

하상세굴로 노출된 하저매설관로의 보강공법

Reinforcement of Buried Pipeline in the River Bed

유 병 갑,* 김 태 철**
Ryu, Byung-kap, Kim, Tai-cheol

I. 서론

하천구간에 매설된 지하시설물의 경우 홍수나 하천골재채취 등 자연적, 또는 인위적인 원인에 의해 하상이 세굴되어 가스관, 송유관, 상하수도관 등이 노출되는 사례가 종종 발생하고 있으며, 이를 방지하여 파손될 경우에는 인명과 재산상의 피해는 물론이고, 수질오염 등 환경적인 피해도 매우 크고 위험할 수 있다. 따라서 하저(河底)에 매설된 관로는 육상구간에 매설된 관로와는 달리 유지 관리 및 보수가 어려운 경우가 많아, 적절한 안전 관리 및 효율적인 보강 대책이 절실히 요구되고 있다.

여기서는 하저에 매설된 관로가 세굴에 의해 노출되었을 경우, 경제적이면서도 안전하게 보강할 수 있는 방법을 찾아보고자 하였으며, 특히 금강 금남교 지점의 하저에 매설된 가스배관을 보강한 사례를 중심으로 소개하고자 한다.

II. 하상 변동과 보호공의 기본이론

1. 하상의 변동

하상의 변화는 홍수에 의한 변동이가장 크다. 그러나 최근에는 골재채취 등 인위적인

인에 의한 영향도 큰 것으로 알려지고 있다. 제방호안 법면의 선단세굴, 수제 주변의 세굴·퇴적, 교각주변의 세굴 등 국소적 하상 변동은 각각 고유한 변형을 나타내기 때문에 해석적으로 취급하기는 곤란하며, 수리모형실험에 의한 예측이나 현지조사에 의한 경험의 축적이 중요한 수단으로 이용되고 있다. 하상의 상승은 상류로부터 토사 공급의 과잉에 의한 것이다. 반면에 인위적 준설이나 골재채취 등에 의한 하상의 저하는 결과적으로 유수 단면의 증대로 이어지기 때문에 치수면에서는 유리한 측면도 있지만, 이 때문에 평상시 수면도 저하하므로 통관이나 취수구가 수면 위로 나오거나, 교각 및 하천시설물이 노출되어 위험하게 되는 등 사회적으로 큰 문제가 되고 있다.

2. 하상 보호공

가. 설계 이론

교각주위 세굴, 방조제 및 하상 바닥보호공 등과 관련한 연구실적⁶⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾ 들은 어느 정도 있는 편이지만 가스배관이나, 송유관, 상하수도관로 등 하천을 횡단하여 매설된 하저 구조물의 안전성 해석 및 보호공 설치

* 한국가스공사 충청지사
** 충남대학교 농과대학

키워드: 하상세굴, 하저매설관로, 하상보호공, 사석, 피복석

의한 하상의 저하는 결과적으로 유수 단면의 증대로 이어지기 때문에 치수면에서는 유리한 측면도 있지만, 이 때문에 평상시 수면도 저하하므로 통관이나 취수구가 수면 위로 나오거나, 교각 및 하천시설물이 노출되어 위험하게 되는 등 사회적으로 큰 문제가 되고 있다.

2. 하상 보호공

가. 설계 이론

교각주위 세굴, 방조제 및 하상 바닥보호공 등과 관련한 연구실적⁶⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾ 들은 어느 정도 있는 편이지만 가스배관이나, 송유관, 상하수도관로 등 하천을 횡단하여 매설된 하저 구조물의 안전성 해석 및 보호공 설치에 대한 자세한 연구는 아직 많지 않은 실정이다.

따라서 호안 사석공 설계이론을 적용하여 하저매설관로의 안전성 해석 및 하상관로보호공 설치를 위한 사석 및 피복석 단면을 결정하고자 한다.

나. 경험 공식

사석 보호공을 위한 경험공식은 여러 가지가 있다. 여기에서는 피복석의 최소중량 계산에는 미 캘리포니아 운송국 공식⁴⁾으로, 사석의 안정중량 계산에는 미국 해안침식국 제안식⁹⁾으로 검토하였다.

