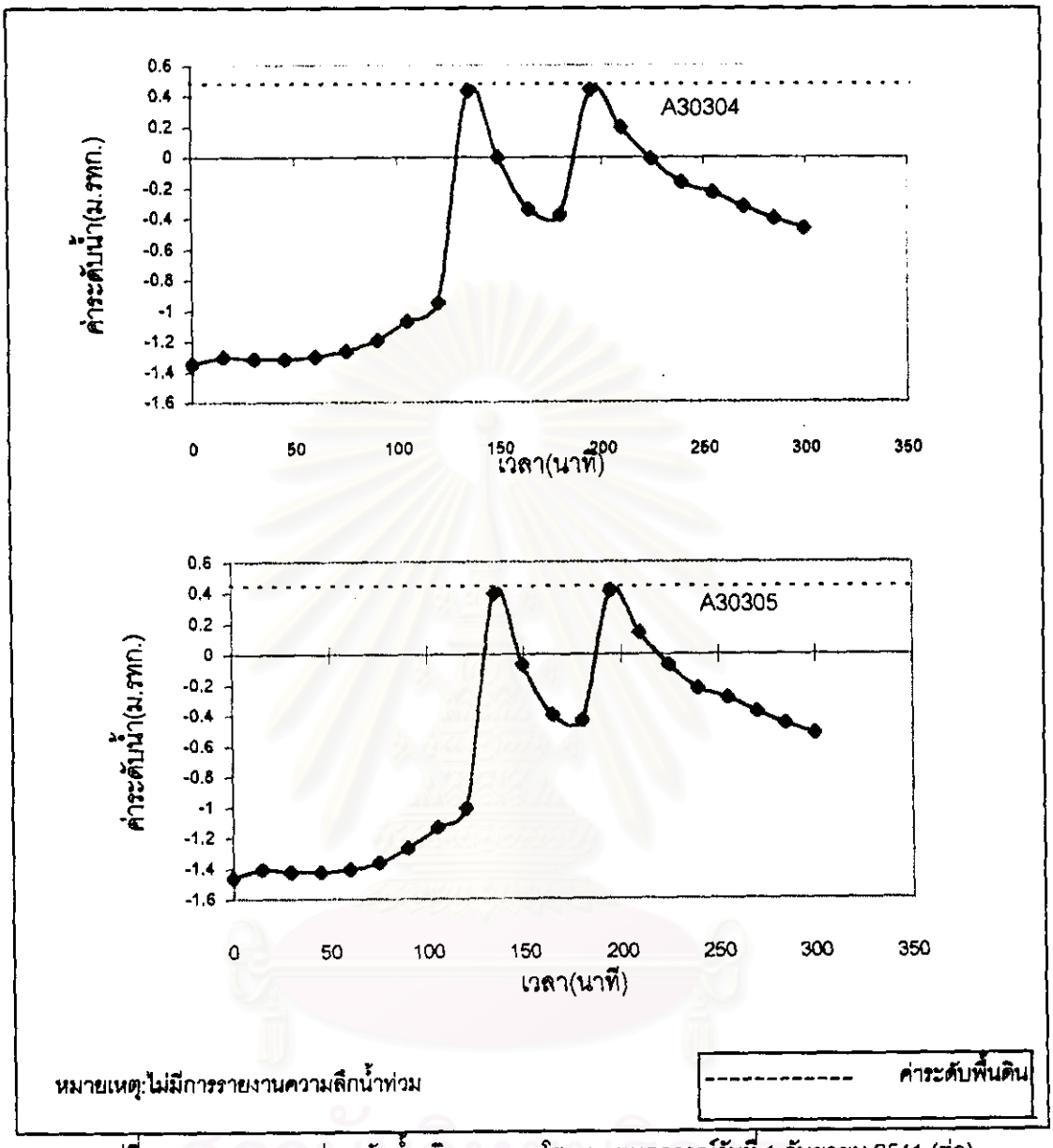
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-9 ชุดภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541

