

교각의 기하학적 형상에 따른 유사 및 유속의 변화 특성

안승섭 · 이효정* · 서명준** · 이증석***

경일대학교 건설정보공학과, *한국건설기술연구원, **도시정보측지지적공학과 대학원, ***토목공학과
(2008년 11월 18일 접수; 2008년 12월 22일 수정; 2009년 1월 19일 채택)

Study on the Sediment and Velocity Characteristics around Bridge Based on Shape of the Piers

Seung-Seop Ahn, Hyo-Jung Lee*, Myung-Joon Seo** and Jeung-Seok Lee***

*Department of Construction and Geoinformatics Engineering, Kyungil University,
Gyeongsangbuk-Do 712-701, Korea*

**Water Resources Research Division, KICT, Goyang 411-712, Korea*

***Graduate school, Kyungil University, Gyeongsangbuk-Do 712-701, Korea*

****Department of Civil Engineering, Kyungil University, Gyeongsangbuk-Do 712-701, Korea*

(Manuscript received 18 November, 2008; revised 22 December, 2008; accepted 19 January, 2009)

Abstract

In this study, a river basin with a lot of measured data such as water level, flow rate, current speed, and sediment rate from the past to now was selected and geometrical shape of a pier was re-analyzed, in order to study the effects of the flow around the pier area as well as the riverbed alternation characteristics. A finite element mesh of the entire river was prepared, and via parameter revision, the section that the pier has influence on was decided, to analyze the shape of the pier using RMA-2 and SED2D-WES models. With regards to the section that the pier has influence on, analysis was done on the four pier shapes, namely circle, square, rectangle, and octagon. The results showed that the shape with the least influence around the pier around is the octagon, followed by circle, rectangle, and square, showing the different geometrical effects that the shapes have on the pier. Furthermore, it was shown that the distribution of sediment concentration had effect from about (+)110 m of the upstream to about (-)130 m of the downstream, from the pier installation point. Also, it was shown after analyzing drag forces for different sediment particle distributions that the shape with the greatest drag is the octagon, followed by circle, square, and rectangle.

Key Words : RMA-2, SED2D-WES, Parameter, Sediment concentration, Bed change

1. 서론

최근에 집중호우가 빈발함에 따라 재해로 인한 피해규모가 날로 증가하고 있다. 특히 대부분의 도

시 주변하천에는 많은 수공구조물들이 설치되고 있어서 홍수시 유수흐름에 많은 지장을 주고 있는 실정이므로, 도시하천에 설치된 교량에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 하천을 횡단하는 교량의 설치개소와 교각의 설치 간격이 증가하거나 상·하류 교량의 간격이 좁아질수록 하천의 통수단면은 감소하게 되고, 구조물 주변에서 수리특성이 급격

히 변화되므로 하천재해발생 빈도가 높아지게 된다. 따라서 본 연구에서는 홍수시 하천의 수심 및 유속증가로 인한 유사이송 및 하상변동특성에 대하여 연구하였다.

유사이송 및 하상변동에 관한 연구는 국외에서는 1950년대 중반 영국에서 시작되어 Ackers-White¹⁾의 유사이송에 관한 새로운 접근과 분석에 대한 연구가 활발해져 Cole²⁾에 의해 2차원 모델을 이용한 mud transport에 관한 연구가 진행되었다. 한편 1990년대 국내에서는 중소하천유역에서의 하상변동에 관한 실험을 바탕으로 연구³⁾가 진행되어 왔으며, 2000년에 접어들면서 하천-해안에서의 RMA-2와 SED2D모형의 적용성에 대하여 검토하였다⁴⁾. 특히 교각의 형상과 배열에 따른 하상세굴 특성에 관한 실험을 통한 연구⁵⁾나 일련연속교각, 다중연속교각, 말뚝군의 세굴특성에 관한 실험적 연구 등 교각주변에 대한 실험적 연구가 많이 이루어지고 있다⁶⁻⁹⁾. 하지만 교각주변에서의 항력이나 Froude Number, 유사이송 및 하상변동에 대한 연구는 미흡하다고 판단되어 본 연구에서는 과거에서부터 현재까지도 수위, 유량, 유속, 유사량 등의 관측자료가 많은 금강유역을 선정하여 교각의 기하학적 형상에 대해 재해석함으로써, 교각주변에서의 하천흐름에 미치는 영향 및 하상변동특성에 대하여 연구하였다.

2. 모형의 기본이론

2.1. RMA-2 모형의 기본이론

RMA-2모형은 전처리과정에서의 지형자료를 만드는 GFGEN(Geometry File Generation)과 수치모의를 진행하는 RMA-2의 실행파일로 구성되어 있고, 결과자료는 텍스트파일과 binary파일로 저장되어 자체결과 출력은 binary 파일에서 불러들여 분석할 수 있다.

GFGEN은 FastSMS 또는 문서편집기로 작성된 지형파일을 RMA-2 모형에서 사용할 수 있도록 2진 파일의 형태로 변환시켜 주며 유한요소망(finite element mesh)을 구성하는 격자(node) 및 요소(element)에 관한 정보를 읽어들이는 것이다. 또한 이미 작성된 망에서의 오류여부 검토가 가능하며, 계산소요시간 단축 및 효과적인 결과를 얻기 위한 목적으로 요소간

번호를 다시 매겨주는 기능(renumbering)이 있다. 유한요소망 구성, 경계조건 등이 정의되면 RMA-2 모형을 이용하여 각 격점에서의 수위 및 유속을 계산하게 되며, 계산결과는 2진 파일로 저장된다. GFGEN에 의해 생성되는 지형파일 관련 사항과 지형파일을 기반으로 한 RMA-2모형 운영시 주어질 경계조건 관련 사항들을 기록한 것이다.