(1) 미국 캘리포니아 운송국 공식

하천의 경우라도 해안에 설치하는 사석 중량 산정공식을 이용하여 규모를 결정할 수 있는데, 유속이 파의 활동보다 지배적인 경우에는 다음의 식을 이용하여 사석(피복석)의 중량을 구할 수 있다.

$$W=(0.0113 \times S_r \times V^6) / [(S_r-1)^3 \times \sin^2(\beta-\alpha)] \dots\dots\dots (1)$$

여기서, W : 피복석의 최소 안정중량(kg), S_r : 피복석의 비중, V : 피복석부의 유속(m/s), α : 사면의 경사, β : 상수

(2) 미국 해안침식국 공식

미국 해안침식국에서 제안한 사석 안정중량 산정식은 식(2)과 같다.

$$W_r = (\pi \cdot \gamma_t \cdot V^6) / [48 \cdot g^3 \cdot y^6 \cdot (S_r - 1)^3 \cdot (\cos \alpha - \sin \alpha)^3] \dots\dots\dots (2)$$

여기서, W_r : 사석의 안정중량(kg), γ_t : 사석의 단위중량(t/m³), S_r : 사석의 비중, V : 사석 윗면에서의 유속(m/s), g : 중력가속도(m/s²), α : 사면경사, y : Isbash 정수(파물힌 돌 : 1.2, 노출된 돌 : 0.86)

Ⅲ. 재료 및 방법

하천구간에 매설된 관로를 안정적이고 경제적으로 보강할 수 있는 방안을 도출하고자 하였다. 여기서는 사석 및 돌망태를 이용한 보강공법과 피복석을 이용한 보강공법을 검토하였다. 어느 보강단면이 하저매설관로 보호에 적절한지 안정성 및 경제성, 시공성을 검토하였다. 실제 시공사례에서는 피복석을 이용한 보강단면으로 결정하였으며 그 결과를 고찰하였다. 분석대상 지점은 직할하천인 금강의 금남교 지점이며, 금남교 지점의 수문자료와 <그림-1>의 하천단면 측량자료를 이용하였고, 이 구간에 횡단 매설되어 있는 천연가스배관(직경 762mm, 강관 두께 11.9mm)을 선정, 적용하였다.

1. 수문자료

금강수계 유량측정조사보고서(건설교통부, 1998년)와 금강수계 종합정비계획(건설부, 1988)의 금남지점 수문 측정자료를 활용하였으며 유역특

성 등을 정리하면 다음과 같다.

가. 유역 특성

금남지점은 홍수시 지천에서 유입된 흐름과 대청댐의 방류수가 합류하여 수위 및 유량이 급격히 증가하는 지점이다. 평상시에도 유속이 대단히 빠른 편이며 <표-1>에서 계획홍수량은 11,400m³/s이다.

<표 - 1> 금남지점의 유역특성 및 영점표고

구분 지점명	유역면적 (km)	유로연장 (km)	계획홍수량 (m ³ /s)	영점표고 (EL.m)
금 남	6,740.2	291.8	11,400	10.927

나. 유속 및 동수경사 산정

금남지점 계획홍수량은 11,400m³/s, 위험홍수위는 6.5m이다. 이 자료를 이용하여 유속 및 동수경사를 산출하였다. <그림-1>의 하천 현황측량 자료를 근거로 최대 유량시 하폭을 678m로 하고, Manning공식에 대입하여 동수경사 I 를 구하였다.

2. 금남교 지점의 하상변동 자료

가. 금남지점 현황 및 하상변동 개요

금남교 교각(하류측) 중심에서 약 45m 지점

에 가스배관이 하천을 횡단하여 매설되어 있고, 그 아래 약 60m 지점에 송유관이 가스배관과 평행하게 매설되어 있다.

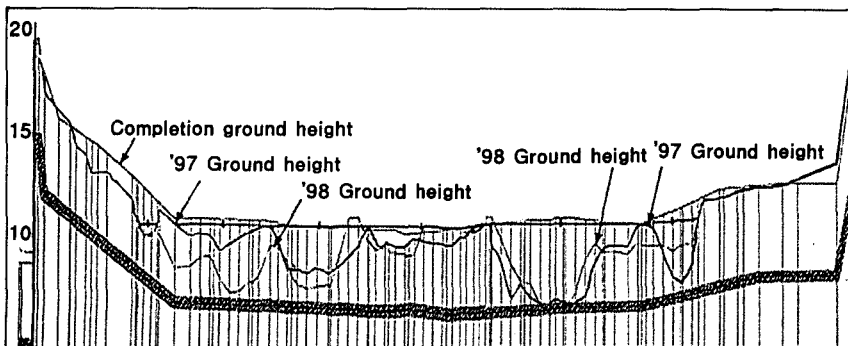
국부세굴은 흐름방향에 장애물이 설치되어 있는 경우 흐름의 가속과 와류의 발생으로 하상물질이 유송되어 국부세굴이 발생하게 되는데, 이 금남지점의 경우 교각 사이 단면을 통과할 때 유속이 크게 증가하고 관로 매설지점에서 와류를 일으키기 때문에 국부세굴이 발달하게 되었다.