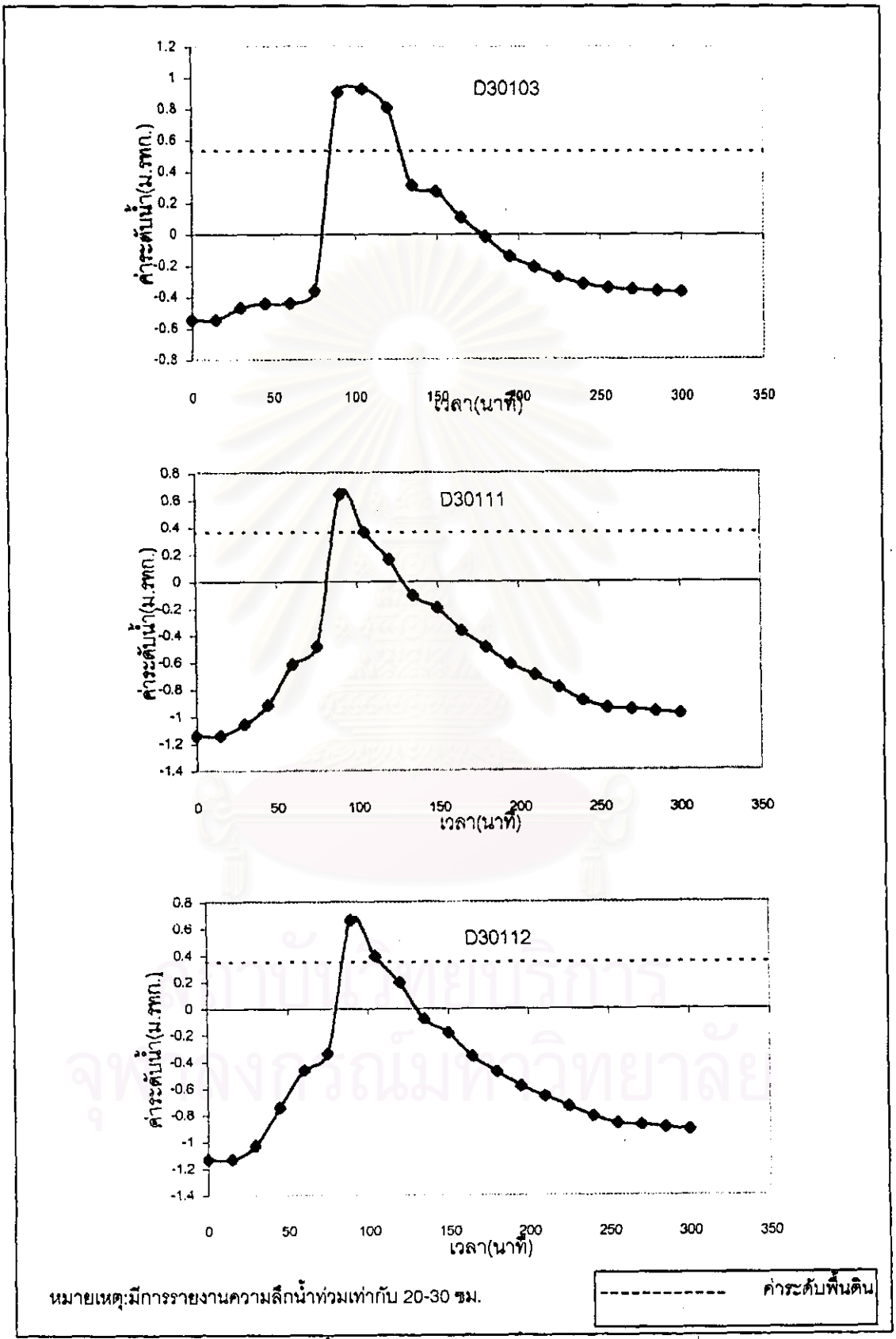


รูปที่ ฉ-9 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

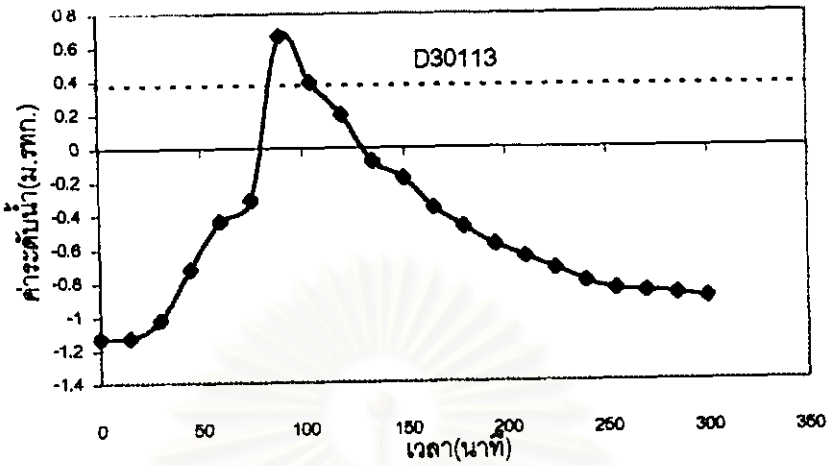


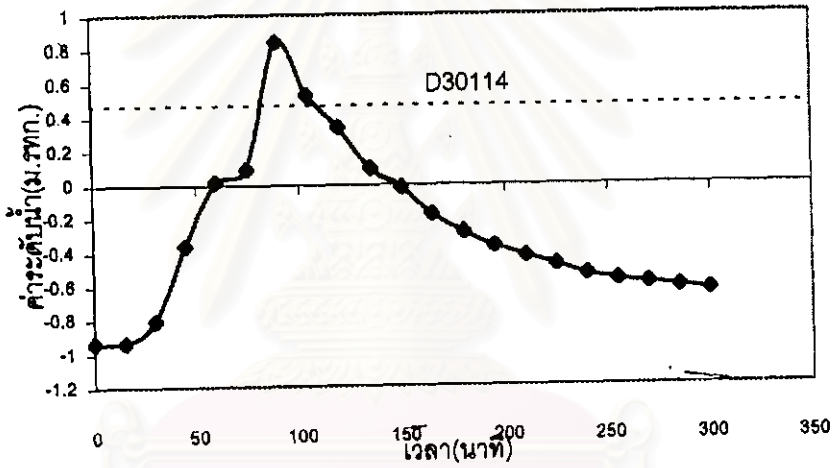
รูปที่ ฉ-9 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

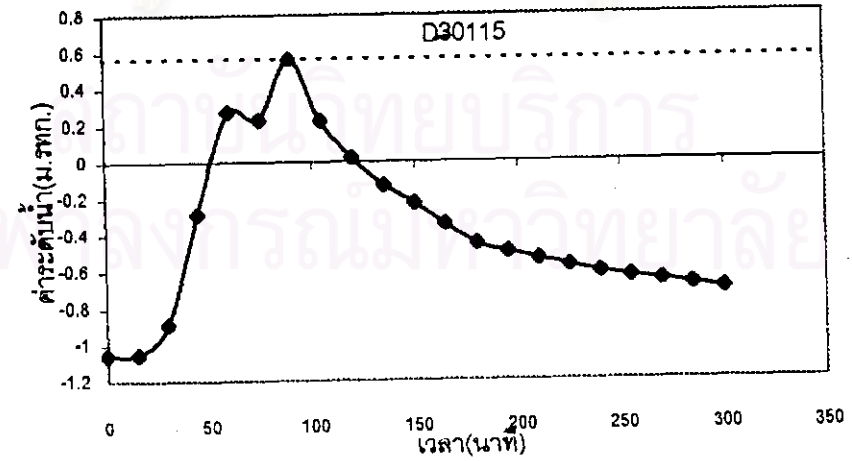
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-10 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-35 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540



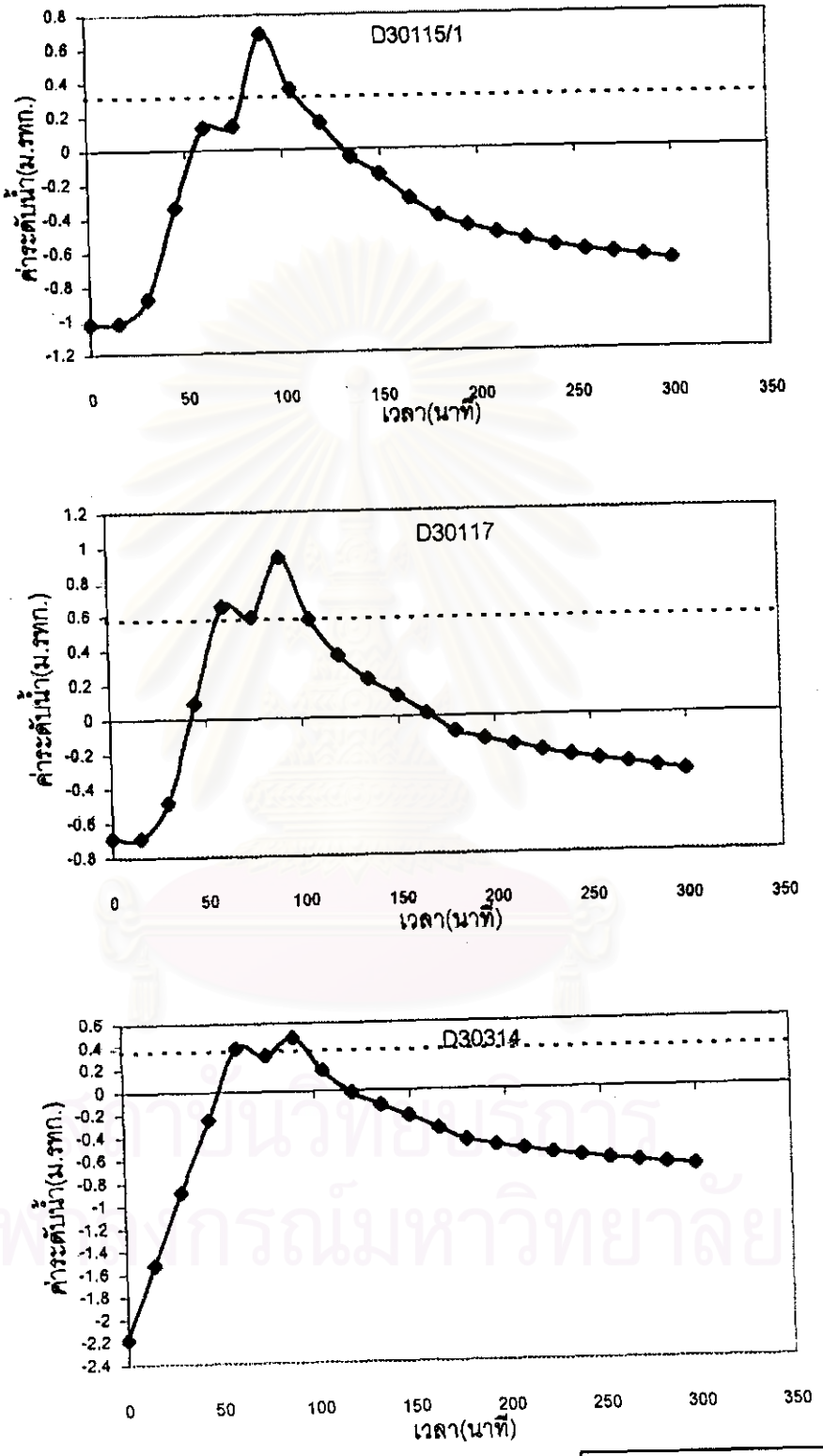




หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 20-30 ซม.