유한요소망의 구성이 끝나게 되면 지형파일을 작성하게 되는데 지형파일은 일반 데이터 파일과 binary파일의 두 가지 파일로 생성되며, 파일 내에는 x, y, z 좌표, 요소 구성의 격점, 요소 재료 특성, Renumbering 기준선, 이용 단위계 등의 내용이 생성된다. 두 파일 모두 포함된 내용은 같지만, binary형식의 파일만이 경계조건 파일생성 이후의 RMA-2 운영시 이용된다⁷⁾.

2.2. SED2D-WES 모형의 기본이론

본 연구에서 사용된 SED2D-WES모형은 1974년 Dr. Ranjan Ariathurai가 개발하였으며, 이는 2차원 정상적 및 동수역학적인 유사이송과 하상변동을 분석하는 프로그램으로 다음과 같은 식에 의해 계산된다. Ariathurai, MacArthur, and Krone(1977)에 의한 유사이송-확산방정식은 식 (1)과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + a_1 \dot{c} + a_2 \quad (1)$$

여기서, C는 유사농도(kg/m³), t는 시간(sec), u는 x방향 유속(m/sec), x는 흐름거리(m), v는 y방향 유속(m/sec), D_x는 x방향 이송확산범위(m²/sec), D_y는 y방향 이송확산범위(m²/sec), a₁는 하상근원(bed source)에 대한 계수(l/sec), a₂는 하상근원(bed source)의 평형농도부분(kg/m³/sec)이다.

또한 하상전단응력에 대한 공식은 식 (2)와 같다.

$$\tau_b = \rho (u^*)^2 \quad (2)$$

여기서 ρ는 물의 밀도, u*는 전단속도(shear velocity)이다. 특히 u*는 Smooth-wall의 log velocity, Manning's 공식, Jonsson-type공식에 의해 산출되며, 식(1)의 a₁ + a₂의 bed source항은 모래와 점토의 퇴적과 침식의 경우 모두 같으며 α를 계산하는 방법은 유사형태나 침식 또는 퇴적의 발생여부에 따라

다르다.

본 연구에서 사용된 SED2D-WES모형의 경우, Ackers-White(1973)공식에 의한 모래이송 방정식을 사용하며 모래이송에 대한 bed source항은 다음과 같다⁸⁾.

$$S = \frac{C_{eq} - C}{t_c} \quad (3)$$

여기서, S는 bed source항, C_{eq} 는 평형농도(이송능력), C는 물기둥에서의 유사농도, t_c 는 천이에 영향을 주는 특성시간이다.

3. 모형의 적용 및 분석

3.1. 연구대상지역의 선정

본 연구에서는 충청남도 연기군 남면에 위치하고 있는 금남교(금남수위표) 지점에서 충청남도 공주시 신관동에 위치하고 있는 공주수위표까지 약 16.47 Km 구간을 선정하였고 이 구간 내에는 금남교를 시작으로 불티교, 청벽대교, 신공주대교 및 공주대교가 설치되어 있으나, 본 연구에서는 유속 및 유량관측자료가 충분한 공주대교 지점을 대상으로 하였다. 이 지점의 교각은 원형으로 되어있으나 교각의 형상이 다른 형상이라고 가정할 경우에 대하여 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 이러한 교각의 형상에 따른 수리학적 특성을 검토함으로써, 교각형상이 흐름에 미치는 영향을 분석하였다.

이 유역에 대한 자료는 금강유역조사보고서(건설교통부, 2004)을 토대로 2004년 6월 20일 오전 11시부터 30분 간격으로 24시간동안의 수리특성 및 유사이송을 모의하였다.

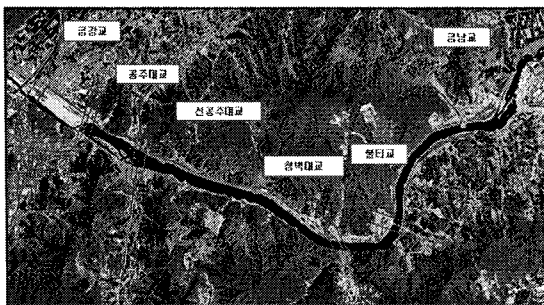


Fig. 1. Location map.

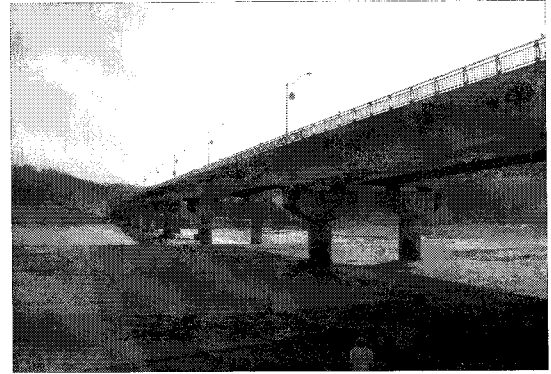


Fig. 2. View of Gongju pier.