금남지점의 하상변동은 1996년~1998년에 계속된 홍수와 금남교 개량공사로 인한 세굴 및 20여년 동안 진행된 골재채취공사 등에 의한 하상 저하가 주된 원인으로 하저 매설 송유관 및 가스관로 상부 사력층에 국부적이고 집중적인 하상세굴이 발생하였다.

나. 금남교 지점 현황측량 자료

하천을 횡단하여 매설된 배관의 안전관리를 위해 매년 하상고 변화를 측정하여 세굴 또는 퇴적여부를 파악하고 있다. <그림-1>은 측량 결과 작성한 종단면도이며 관로상부에 약 55m 정도가 홍수 등의 영향으로 세굴되었음을 알 수 있다.

<그림-1>에서 평균 유수부의 폭은 대략 300m 정도이며, 도면 중간부분을 축소 편집한



<그림 - 1> 금남교 지점의 천연가스관로 종단면도

관계로 세굴부분이 과장되어 보인다.

3. 매설배관 보강 방법

하저매설관로의 안전은 하천바닥의 토사 유송에 의한 세굴 진행에 따라 큰 영향을 받을 수 있다. 하상변동을 억제할 수 있는 바닥보호공이 필요하므로 하천형태 및 주변여건을 고려한 적절한 대책이 강구되어야 한다. 바닥보호를 위한 시공방법에는 콘크리트 하상유지공, 돌쌓기, 돌붙임 하상유지공, 콘크리트 블록 바닥보호공 등 여러 가지 방법이 있으나 하상변동에 쉽게 대응할 수 있는 굴요성(屈撓性) 구조가 바람직하다. 즉 콘크리트 구조물에 의한 보강방법보다는 사석이나 돌망태 등의 굴요성 구조로 시공하여 향후 하상변화에 대처할 수 있어야 한다. 또한 시공성, 경제성 측면에서도 굴요성 구조로 시공하는 것이 유리하다. 바닥보호공으로는 사석 및 돌망태를 이용한 방법과 피복석을 이용한 방법에 관하여 검토하였다.

가. 사석 및 돌망태를 이용한 보강방법

사석과 돌망태를 적용한 보강방법은 하상세굴이 대규모(주로 직할하천급의 대하천)로 지속적으로 발생, 전단면에 걸쳐 하상 저하가 이루어지는 경우에 적합하며 안정적인 방법으로 판단되나, 이 보강단면의 경우 공사비가 비교적 많이 소요되고 공사기간이 길어지는 단점이 있다.

(1) 사석 및 돌망태의 안정중량

미국 해안침식국 제안식을 이용하여 바닥보호공에 사용할 사석의 안정중량을 산출하여 사석의 크기를 정하였다.

(2) 바닥보호공의 길이 산정

하상세굴에 대응하도록 하류물받이 길이와 하류 바닥보호공 길이를 구한다. 식(4)에 의한

물받이 길이 l_1 을 구하고, 식(3)으로부터 구한 보시설 하류측 전체길이 l 에서 l_1 값을 빼어 하류 바닥보호공 길이 l_2 (5)를 구하였다.