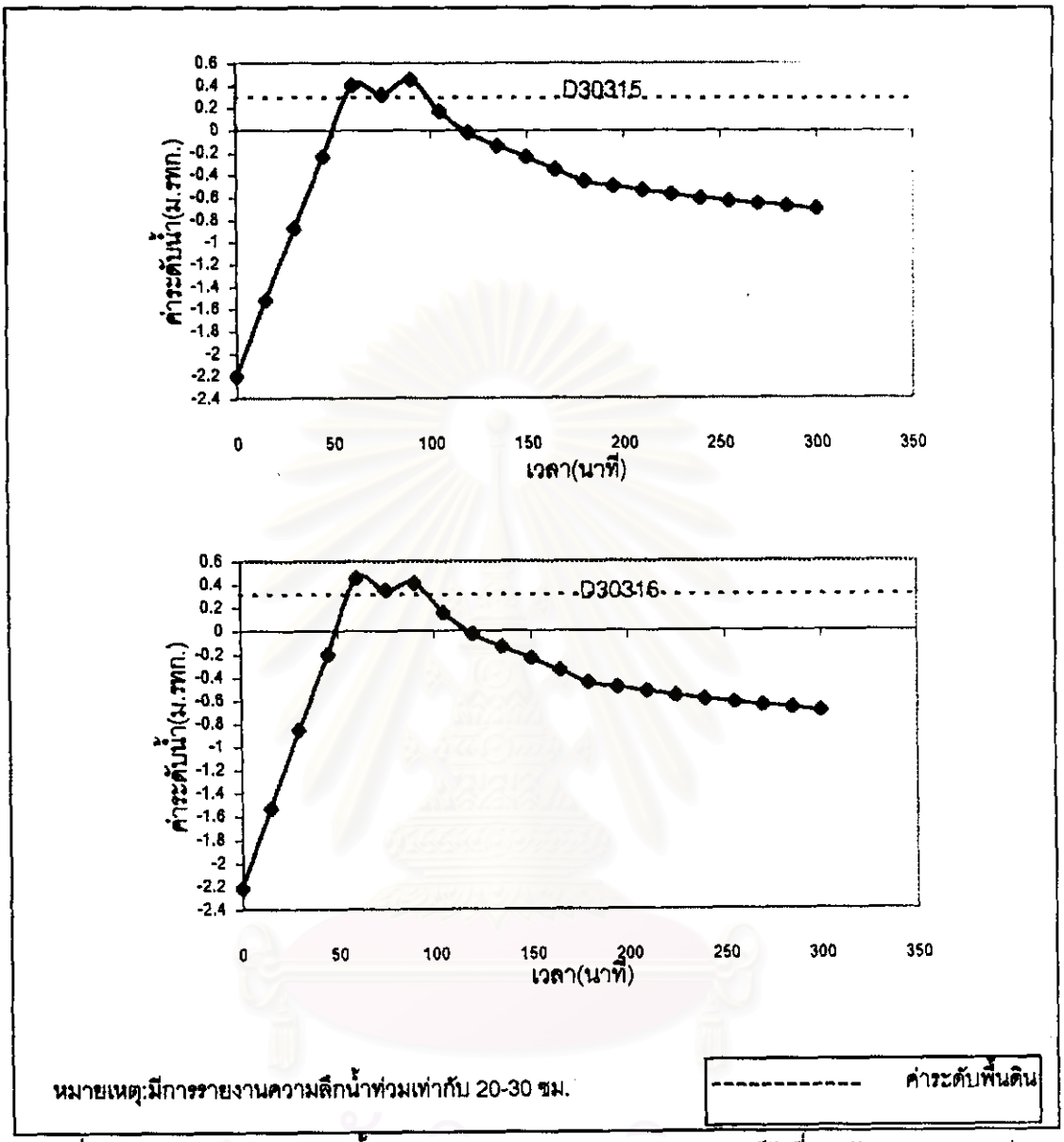
---------- ค่าระดับพื้นดิน

รูปที่ ฉ-10 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-35 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)



หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 20-30 ซม.

รูปที่ ฉ-10 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-35 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)