3.2. 유한요소망의 작성

본 연구에서 선정된 금강유역 전체 16.47 km 구간에서 하류 유출지점으로부터 상류방향 약 1.44 km 떨어진 곳에 위치한 공주대교는 지름이 3 m, 경간이 57 m로 연속교각의 형태로 설치되어 있으나, 연속교각의 경우 형상에 따른 유속 및 수위증가에 대한 영향보다 연속교각의 교각 사이에서의 유속 및 수위증가에 따른 유사이송 및 하상변동에 많은 영향이 있을 것으로 생각되어 본 연구에서는 교각 형상에 대한 연구를 위하여 지름이 6 m, 경간장 57 m의 8개의 교각으로 분석하였다.

전체 하천에 대한 교각이 영향을 미치는 길이를 결정하여 격자크기 15×15 m에 대한 유한요소망을 Fig. 3과 같이 작성하였고, 교각의 형태에 따른 분석을 위하여 원형(지름 6 m), 사각형(가로×세로 6×6 m), 장방형(폭×길이 4×9 m), 팔각형(가로×세로 6×6 m)의 네 가지 교각 형상에 대하여 Fig. 4와 같이 유한요소망을 작성하였다. 원형교각의 경우 RMA-2모형에서 유한요소망 형성 시 완전한 원형의 형태로는 형성이 불가능하여 분석에서는 최대한 원형에 가깝도록 유한요소망을 형성하여 분석하였다.

RMA-2모형을 이용하여 교각 형상에 따른 유속 및 하천 흐름을 모의하였으며 모의 결과 도출되는 유속, 유량, 수위 등을 이용하여 유사농도분포 및 하상변동특성을 분석하였다.

3.3. 매개변수의 보정

본 연구에서는 매개변수 보정을 위하여 2004년 6월 20일 오전 8시 50분부터 2004년 6월 23일 오후

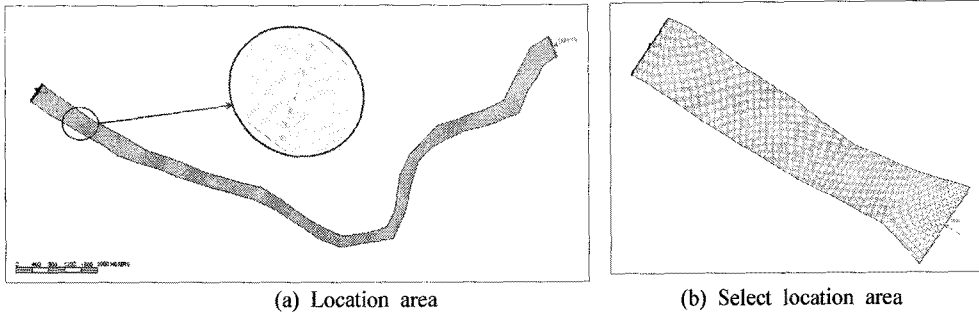


Fig. 3. The finite element mesh.

2시 20분까지의 자료를 바탕으로 매개변수 보정을 실시하였으며, 매개변수 보정을 통하여 나타낸 유량은 Fig. 5와 같다.

본 연구에서는 상류지점인 금남수위표 지점보다 하류 공주수위표 지점의 관측자료가 부족하였으나, 관측자료의 특성상 동시간대에 다른 지점에 대한 관측이 어려우므로 상류지점의 관측 유량과 하류지점의 관측 홍수위에 대한 관측 데이터가 많은 시간대를 선정하여 RMA-2모형 및 SED2D-WES 모형에 적용하였으며, 전 구간에 대한 유속, 수위 및 유사이

송 및 하상변동에 대한 자료를 추출하였다. 그 결과 온도 15°C, 밀도 1000 kg/m³, 점성계수는 1.167×10⁻³ N·s/m², 와점성계수 1850 kg/m², 조도계수 0.022를 사용하였다.

3.4. RMA-2모형의 적용

RMA-2모형을 이용한 원형, 정사각형, 장방형, 팔각형의 교각주변의 유속분포 및 유속벡터는 Fig. 6 ~ Fig. 7과 같이 나타났다.

Fig. 6에서 볼 수 있듯이, 교각주변에서의 최대유속발생지점은 교각과 교각 사이에서 발생하며, 교

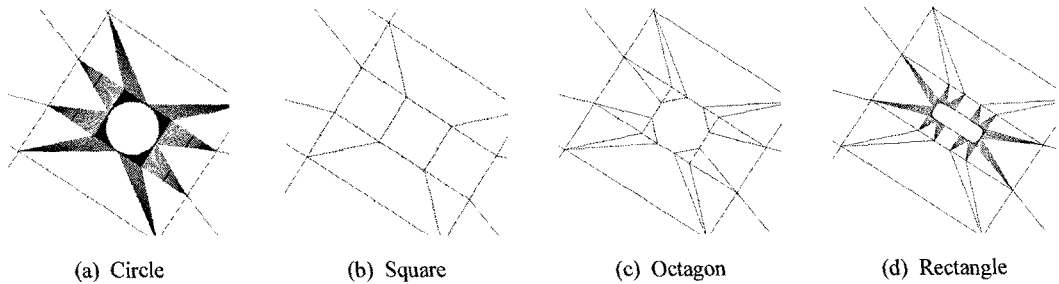


Fig. 4. The finite element mesh of pier shape.