$$l = 0.66 C (H_a \cdot q)^{1/2} \cdot f \dots\dots\dots (3)$$

$$l_1 = 4.05 H^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325} \dots\dots\dots (4)$$

$$l_2 = l - l_1 \dots\dots\dots (5)$$

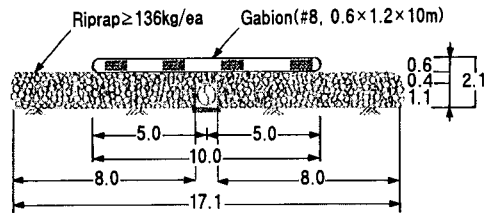
여기서, l : 보시설 하류측 전체길이(m)(Bligh, 1912), l_1 : 하류물받이 길이(m)(건설교통부, 1991), l_2 : 바닥보호공 길이(m), H : 보 높이(m), q : 단위폭당 유량($m^3/s/m$), D_{50} : 하상토사의 입경(D_{50} 은 50% 통과 입경=1.0), H_a : 보하류측 수위와 보마루의 높이차(m), C : Bligh 계수(굵은 모래, $C=12$), f : 안전율(가동보=1.5, 고정보=1.0)

(3) 바닥보호공 두께 산정

바닥보호공 두께는 양압력에 안전한 중량이어야 하므로 보통 1m 정도로 하며 최소 35cm 이상으로 한다.

(4) 보강단면

사석 및 돌망태를 이용한 보강단면을 <그림-2>와 같이 설정한 후 안정성을 검토하여 적용 가능여부를 고찰하였다.



<그림 - 2> 사석 및 돌망태를 이용한 보강단면 (단위: m)

나. 피복석을 이용한 보강방법

피복석을 이용한 보강단면은 하상세굴이 부분적(직할하천급의 대하천 기준)으로 일어나는

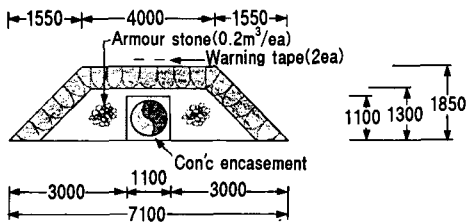
경우에 적합한 것으로 판단되며, 최근 해저 매설배관의 보강 및 호안공사에 도입되고 있는 방법으로서 단면이 간단하여 공사기간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

(1) 피복석 보강

금남지점의 하상변동은 홍수가 직접적인 원인이지만, 금남교 상·하류에서 계속되어 온 골재채취공사와 금남교 개량공사에 의한 하상저하 및 흐름 변화에 의한 영향도 크게 작용하였다. 그러나 골재채취공사가 과도하게 계속되지 않는다면 하상도 점차 안정화될 것으로 예측된다. 따라서 금남지점의 국부세굴은 계속 발생할 수 있지만, 전단면에 걸친 하상변동에 의한 영향은 크지 않을 것으로 전망된다. 적용한 배관은 현재 금남지점 하상에 횡단 매설되어 있는 가스관로이며, 건설당시(1992년) 배관을 보호하기 위하여 Concrete encasement로 피복되어 있다.

(2) 보강단면

피복석에 의한 보강단면을 <그림-3>과 같이 설정한 후 안정성을 검토하여 적용 가능 여부를 확인하였다.



<그림-3> 피복석을 이용한 보강단면(단위:mm)

IV. 결과 및 고찰

하상세굴로 일부 수중 노출된 가스관로를 보호하기 위하여 사석 및 돌망태를 이용한 보강공법과 피복석을 이용한 보강공법을 비교 분석하여, 어느 보강단면이 하저매설관로 보호

에 적합한지 안정성을 검토하였다. 여기서는 피복석을 이용한 보강단면으로 결정하였으며 실제 시공사례를 살펴보면 다음과 같다.

1. 사석 및 돌망태에 의한 보강방법

하천바닥세굴에 따른 하저매설관로의 보강을 위해 사석 및 돌망태 구조물 <그림-2>에 대하여 미국 해안침식국 제안식을 이용한 사석의 최소 안정중량과, 브라이(Bligh)식을 적용한 바닥보호공의 길이, 양압력에 견딜 수 있는 바닥보호공의 두께를 산정하여 안전성을 검토하였다.

가. 사석의 최소 안정중량

사석의 최소 안정중량을 식(2)에 의해 계산하여 정리하면 <표-2>와 같다.

<표-2> 사석의 최소 안정중량

γ_1 ($\gamma^{(m)}$)	V (m/s)	g (m/s^2)	S	α	y	최소안정중량 (W, kg)	안전율	사석1개당 중량(kg)
2.65	3.0	9.8	2.65	0° 25' 31"	0.86	76	1.8	136

매설관로의 안전을 고려하여 유속을 3.0m/s로 정하고 사면경사 α 는 Manning공식에 의한 동수구배 I 로 구하였다.

$$I = V^2 / [(1/n^2) R^{4/3}] = (n^2 \cdot V^2) / R^{4/3} = 0.00742$$

$$I = \tan \alpha \approx \sin \alpha = 0.00742, \alpha = \tan^{-1} 0.00742 = 0^\circ 25' 31''$$

여기서, $V = 11,400 / (6.5 \times 678) = 2.59 \approx 3.0(m/s)$, $n = 0.1$, $R = 6.5(m)$ 이다.