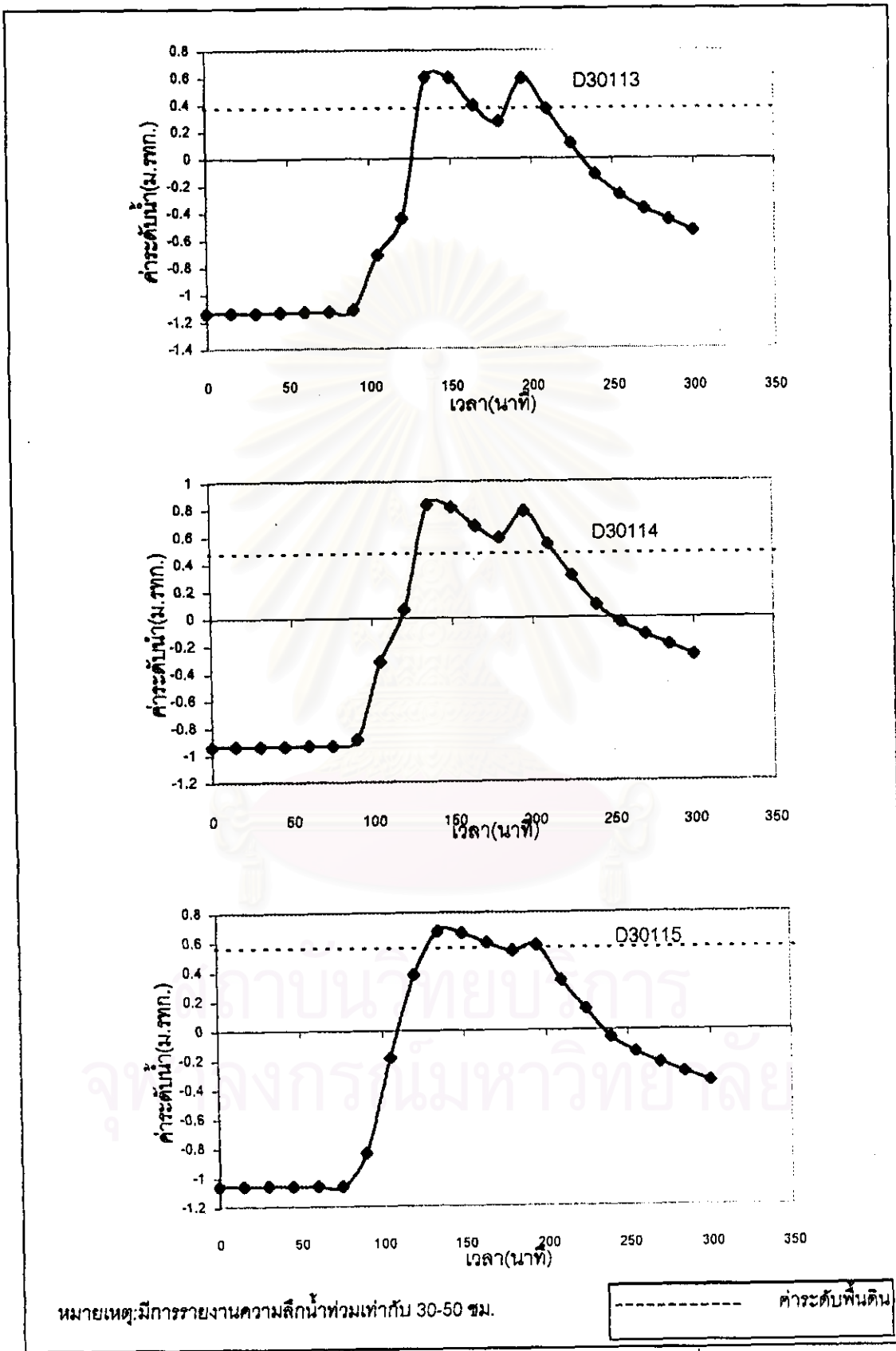


รูปที่ ฉ-10 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-35 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

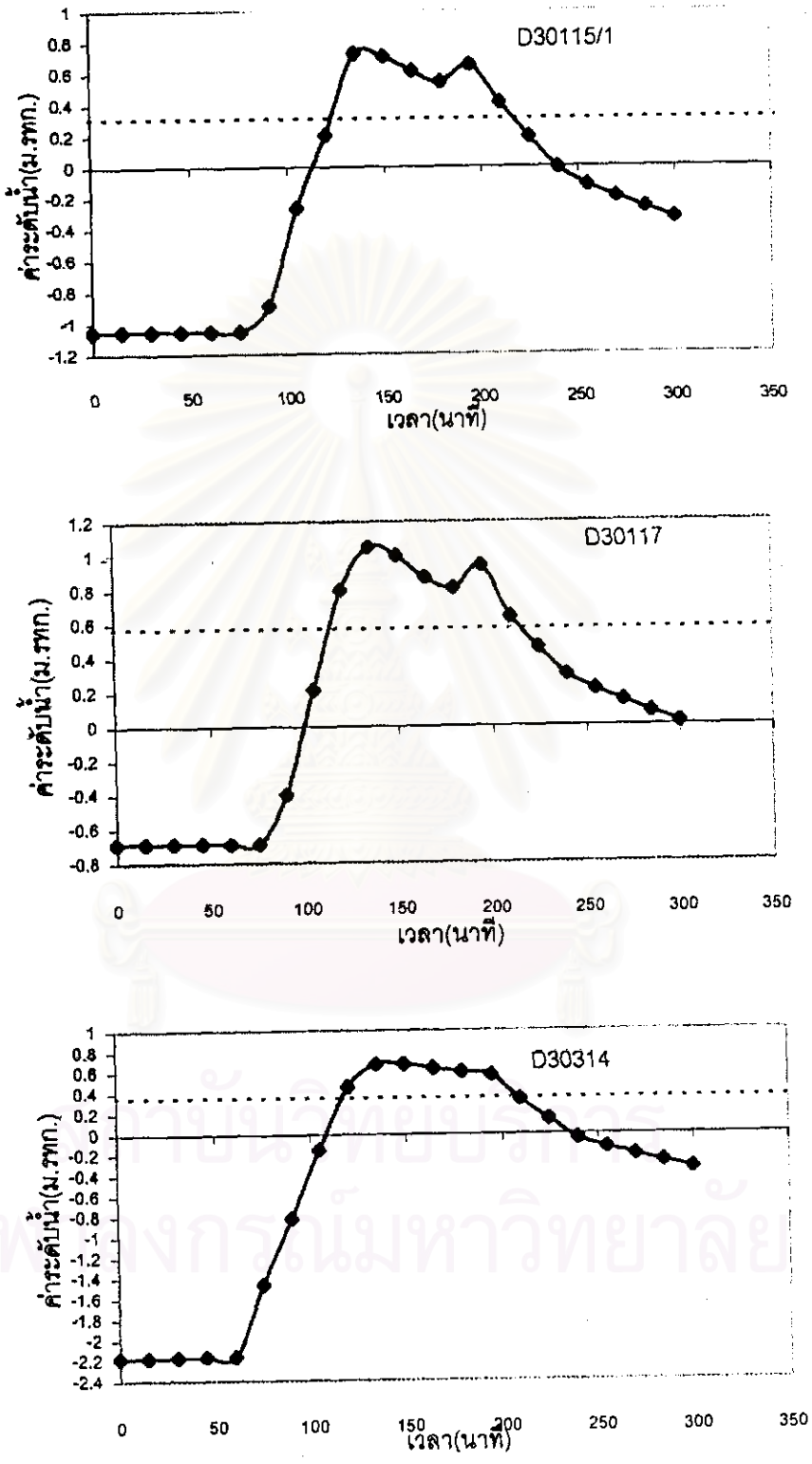
ต้นฉบับไม่มีหน้านี้
NO THIS PAGE IN ORIGINAL