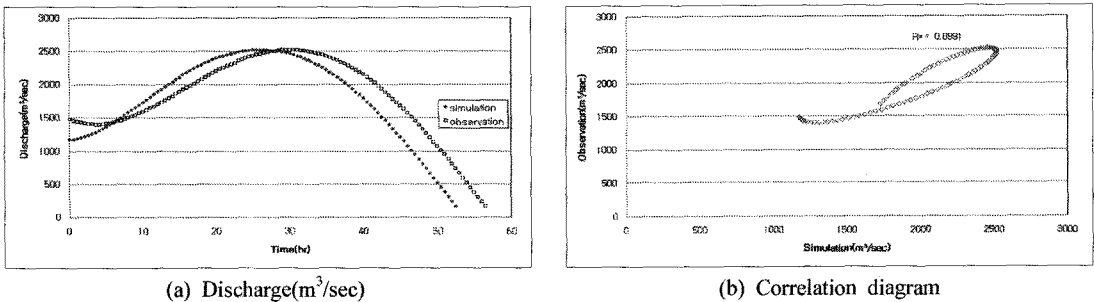


Fig. 5. Result of parameter revision.

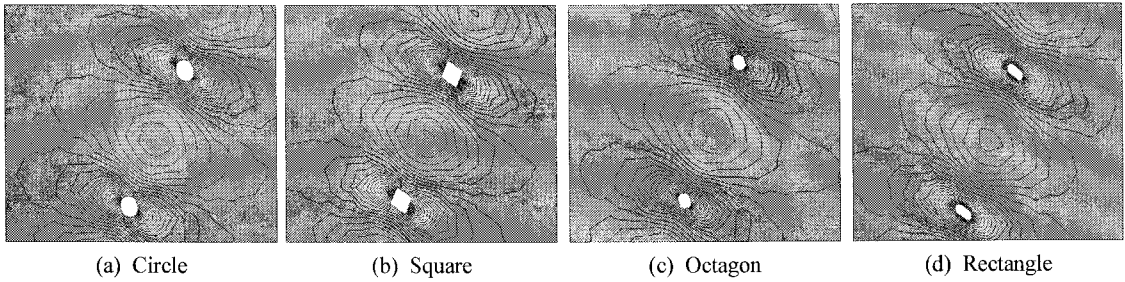


Fig. 6. Velocity of around pier.

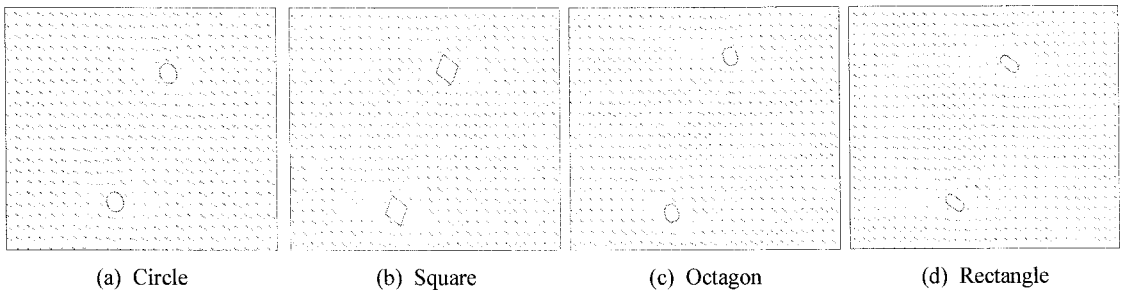


Fig. 7. Velocity vector of around pier.

각으로부터 약 23 m떨어진 지점에서 발생하는 것으로 나타났다. 또한 최대유속인 1.79 m/s에 대한 면적을 산정한 결과 팔각형교각의 경우 가장 크게 나타났으며, 다음으로 원형, 장방형, 사각형의 순으로 작게 나타났다.

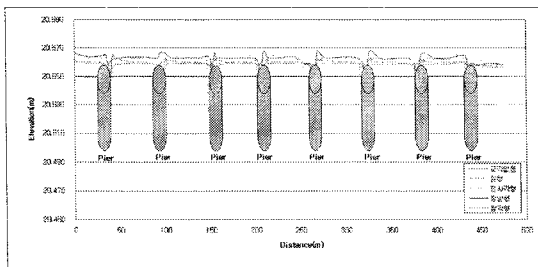
교각설치지점에서의 횡방향 유속분포 및 수위변동은 Fig. 8과 같이 나타났으며, Fig. 9~Fig. 10은 각각의 교각 형태가 상·하류지점에 미치는 범위를 알아 보기위하여 교각이 설치된 지점을 0으로 가정하여 20 m간격으로 횡방향 유속분포 및 수위변동을 측정된 그래프이다.