나. 바닥보호공 길이

보시설 하류측 바닥보호공의 길이는 식(3)(4)(5)에 의해 계산하여 정리하면 다음과 같다.

<표 - 3> 바닥보호공의 길이

C	보높이 (m)	단위폭당 유량 (m³/㎡/m)	전체길이 (m)	물받이 길이(m)	최소 바닥 보호공길이(m)	안전율	적용 바닥 보호공길이(m)
12	0.6	16.81	25.2	14.7	25.2-14.7=10.5	1.5	17

여기서 바닥보호공은 보 시설이 아니고 하저에 매설된 관로 보호를 위한 보강구조물이므로 계산된 바닥보호공 길이에 안전율 1.5를 주어 17m로 결정하였다. 지속적인 대규모 하상 세굴시 사석 선단부 및 후단부의 세굴에 대응 하도록 하였다.

다. 바닥보호공의 두께

바닥보호공은 양압력에 안전하게 두께를 설계해야 하며 보통 최소 35cm이상 1m정도이다. 여기서 검토한 단면의 두께는 사석피복 두께 1.5m와 돌망태 두께 0.6m를 더하여 총 2.1m로 정하였다.

라. 돌망태의 안정성

돌망태의 규격은 1.2m×0.6m×10m이며 돌망태용 조약돌의 단위중량이 1,700kg/m³이므로 돌망태 1개당 총 중량은 12.24ton이다. 윤(1998)¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾ 등은 돌망태의 거동은 구성 사석의 크기에는 거의 영향을 받지 않고 돌망태 전체의 크기에 영향을 받으므로 돌망태를 분리되지 않은 일체로 취급하고 있으므로 유속에 대해 안정함을 알 수 있다.

2. 피복석에 의한 보강방법

하천바닥 세굴에 따른 하저매설관로를 보강하기 위해 피복석 구조물 <그림-3>의 안전성을 검토하였다. 피복석 소요중량을 구하고 배관에 작용하는 부력과 항력을 검토하여 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

가. 피복석 소요중량

피복석 소요중량을 식(1)에 의해 정리하면 <표-4>와 같다.

<표 - 4> 피복석의 안정중량

S	V(m/s)	α(°)	β(°)	피복석 최소 중량 (W, kg)	안전율	적용 피복석 중량(kg)
2.65	3.0	50	70	129	1.8	232

계산된 피복석 안정중량이 0.232ton이므로 보강단면의 피복석은 최소규격인 0.2m' 크기로 결정하였다. 0.2m' 크기의 피복석 중량은 0.53ton(=0.2m'×2.65t/m³)이므로 유속에 대해 안전할 것으로 판단된다.

나. 부력에 대한 안정성

관로(보호 콘크리트 포함)에 작용하는 부력의 영향을 검토해 보면 <표-5>와 같다. 피복석 중량은 분리된 개체로 보고 배관 직상부 단면만을 적용하여 검토하였다.

<표 - 5> 부력에 대한 안정성 검토

가스배관 중량(kg/m)	배관보호 콘크리트 (kg/m)	피복석 중량 (W _s , kg/m)	총중량 (W, kg/m)	부력 (B,kg/m)	부력에 대한 안정성 검토결과
220	1,612	2,186	4,018	1,210	4,018>1,210 ∴안정

3. 보강공사 시공 및 점검 사례

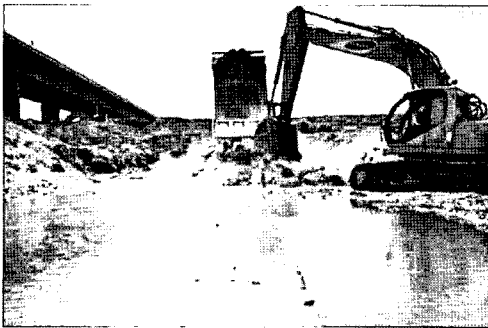
사석과 돌망태를 이용한 보강공법은 대규모 하상저하에 대응할 수 있으며, 큰 하상변동에도 안정성을 유지할 수 있는 방법으로 판단되나, 공사비가 피복석 구조에 비해 1.5~2배 정도 많이 소요되며 공사기간이 비교적 길은 단점이 있다. 한편 피복석에 의한 보강법은 큰 단면변화에는 대응성이 비교적 적으나, 구조가 간단하여 공사기간을 줄일 수 있고 소요경비