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

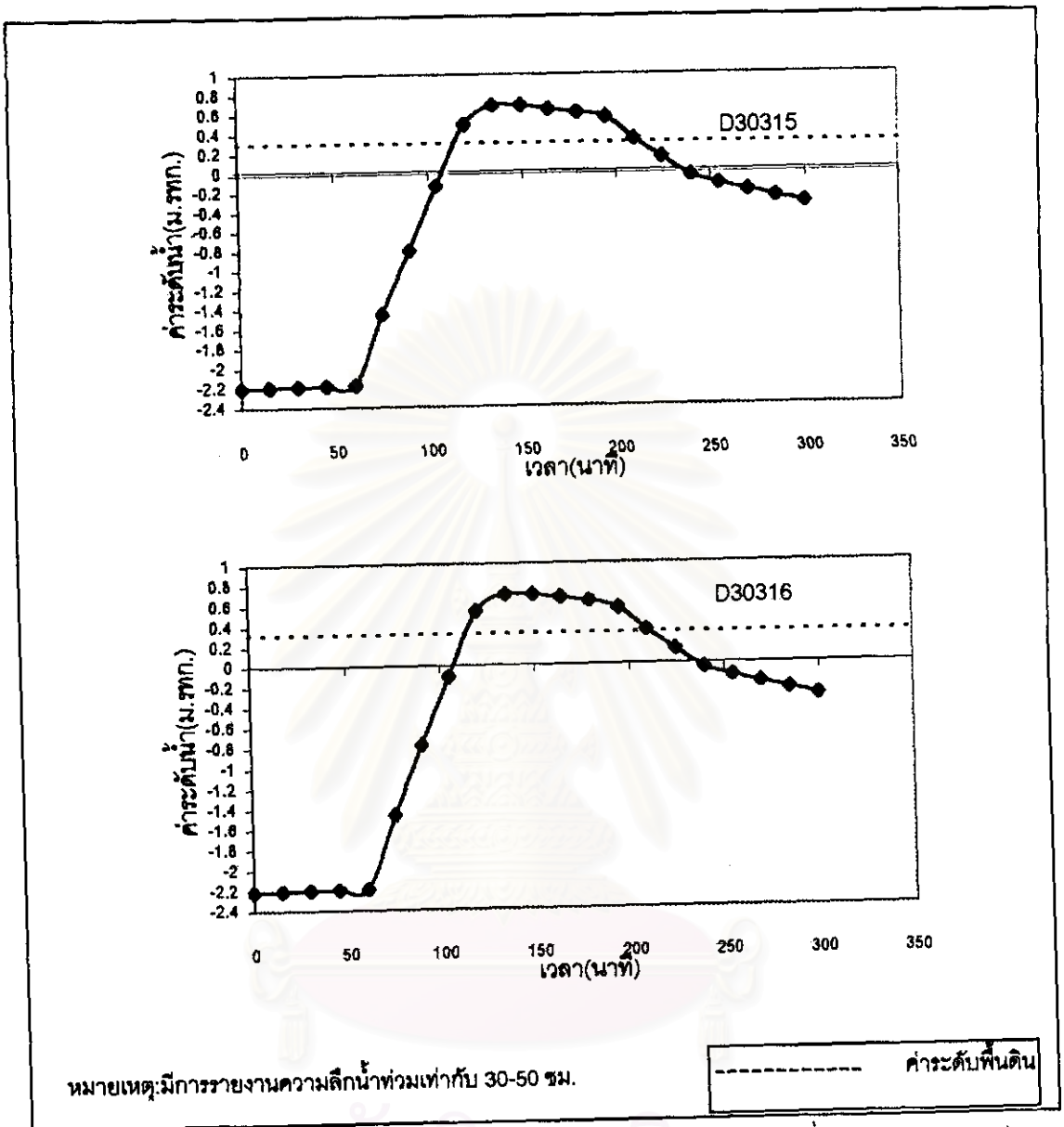


หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 30-50 ซม.

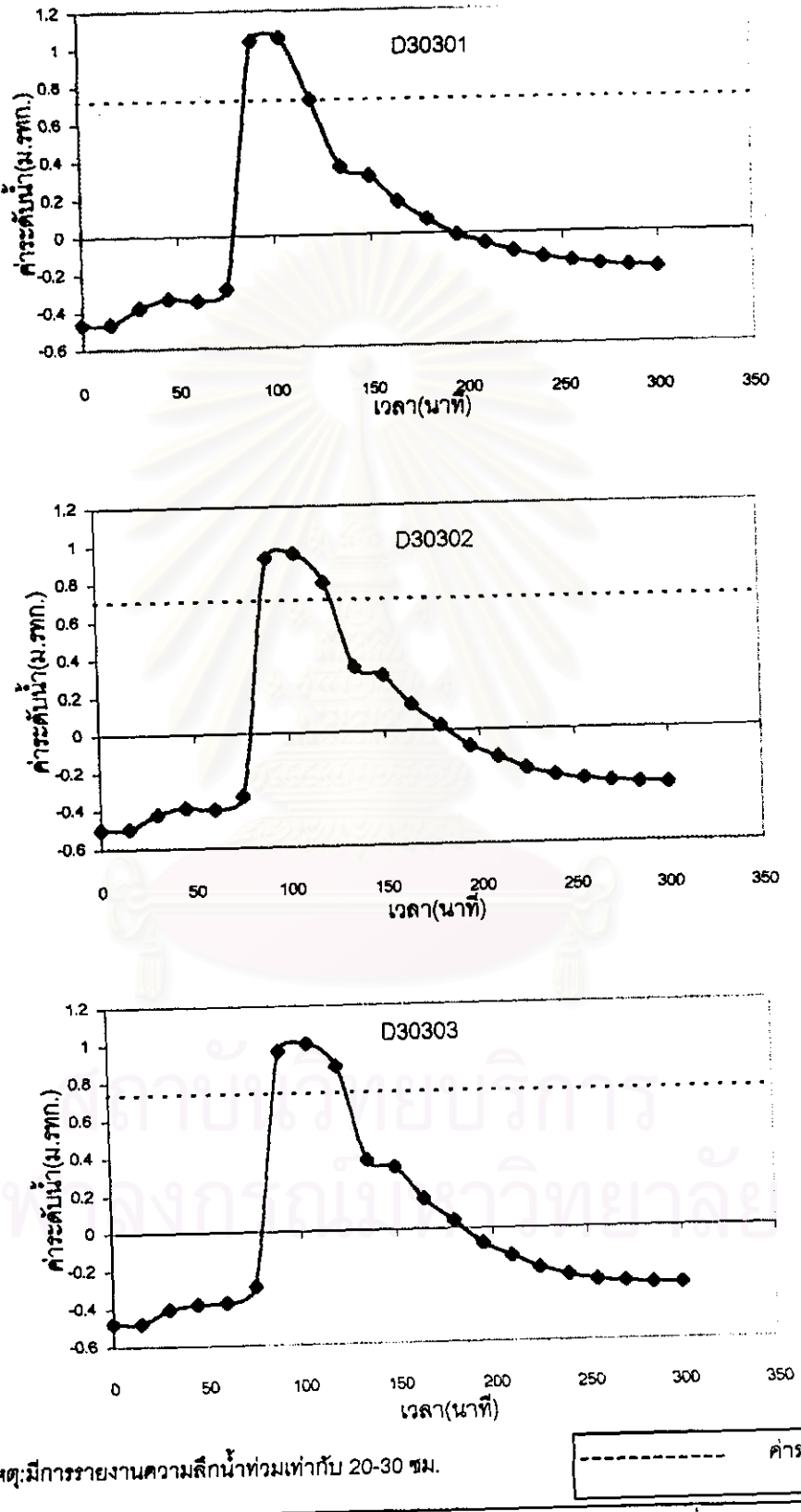
รูปที่ ฉ-11 ขลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-63 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)



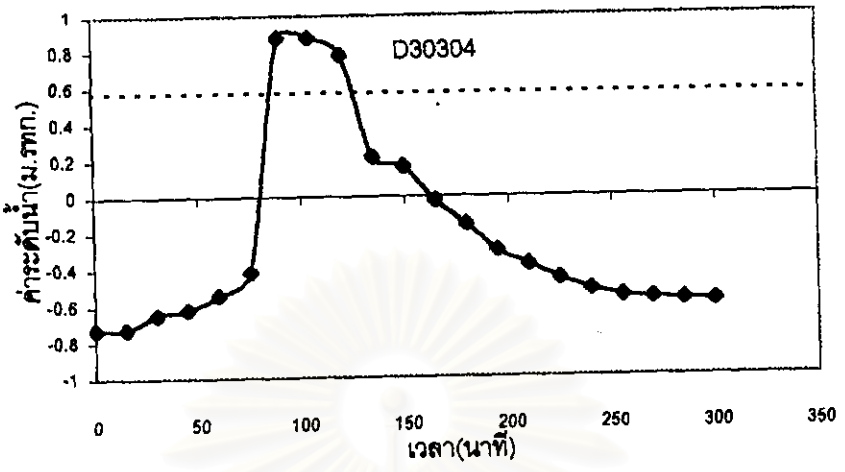
รูปที่ ฉ-11 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-63 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