Fig. 8에서 볼 수 있듯이, 교각 형상에 따른 교각

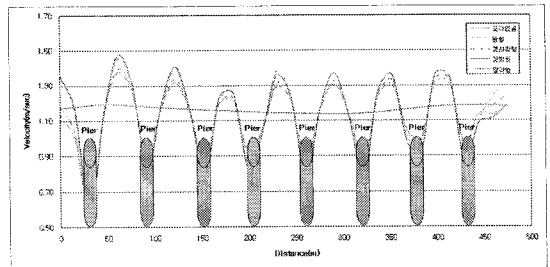
주변에서의 최대유속은 팔각형 교각의 경우 1.79 m/sec로 유속이 가장 낮게 나타났으며, 다음으로 장방형 1.91 m/sec, 원형 1.92 m/sec, 정사각형은 1.97 m/sec의 순으로 교각주변에서의 최대유속이 점차 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 9와 같이 교각으로부터 하류 20 m지점으로 유속분포 및 수위변동을 측정된 결과 교각이 없는 경우와 비교하였을 때, 60 m지점에서는 교각에 대한 유속의 영향은 있는 것으로 나타났으나, 수위 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

Fig. 9와 Fig. 10에서 볼 수 있듯이, 교각 설치지점으로 부터 상·하류 20 m씩 60 m지점까지 유속 및

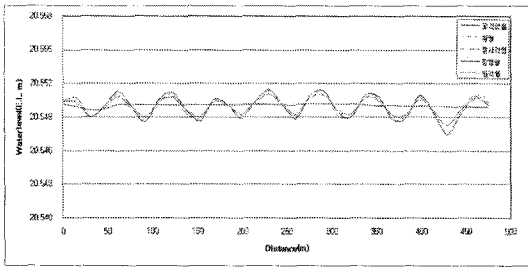


(a) Water level of pier installation position

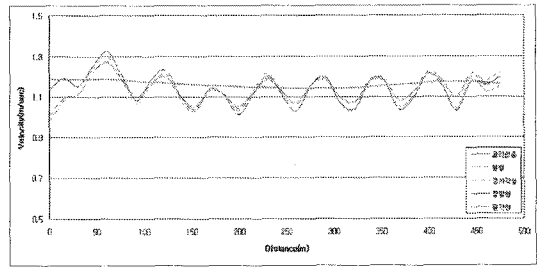


(b) Velocity of pier installation position

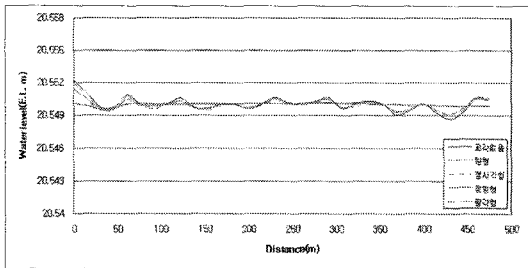
Fig. 8. Velocity distribution and water level change of transverse flow pier around.



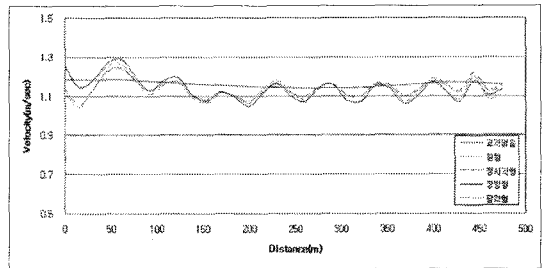
(a) Water level of down stream 20 m from pier installation position



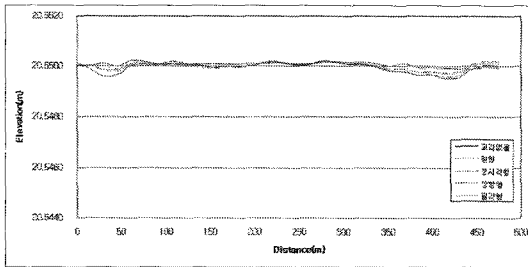
(b) Velocity of down stream 20 m from pier installation position



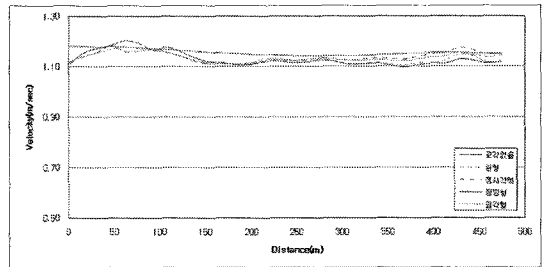
(c) Water level of down stream 40 m from pier installation position



(d) Velocity of down stream 40 m from pier installation position



(e) Water level of down stream 60 m from pier installation position



(f) Velocity of down stream 60 m from pier installation position

Fig. 9. Velocity distribution and water level change of transverse flow pier around.

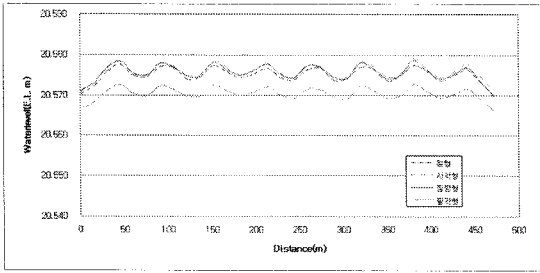
수위를 측정된 결과 교각설치지점에서 하류에 미치는 영향범위는 약 60 m 지점으로 나타났으며, 상류에 미치는 영향범위는 약 48 m로 교각설치에 따른 영향은 하류지점이 더 큰 것으로 나타남을 알 수 있었다. 또한 상류지점에서는 하류지점보다 수위변동이 적게 나타났으며, 팔각형 교각의 경우 하류지점과 마찬가지로 상류지점에 미치는 수위변화 역시 가장 적은 것으로 나타났다.