가 저렴한 장점이 있다. 금남지점 하저관로의 보수기간이 장마철과 겹쳐 공기가 짧으며, 시공성이 좋고, 공사비가 저렴한 피복석 공법을 하상세굴로 노출된 하저매설관로의 보강방법으로 채택하였다.

가. 보강공사 시공 사례

설계내용에 따라 금강 금남지점 하상에 횡단 매설된 천연가스관로 총 300M 구간중 하상세굴이 많이 발생한 240m 구간에 대해, 가스관로보호를 위한 보강공사를 1999년 5월부터 8월까지 실시하였다. 시공과정은 <그림-4> ~ <그림-5>와 같다. 하저매설관로 보호를 위해 사석이나 돌담대, 또는 피복석 등의 재료를 이용한 보강공사시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 하천현황 및 유역특성을 검토하여 적절



<그림 - 4> 피복석을 이용한 보강공사 장면



<그림 - 5> 피복석 보강 완료후 전경

한 보강방법을 선정한다.

- ② 갈수기에 공사를 완료할 수 있도록 공사계획을 수립한다.

- ③ 사석 및 피복석 구입이 용이한지 가격과 수량은 적절한지 철저히 조사한다.

- ④ 사석 및 피복석 구입이 어려운 경우 콘크리트 하상유지공 등 다른 공법을 검토한다.

- ⑤ 호우와 홍수에 안전하도록 기상정보와 상류지역 상황을 항상 확인한다.

- ⑥ 가물막이 시공시 국지성 집중호우에 의한 월류에 대비하여 여유고를 충분히 고려한다.

나. 보강공사 점검 결과

보강공사 완료 후 1999년 11월부터 12월까지 1차 점검을 실시하였다. 잠수부와 보트를 이용하여 하상고를 측량한 결과, 되매우기한 상부 사력층만 일부 세굴되었으나 보강한 부분은 안정되게 유지되고 있었다. 2000년 4월에 배관탐지기를 이용하여 2차로 점검한 배관심도는 <표-6>과 같다. 법적(도시가스사업법) 매설심도 기준은 일반하천(하천법상 하천) 4.0m, 소하천·수로 2.5m, 좁은 수로(용수로·개천 등) 1.2m 이다. 하천의 경우 원칙적으로 4.0m이상으로 하되, 특수한 경우에는 보호조치를 하고 0.3m 이상의 매설깊이를 유지하여야 한다고 규정하고 있다.

하저매설관로 보강공사 완료 후 측량한 결과를 검토한 바로는 안정적으로 보강단면이 유

<표 - 6> 가스관로 매설심도 점검 결과

하천명	지점 (m)	하천폭 (m)	배 관 심 도 (m)						비고
			점 검 심 도			준 공 시 심 도			
			시점	하상	종점	시점	하상	종점	
금강 금남교	80~760	680	4.0	3.7	4.0	4.5	3.7	5.9	

지되고 있으며, 안전성 면에서도 크게 문제가 없는 것으로 판단되었다. 다만, 공사 준공후 관찰기간이 짧으므로 장기적인 관점에서 보강 단면의 거동을 살펴보아야 하고, 주의 깊은 관찰과 지속적인 유지관리가 요구되고 있다. 좀 더 발전적인 보강방법으로 보완하기 위해 계속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 본다. 금남지점의 하저매설 가스관로는 건설당시 계획 하상높이와 4.0m 이상의 깊이로 매설되었으며, 굴착 또는 닷내림 등에 의한 손상을 방지하기 위해 방호구조물(Concrete encasement)로 피복 시공된 상태이고, 수중에 일부구간(약 55m)이 와류에 의한 세굴로 노출된 경우이다. 따라서 상기 피복석에 의한 보강방법은 현재 하천 상황에서 볼 때 최적의 방안인 것으로 판단되며, 현장 상황이 이와 유사한 경우, 필요하면 사석과 돌망태를 이용한 보강공법을 같이 병용 시공한다면 더욱 더 안정적인 하상배관 보강책이 될 것으로 사료된다.