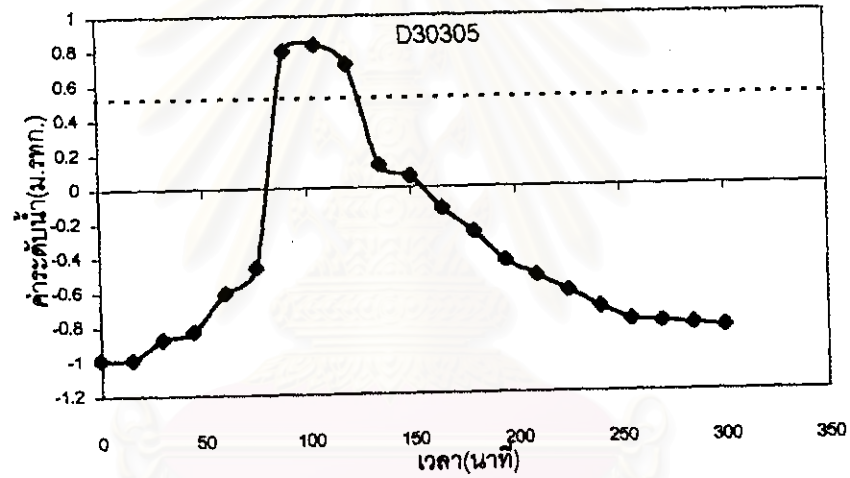


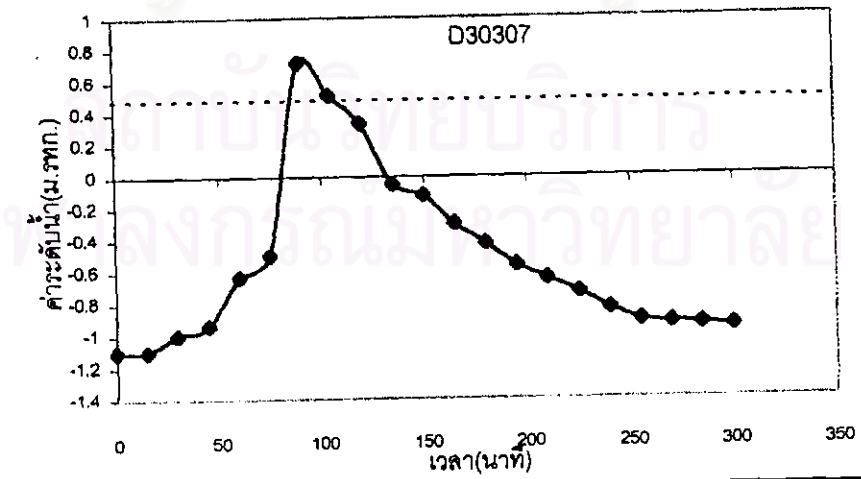
รูปที่ ฉ-11 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 31-63 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)



รูปที่ ฉ-12 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 22-34 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540



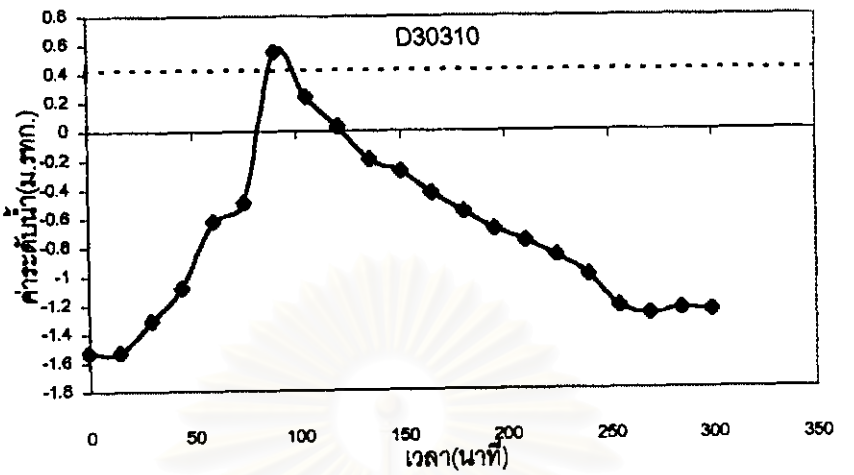


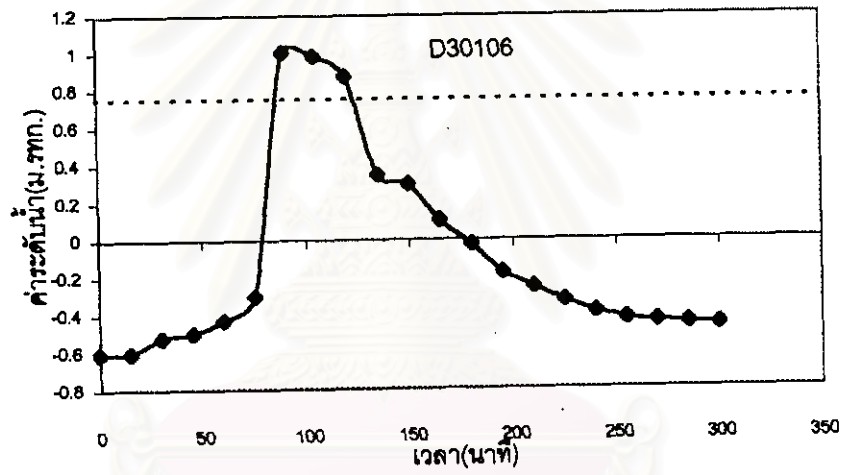


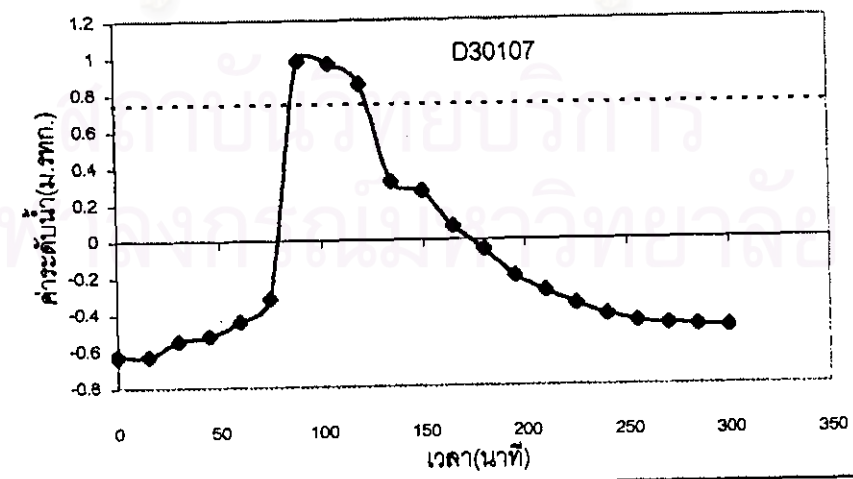
หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 20-30 ซม.