Fig. 11을 보면, 수위변화가 하류지점으로 가면서 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이는 교각이 설치된 지점에서 증가한 것으로 교각이 없는 경우와

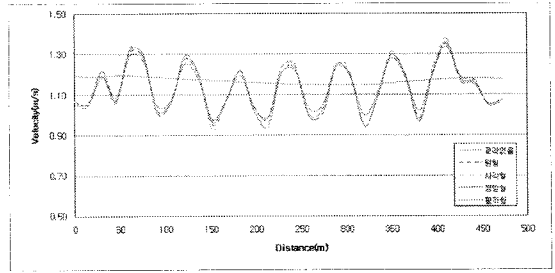
비교하였을 때, 상류지점보다 약 0.02 m 상승되는 것으로 나타났다.

또한 본 연구에 선정된 지점은 자연하천이므로 자유수면이 존재하며 중력의 영향이 흐름의 지배적인 힘이 된다고 판단되어 선정지점에 대한 Froude 상사법칙을 적용하였다.

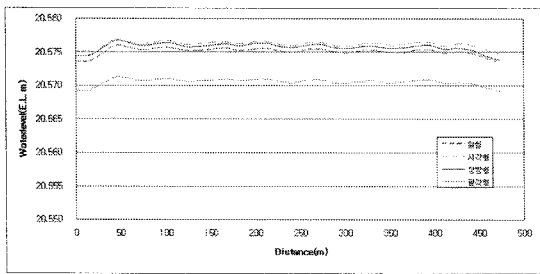
Table 1에 적용된 Froude 수는 교각주변에서 최대 유속발생지점에 대한 값으로, 최대유속에 많은 영향을 받으며, $F_r < 1$ 이므로 관성력보다 중력이 지배적인 흐름으로 수심이 깊고, 유속이 작은 상류상태이다. 또한 각 형태에 따른 횡방향 수위변동 역시 팔각



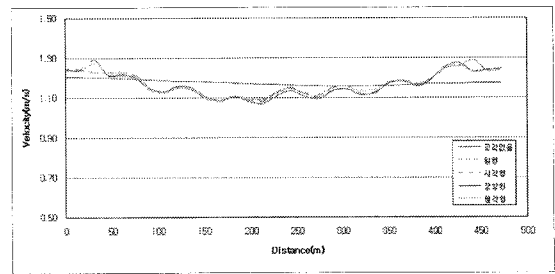
(a) Water level of up stream 20 m from pier installation position



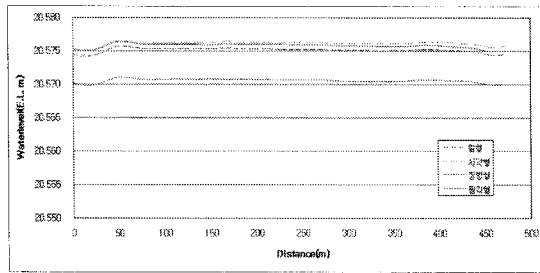
(b) Velocity of up stream 20 m from pier installation position



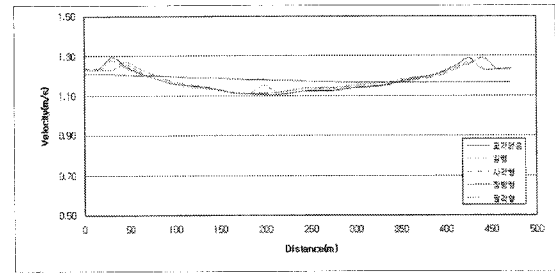
(c) Water level of up stream 40 m from pier installation position



(d) Velocity of up stream 40 m from pier installation position



(e) Water level of up stream 60 m from pier installation position



(f) Velocity of up stream 60 m from pier installation position

Fig. 10. Velocity distribution and water level change of across flow pier around.

형의 경우 가장 낮게 나타났으며 장방형, 원형, 정사각형 순으로 수위변동이 큰 것으로 나타났다. 특히 교각주변에서 급격한 수위상승이 있는 것으로 보아 유사이송 및 하상변동에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

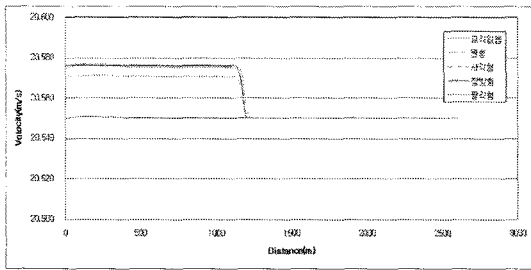
3.5. SED2D-WES모형의 적용

본 연구에서는 U.S Army Corp of Engineers Waterways Experiment Station에서 개발된 2차원 TABS 모델링 시스템의 일부인 SED2D-WES모형을 이용하여 유사농도분포 및 하상변동을 수치모의 하

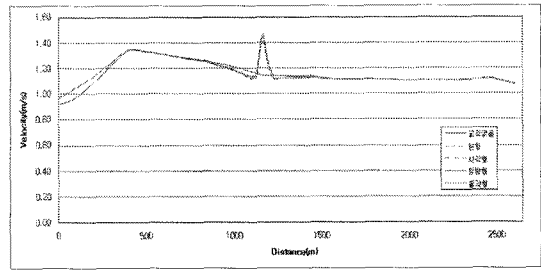
였다. 이 모형은 스스로 수리학적 특성분석을 할 수 없어 RMA-2 모형을 이용하여 지형특성, 경계조건을 입력하여 수위-유량을 따른 유속분포를 모의한 결과를 입력변수로 유사이송 및 하상변동에 대하여 분석하였다.