V. 요약 및 결론

하천구간에 매설된 관로는 홍수나 하천골재 채취 등의 원인에 의한 하상세굴로 노출되어 위험할 수 있으므로 안전하며 경제적인 보강방법을 살펴보고자 하였다. 보강방법으로 사석과 돌망태를 이용한 보강공법과 피복석을 이용한 보강공법을 검토하였다. 전자는 미국 해안침식국에서 제안한 사석 안정중량 산정식으로, 후자는 미국 캘리포니아 운송국 공식을 이용하여 피복석의 최소 안정중량을 구하였다.

하상세굴로 하저매설관로가 노출되면 안전성을 확보하기 위해서는 세굴의 영향이 없는 곳으로 이설해야 한다. 그러나, 현실적으로 과도한 공사비, 공급중단 및 민원발생 등 많은 문제가 있으므로 하천구간에 매설된 배관을 적절한 방법으로 보강하여 안전하게 유지 관

리하는 것이 중요하다.

사석 및 돌망태에 의한 보강방법은 하상세굴이 대규모(주로 직할하천급의 대하천)로 계속적으로 발생하여 전단면에 걸쳐 하상 저하가 일어나는 경우에 적합한 방법으로 배관상부 하상에 세굴이 매우 심하게 진행된 구간에 대한 적응성이 양호한 보강방법이다. 그러나, 단면이 피복석 단면에 비해 복잡하여 공사기간이 길어지고, 공사비도 피복석 단면보다 약 1.5~2배 정도 많이 소요된다.

피복석에 의한 보강방법은 하상변동이 부분적, 국부적으로 발생하는 경우에 적합한 방법으로서 공기를 단축하고 공사비를 절감할 수 있는 장점이 있다. 따라서 하천현황 및 세굴 정도에 따라 사석 및 돌망태를 이용한 보강공법과 피복석을 이용한 보강공법을 부분적으로 병용하여 시공하면 적합할 것으로 판단된다. 제안 사항으로 지방자치단체들이 재원확보를 위해 하천골재채취공사를 지속적으로 시행함에 따라, 과도한 하상저하가 발생하여 결국에는 교각 및 하천구조물들이 세굴에 의해 노출되는 등 문제점으로 지적되고 있으므로, 골재채취 장소 선정시 주변시설에 대한 영향 검토와 선정 기준을 강화할 것을 제안하고자 한다.

참고문헌

1. 건설부, 1988. 금강수계종합정비계획.
2. 건설교통부, 1998. 금강수계 유량측정조사보고서.
3. 이종형, 1999. 하천공학, 구미서관, pp.76~107.
4. 건설부, 1994. 하천공사 표준시방서, 원기술.
5. 김태철 외 7인 공저, 1993. 신고 수리학, 향문사.
6. 윤태훈 외 2인, 1998. 불균일 단면 교각 주위의 사석 보호공에 관한 연구, 한국수자원학회, 학술발표회논문집.
7. 김태철 외 4인, 1995. 수리구조공학, 향문사.
8. 한국가스공사 연구개발원, 1997. 환경변화에 따

른 배관변형 특성 연구.

9. 한국가스공사 서해권건설사무소, 1999. 아산만 해저관로설계 및 시공관리.
10. 한국가스공사 연구개발원, 1997. 노출배관의 위험성 완화대책 연구.
11. 윤태훈 외 2인, 1998. 원형교각 주위의 돌망태 보호공에 관한 연구, 한국수자원학회, 학술발표회 논문집.
12. 윤태훈 외 2인, 1995. 원형 교각에서의 세굴방지를 위한 사석 보호공의 설계, 한국수자원학회, 학술발표회 논문집.
13. 박상현, 1997. 방조제 개방구간의 투하 석재와 돌망태 안정성 수리시험연구, 한국관개배수, 4(2).
14. 김채수, 1991. 돌망태 구조물의 설계, 농공기술, 1(4), 농어촌진흥공사.
15. 윤용남 외 3인, 1995. 1차원 부등류 계산모형을 이용한 교량에서의 홍수로 인한 최대세굴심도 예측, 한국수자원학회, 학술발표회 논문집.