---------- ค่าระดับพื้นดิน

รูปที่ ฉ-12 ขลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 22-34 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)



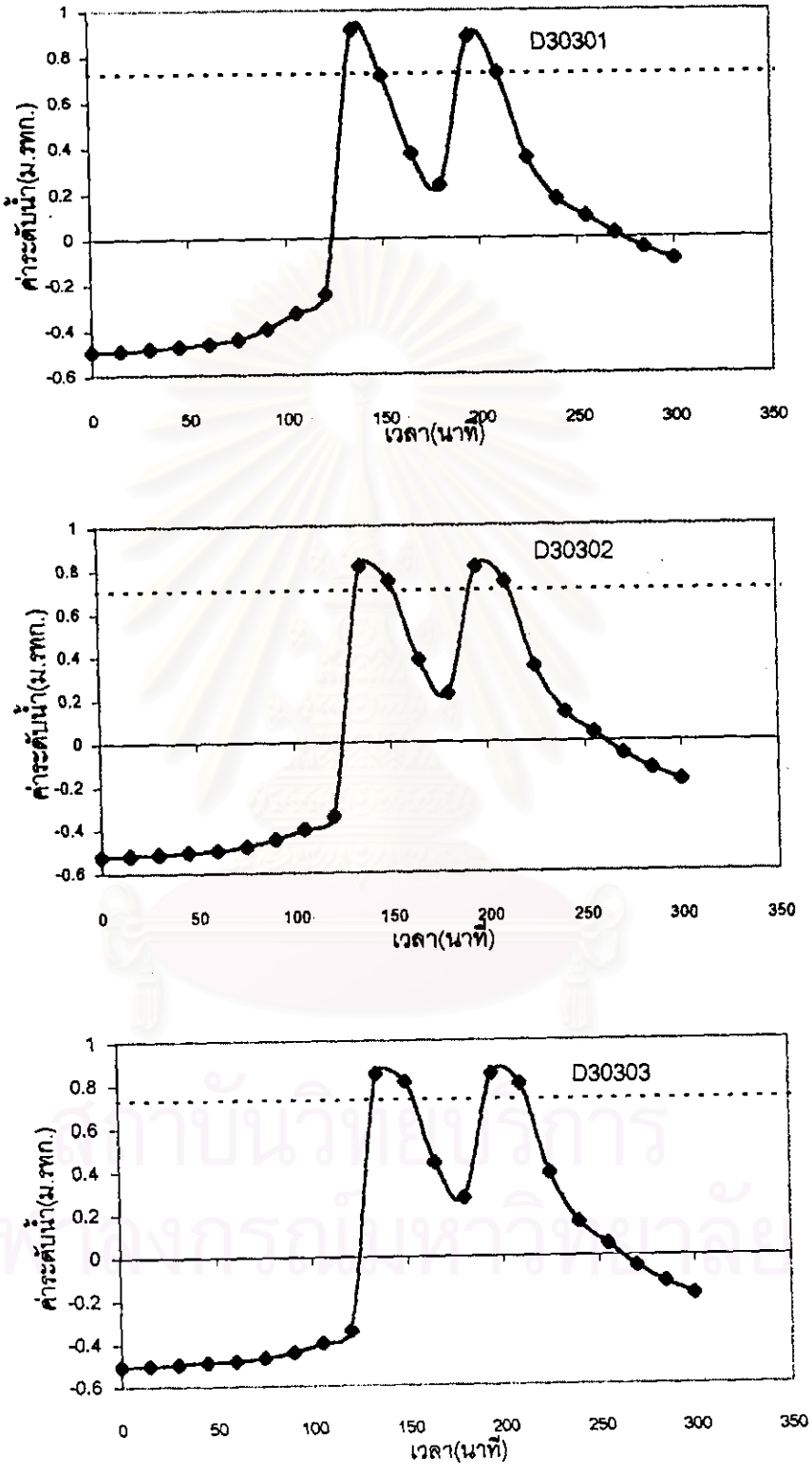




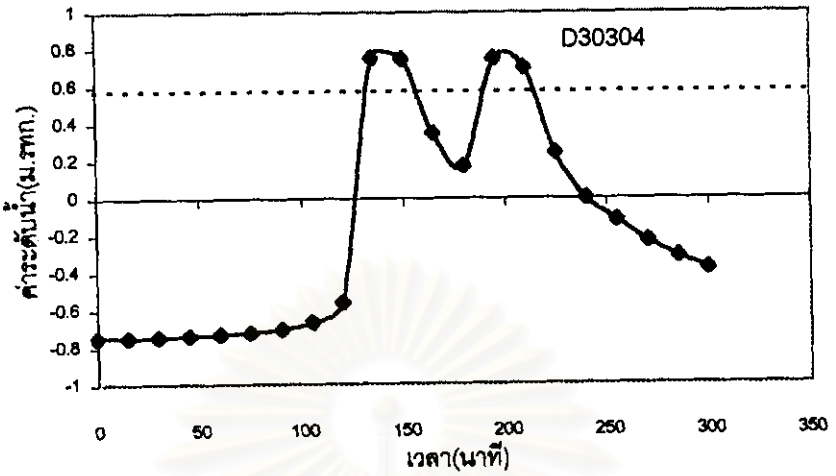
หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 20-30 ซม.

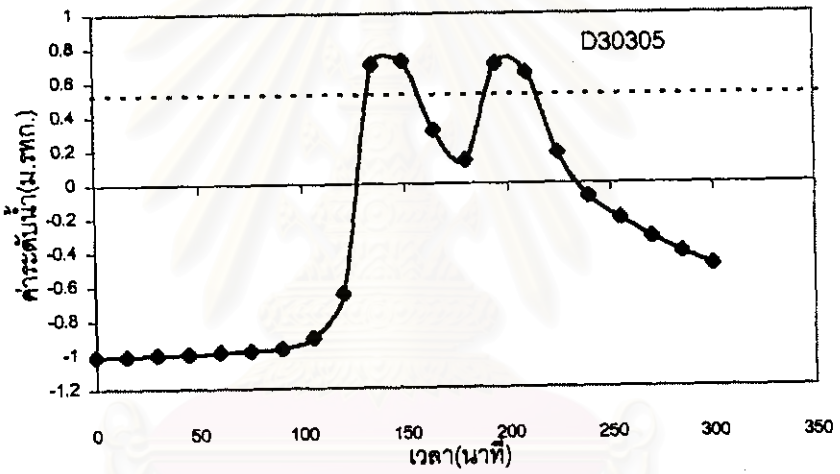
---------- ค่าระดับพื้นดิน

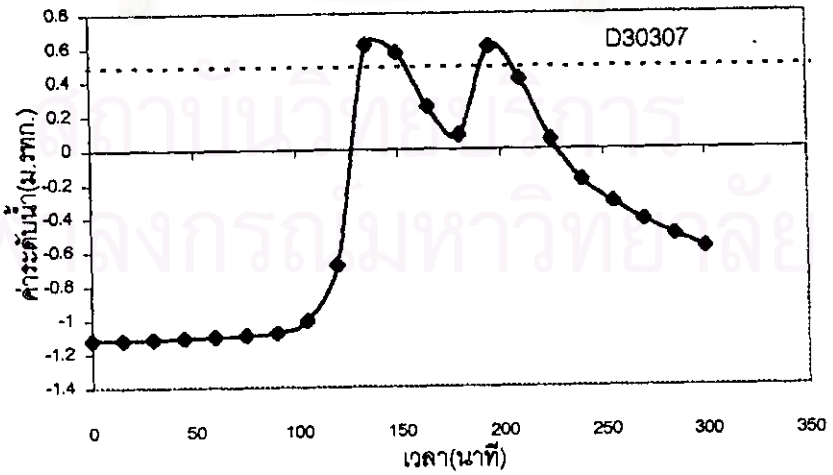
รูปที่ ฉ-12 ขลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 22-34 ของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 (ต่อ)