본 연구에 선정된 금강유역의 하상토의 입경은 0.063 mm~4 mm까지 다양하게 분포되어있으며, 위의 RMA-2모형을 이용한 수리학적 특성을 이용하여 유사이송 및 하상변동에 대해 예측하였다.

그 결과 대상유역의 길이가 길고, 유속이 낮으므로 유출지점까지 흘러내려가는 유사량보다 하천내



(a) Water level change



(b) Velocity distribution

Fig. 11. Velocity distribution and water level change of across flow pier around.

Table 1. Analyze result of hydraulic characteristic according to pier shape

No.	Pier shape	River width of pier installation (m)	Average water level (E.L. m)	Max velocity (m/sec)	Froude No.
1	Square	475.89	10.56	1.97	0.194
2	Circle	475.89	10.56	1.92	0.189
3	Rectangle	475.89	10.56	1.91	0.188
4	Octagon	475.89	10.56	1.79	0.176

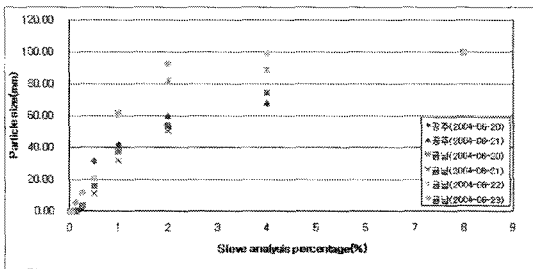


Fig. 12. Particle size analysis.

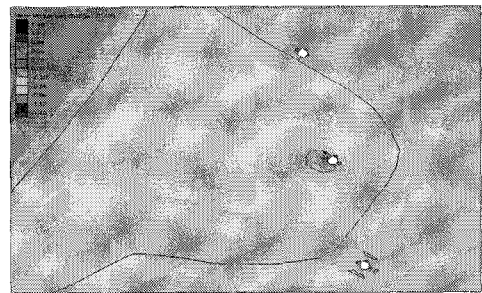


Fig. 13. Result of bed change around pier.

에 유입된 유사가 그대로 퇴적되는 경우가 많아 24 시간 분석결과 하상변동량은 퇴적량과 침식량을 합하여 약 0.22%정도 변동되는 것으로 나타났으며, 교각형상에 따른 하상변동량은 사각형인 경우 가장 크게 나타났으며, 원형, 장방형, 팔각형의 경우 하상

변동은 비슷한 것으로 나타났다.

Fig. 14와 같이 종방향 유사농도분포에서는 교각이 없는 경우와 비교한 결과, 교각이 설치된 지점으로부터 상류 약 (+)110 m부터 하류 약 (-)130 m지점

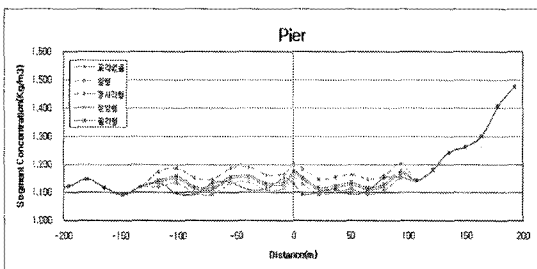


Fig. 14. Sediment concentration according to pier shape.

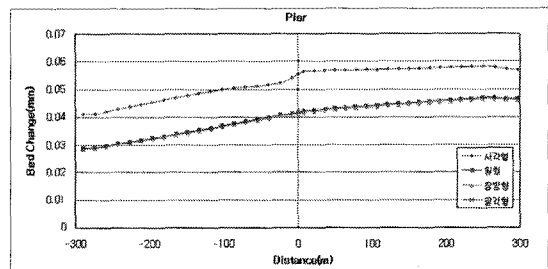


Fig. 15. Bed change according to pier shape.

Table 2. Analyze result of sediment concentration according to pier shape

No.	Pier shape	Average velocity (m/sec)	Average Sedment concentration (kg/m ³)	Bed change (mm)	Drag force (kg)
1	Square	1.149	0.848	0.0676	718.25
2	Circle	0.959	0.832	0.0663	499.03
3	Rectangle	0.983	0.782	0.0665	524.92
4	Octagon	1.101	0.839	0.0668	659.50

까지 영향이 있는 것으로 나타났다. 하상변동량은 원형과 장방형, 팔각형의 경우 거의 비슷하게 나타났으나 사각형의 경우 하상변동이 심한 것으로 나타났다.

또한 본 연구에서는 유사 유입에 따른 침강속도에 대한 항력을 고려하였다. 유체 내에서 침강하는 입자의 최종속도는 입자의 수중무게(buoyant weight)와 유체의 항력(drag force)의 조합으로 결정되게 된다. 유체의 항력은 유체에 의해 입자에 작용하는 점선전단응력(skin drag) 또는 입자에서의 압력의 차(form drag)에 의해 발생하거나 이들 두가지가 연계되어 발생한다. 따라서 항력을 구하기 위하여 식(4)를 사용하였다.

$$F_D = C_D \rho_f A \frac{\omega^2}{2} \quad (4)$$

여기서, F_D 는 항력, C_D 는 항력계수, ρ_f 는 유체의 밀도, A 는 낙하방향으로의 입자의 투영면적, ω 는 입자의 침강속도이다.

식(4)를 이용하여 항력을 산정할 경우 입경은 구형으로 가정하여 항력계수는 $C_D = \frac{24}{Re}$ 로 계산하였다. 교각주변부에서 계산된 항력은 Table 2와 같이 나타났다. Table 2에서 나타난 바와 같이 교각형상에 따른 항력은 사각형의 경우 가장 크게 나타났으며, 팔각형, 장방형, 원형의 순으로 나타나는 것을 알 수 있다. 여기서 최대유속이 가장 작은 팔각형의 경우 수위 및 유속변화는 가장 적게 나타났으나, 교각설치지점에서의 평균유속이 큰 것으로 나타나 항력에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 공주대교지점의 현재 설치상태를 기준으로 매개변수 최적화 및 수리학적 검토를 실

시하고 이들 결과를 현재 설치되어 있는 원형 교각의 형태가 사각형, 장방형, 팔각형인 경우로 가정하여 교각 형상이 흐름에 미치는 영향에 대하여 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 선정구간에 대한 교각형상별 평균유속분포를 보면 교각이 없는 경우 1.154 m/s로 나타났으며, 원형교각의 경우 0.959 m/s, 사각형 1.149 m/s, 장방형 0.983 m/s, 팔각형 1.101 m/s로 나타났다.

2) 교각으로부터 하류 60 m 떨어진 지점에서 유속분포 및 수위변동 양상이 교각이 없는 경우와 비슷하게 나타남으로 60 m이후의 지점에서는 교각에 대한 영향이 거의 없는 것으로 판단된다. 또한 각 교각형상에 따라 교각중심으로부터 약 30 m 떨어진 지점에서 최대유속이 발생하며, 이때의 최대유속은 교각이 없는 경우 1.91 m/s, 사각형 1.97 m/s, 원형 1.92 m/s, 장방형 1.91 m/s, 팔각형 1.79 m/s로 교각설치지점에서 교각의 영향이 가장 낮은 팔각형, 장방형, 원형, 사각형 순으로 나타났다. 교각이 없는 경우와 비교한 결과 장방형의 경우 최대유속은 일치하였으나, 교각 주변에서 수위변동에 대한 영향이 있으므로 가장 적합하다고 할 수 없으며, 팔각형 교각의 경우 최대유속이 가장 작고, 수위변동에 대한 영향 역시 교각이 없는 경우와 가장 가깝게 나타났으므로 선정지점에 가장 적합한 형상인 것으로 판단된다.

3) 유사이송특성에 따른 유사농도분포에 대한 분석결과 교각이 없는 경우와 비교하였을 때, 각 교각 형태에 따른 교각주변에서의 유사농도분포는 교각설치지점에서 상류 약 (+)110 m부터 하류 약 (-)130 m 지점까지 영향이 있는 것으로 나타났다.

4) 유사입경분포에 따른 항력분석결과 항력이 가장 큰 형태는 사각형으로 나타났으며 다음으로 팔각형, 장방형, 원형 순으로 나타났다. 홍수시 팔각형 교각의 경우 교각주변에서의 최대유속이나 상·하류

부에 미치는 영향은 작게 나타났으나, 선정지점 전 구간에 대해 모의된 평균유속은 큰 것으로 나타나 이에 대한 항력이 크게 나타나는 것으로 판단된다. 원형의 경우 선정지점에 대한 평균유속 및 수위변동이 가장 작게 나타나므로 항력 역시 가장 작게 나타나는 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용된 RMA-2 및 SED2D-WES모형은 교각주변에서의 유속분포, 수위변동, 유사농도 분포 및 하상변동에 대하여 모의가 가능하여 본 연구에서 사용하였으나, 현재 SMS v10.0에서는 교각세굴을 모의할 수 있는 FESWMS모형이 개발되었으므로 차후 이 모형을 이용한 교각세굴에 대한 연구도 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) Ackers P., White W. R., 1973, Sediment Transport: New Approach and Analysis, Journal of the Hydraulics Division, ASCE. No.HY11.
- 2) Cole P., Miles G. V., 1983, Two-Dimensional Model of Mud Transport, J. of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 109(1), 1-12.
- 3) 김환국, 1998, 증소하천유역에서의 하상변동에 관한 연구, 석사학위논문, 토목공학과, 경기대학교, 경기도.
- 4) 박준성, 2001, 하천·해안에서의 RMA-2와 SED2D 모형의 적용성 검토, 석사학위논문, 토목공학과, 명지대학교, 서울.
- 5) 윤영호, 최용목, 2000, 교각의 형상과 배열에 따른 하상세굴 특성에 관한 실험적 연구, 강원도립대학 논문집, 3, 83-90.
- 6) 최한규, 김인호, 최용목, 2000, 일련연속교각, 다중연속교각, 말뚝군의 세굴특성에 관한 실험적 연구, 강원대학교 산업기술연구소 논문집, 20, 123-129.
- 7) 이효정, 이남훈, 문상철, 김종호, 안승섭, 2008, 수공구조물 설치방식이 하천흐름에 미치는 영향, 한국환경과학회 학술발표회 논문집, 337-341.
- 8) 이효정, 정도준, 안승섭, 2008, 교량주변 하도구간에서 하상변동 및 유사농도 분포 특성분석, 방재학회 학술발표회 논문집.
- 9) 이효정, 문상철, 이증석, 안승섭, 2008, 교량의 형상이 하천흐름에 미치는 영향에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집.
- 10) Environmental Modeling Research Laboratory, 2000, SMS(Surface-water modeling System) SED2D-WES version 4.3 User's Manual, Brigham Young University.