รูปที่ ฉ-13 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 22-34 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541



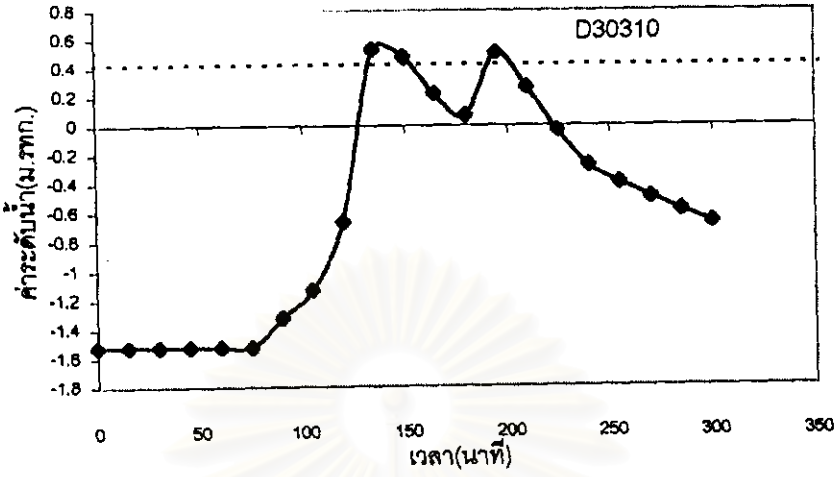


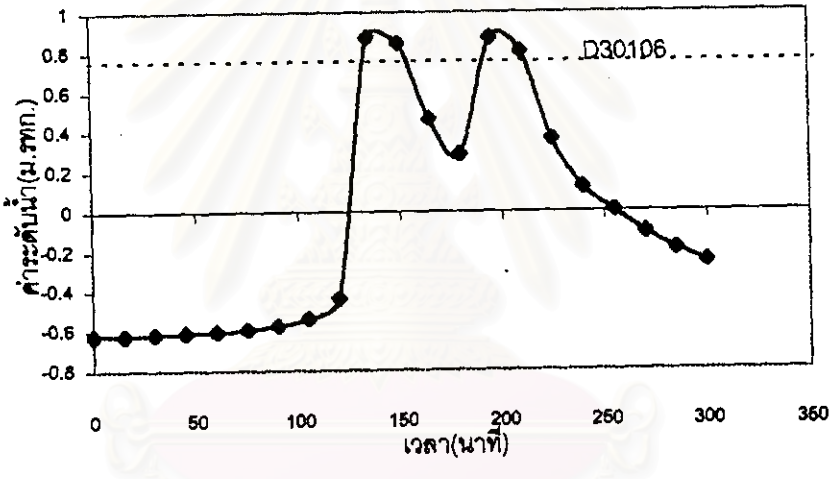


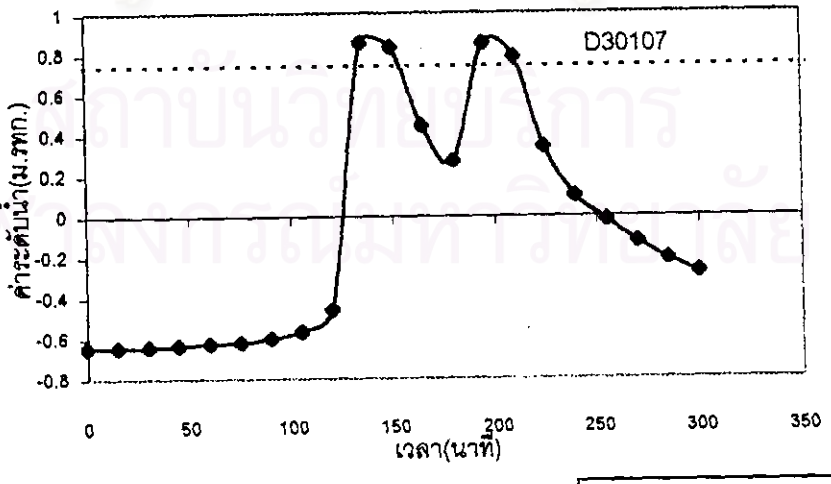
หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 10-20 ซม.

---------- ค่าระดับพื้นดิน

รูปที่ ฉ-13 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 22-34 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)







หมายเหตุ:มีการรายงานความลึกน้ำท่วมเท่ากับ 10-20 ซม.

---------- ค่าระดับพื้นดิน

รูปที่ ฉ-13 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท 22-34 ของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 (ต่อ)

ภาคผนวก ช.

คำสั่งเพิ่มเติมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของ ArcView GIS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

คำสั่งเพิ่มเติมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของ ArcView GIS

ในรายการ (menu bar) ดังรูปที่ ซ-1 มี 4 อย่างคือ

1) การเข้าสู่แบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks คือการเรียกแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks ขึ้นมาใช้งาน
2) การสร้างแผนที่น้ำท่วม คือขั้นตอนการทำงานในการต่อเชื่อมกันของแบบจำลองทั้งสอง
3) การแสดงภาพแผนที่น้ำท่วมในช่วงเวลาต่างๆ คือแสดงการซ้อนทับของข้อมูลที่ได้จากการสร้างแผนที่น้ำท่วมในเวลาต่างๆ โดยมีปุ่มทำงาน ดังรูปที่ ซ-2 ดังนี้

คือ การแสดงแผนที่น้ำท่วมในเวลาถัดไป เมื่อกดครั้งแรกจะเริ่มที่ 0 นาทีและกดปุ่มนี้อีกจะได้แผนที่น้ำท่วมที่เวลาถัดไป เช่น เริ่มที่ 0 กดปุ่มจะได้ที่ 15 กดปุ่มอีกจะได้ที่ 30 เป็นต้น

คือ การแสดงแผนที่น้ำท่วมในเวลาก่อนหน้านี้ เมื่อกดครั้งแรกจะเริ่มที่ 0 นาทีและกดปุ่มนี้อีกจะได้แผนที่น้ำท่วมที่เวลาสุดท้ายของการจำลอง เช่น เริ่มที่ 0 กดปุ่มจะได้ที่ 300 กดปุ่มอีกจะได้ที่ 285 เป็นต้น

รูปที่ ซ-1 คำสั่งเพิ่มเติมบนหน้าจอ ArcViewGIS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ซ-2 ปุ่มการแสดงแผนที่น้ำท่วม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้ศึกษา

นางสาววิภารัตน์ สฤษฎีชัยกุล เกิดวันที่ 30 สิงหาคม 2516 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2540 ทุนการศึกษาที่ได้รับ คือ ทุนผู้ช่วยสอน จากบัณฑิตวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย