

제 1 장 수중조사

1.1 개요

1.2 수중조사 위치 및 방법

1.3 수중조사 결과

1.4 하상면 조사

1.5 결과 분석

제1장 수중조사

1.1 개요

수중점검은 수중부 시설물에 대하여 물리적·기능적 결함 등을 조사하여 발생한 손상에 대하여 적절한 보수·보강 계획의 수립과 향후 효율적인 유지관리를 위한 자료의 제공에 그 목적이 있으며, 이를 위하여 경험과 토목지식이 풍부한 잠수사를 투입 수중 촬영을 실시하였다.

1.1.1 투입장비

<표 1.1> 투입장비

구분	장 비 명	MODEL 및 규격	용 도	비 고
잠수장비	건식 잠수복	SCUBA PRO	잠수자의 체온유지	
	SCUBA SET	SCUBA PRO	호흡조절기 및 게이지	
	컴 퓨 레 샤	BAUER	공기 주입	
촬영장비	비디오 하우징	AMPHIBICO	비디오 카메라 방수팩	
	3CCD 디지털 카메라	SONY (DSR-PD150)	비디오 카메라	
접근장비	보트	WOOSUNG	현장이동 및 접근	
	엔진	YAMAHA	현장이동 및 접근	
측정장비	수심측정기	SM-5	초음파수심측정	

1.1.2 수중점검 방법

◦ 스쿠바 잠수점검(본 과업적용)

점검자가 호흡장비를 갖추고 잠수하여 점검하는 방법으로 수심이 깊어 질수록 수중 체류시간이 짧아지기 때문에 일정 깊이 이상에서 오래도록 점검하기 어렵지만 점검자가 수중을 자유로이 이동하면서 점검할 수 있는 큰 장점이 있어 수중조사 점검 및 진단 용역에서 주로 사용된다. 스쿠버 잠수점검은 반드시 자격을 갖춘 자에 의해 이루어져야 한다.

◦ 표면공급식 잠수점검

깊은 수심에서 오랜 시간 작업하기 위한 점검방법으로 공기압축기를 이용하여 생명선을 통해 잠수부에게 무제한의 공기를 공급해주며 점검하는 방법이다. 이 잠수방법의 가장의 큰 장점은 오랜 시간 깊은 물속에서 작업할 수 있다는 것이며 수중의 환경에 별다른 제약을 받지 않고 작업할 수 있다는 점이다.

1.1.3 수중점검시 주의사항

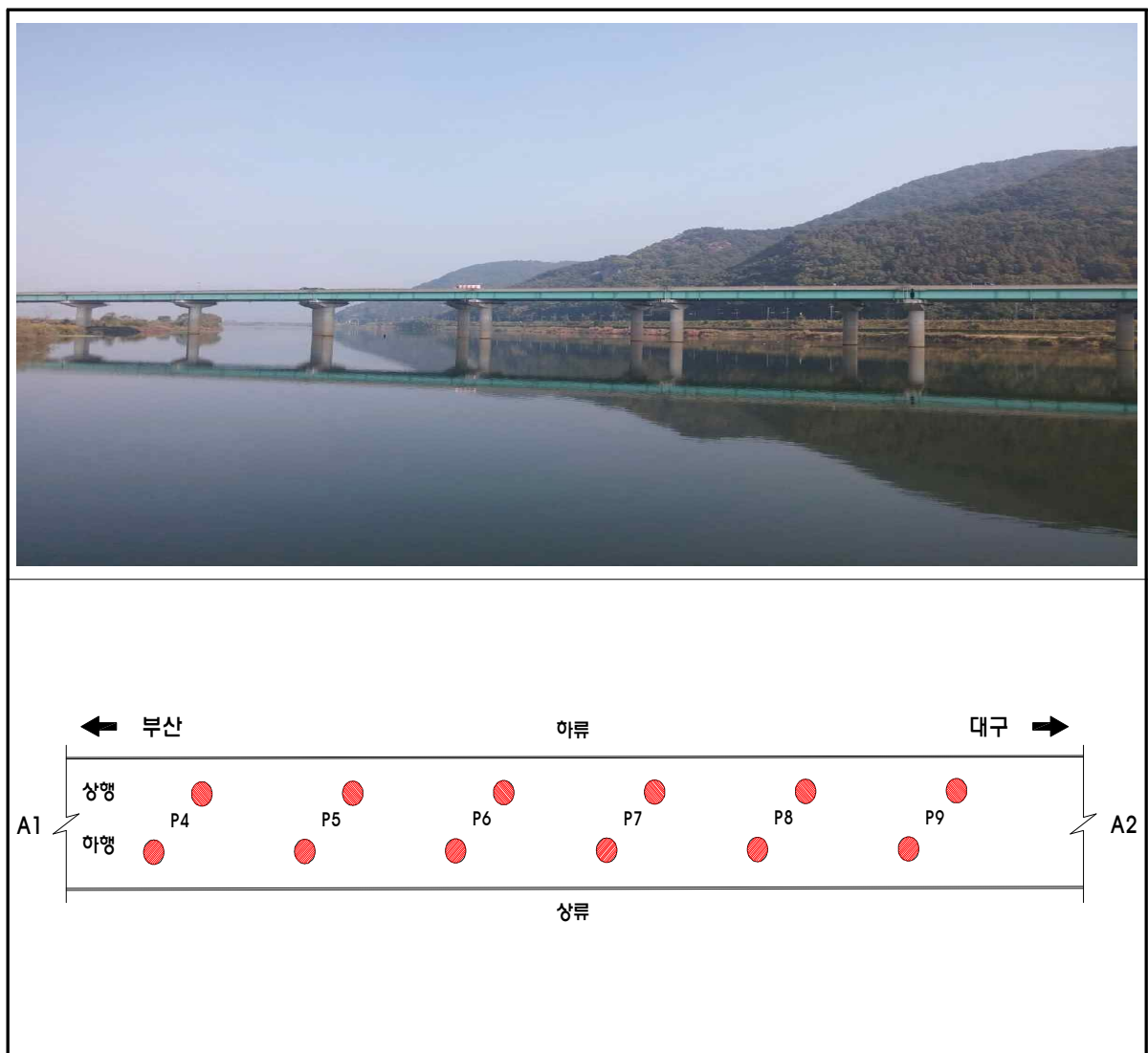
- 수중점검에서 점검자의 안전을 최우선으로 하여야 하나, 수중부를 점검해야하는 점검자 또는 잠수부의 점검환경은 매우 열악하다. 때로는 어두운 곳, 차가운 곳에서 작업해야 하는 것은 물론이고 압력-감압과 관련된 갖가지 질병에 노출된 채로 작업해야 한다. 잠수부는 지각능력과 감각이 둔해지는 수중에서 작업하는 동안 외부의 생명유지 도구에 전적으로 의존할 수밖에 없으므로 수중작업을 효과적으로 수행하기 위해서 잠수부는 환경에 잘 적응해야 하며 점검 전에 반드시 장비의 사용법을 숙지하고 접근할 방법을 신중히 선택해야한다.

1.2 수중조사 위치 및 방법

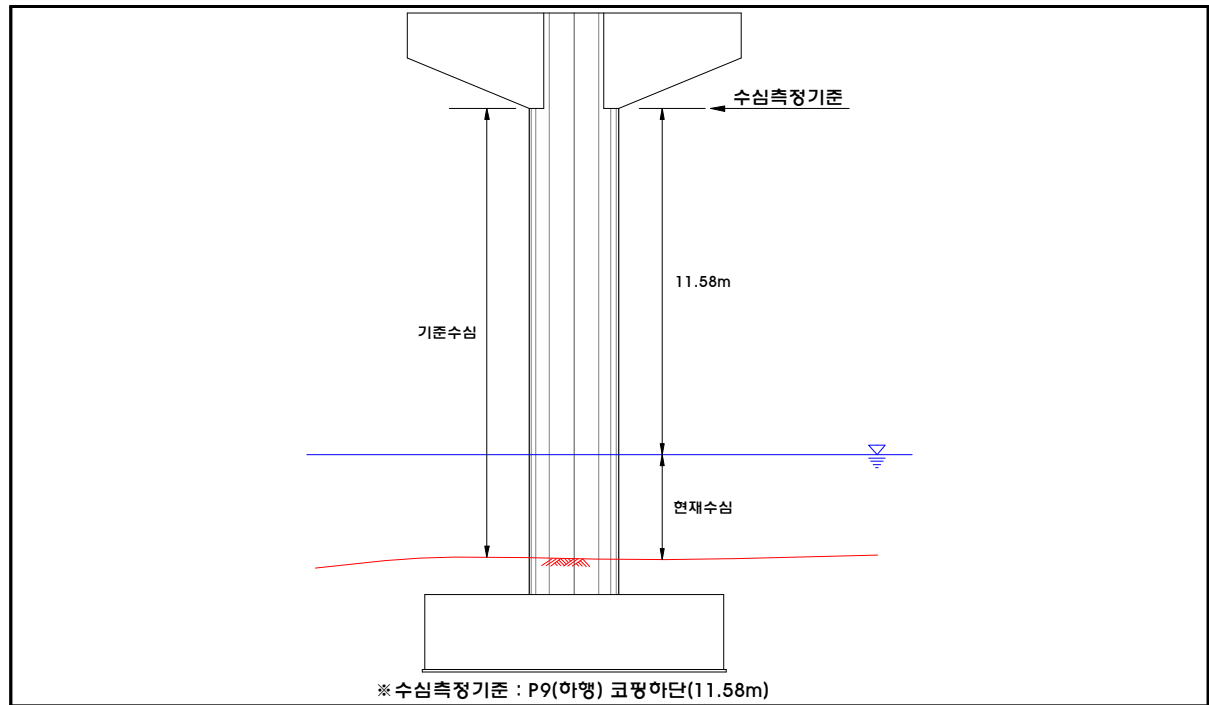
1.2.2 수중조사 방법

밀양강교 하부구조 중 수중에 잠겨있는 상행 및 하행 P4~P9에 대하여 수중영상촬영 및 외관조사를 실시하였다. 교각을 상류측을 기준으로 0° (상류), 90° (A2), 180° (하류), 270° (A1)으로 구분하고, 현재수면에서 하상바닥까지 수직왕복 및 반시계 방향으로 교각을 이동하는 방법으로 교각 표면의 외관상태를 점검하였다.

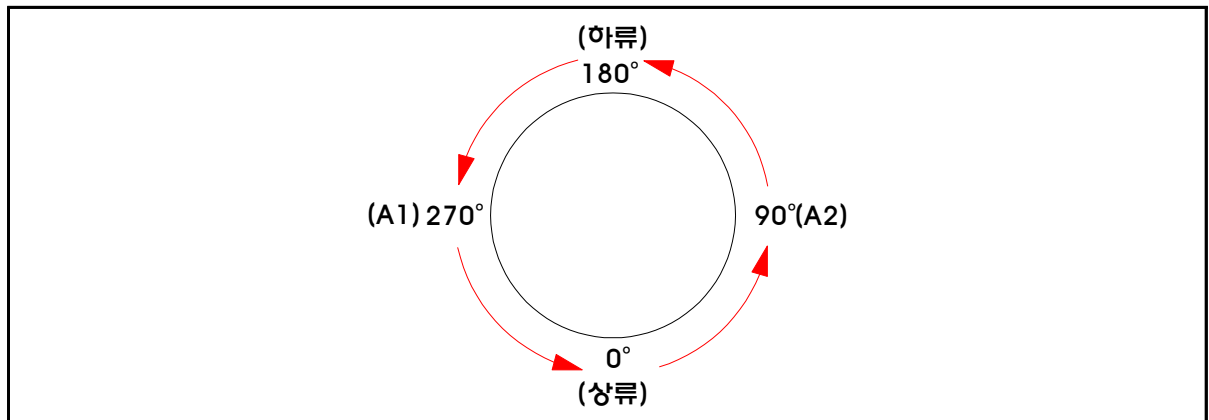
수중조사 방법은 잠수사(1명), 보조잠수사(1명), 고무보트(1명), 육상지원(1명) 4인 1조로 위치를 이동하며 수중조사를 실시하였다.



<그림 1.1> 수중조사 위치도 및 전경



<그림 1.2> 수중조사 방법



<그림 1.3> 수중조사 방향

1.2.3 현장조사



<사진 1.1> 수중조사 현황

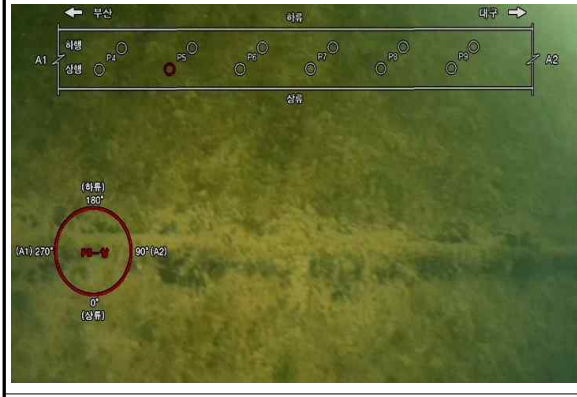
1.3 수중조사 결과

1.3.1 상행

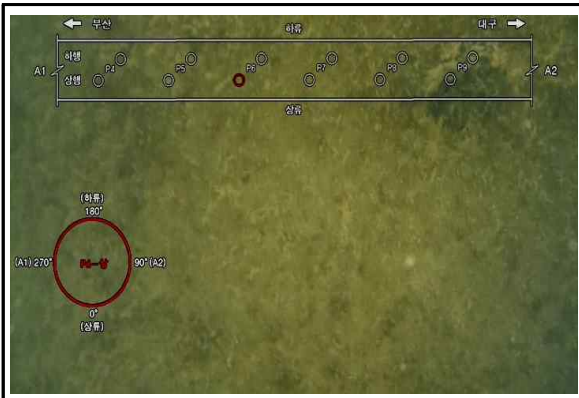
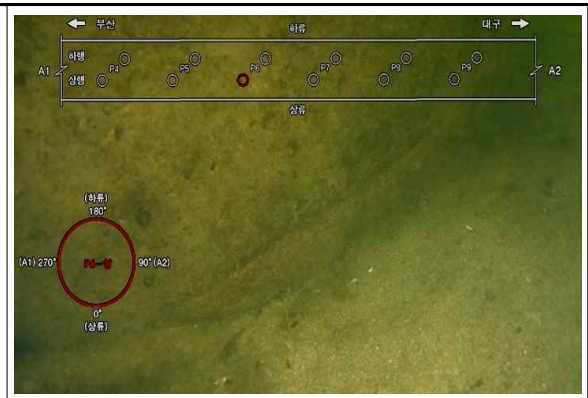
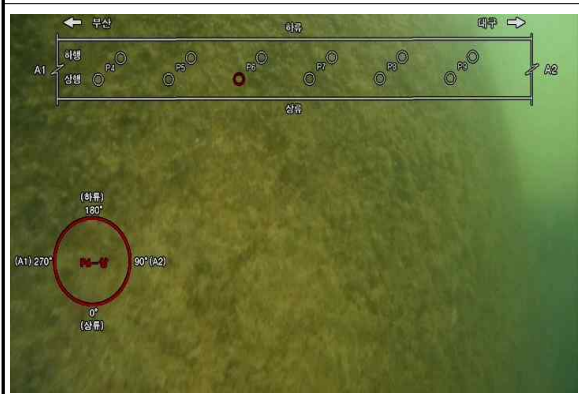
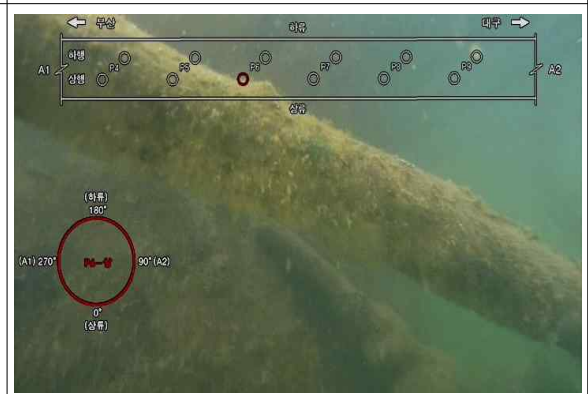
(1) P4(상행)

--	--

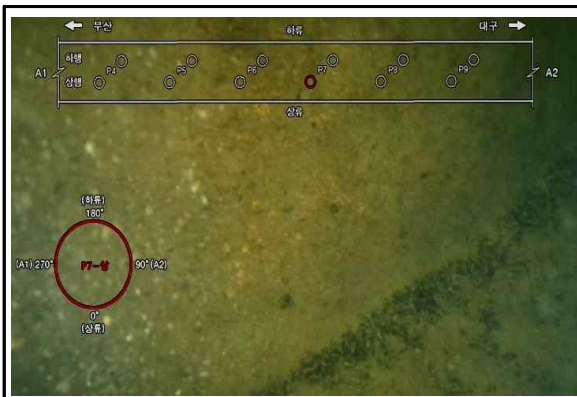
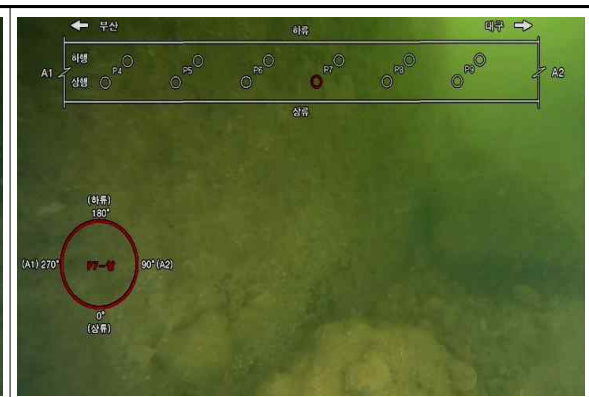
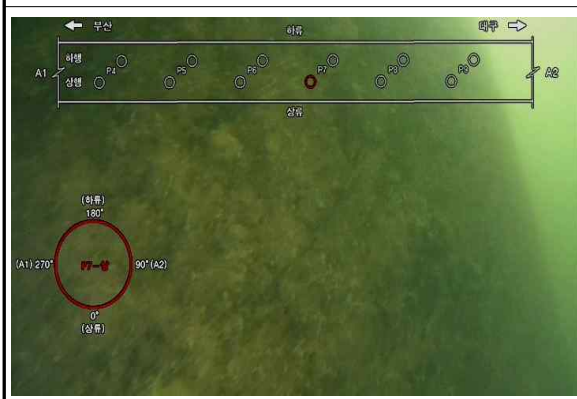
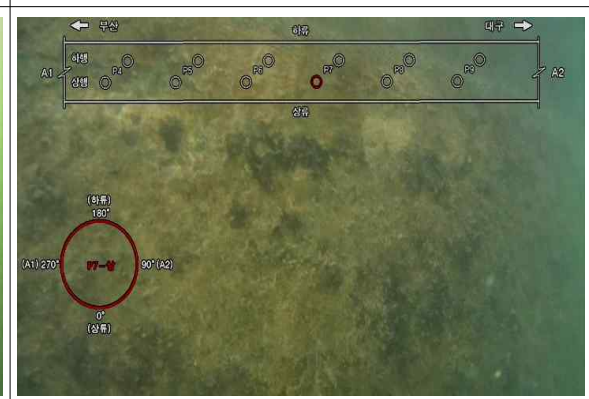
(2) P5(상행)

			
P5(상행) 0°, 유목적치		P5(상행) 80°, 표면상태양호	
			
P5(상행) 130°, 표면상태양호		P5(상행) 270°, 하상상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P5(상행) 수중조사결과 콘크리트표면은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 0°측에서 유목적치가 발생한 것으로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.		
원인 및 대책	■ 발생한 유목적치는 홍수시 적치된 것으로 판단되며 주기적으로 청소를 실시하면 될 것으로 판단된다.		

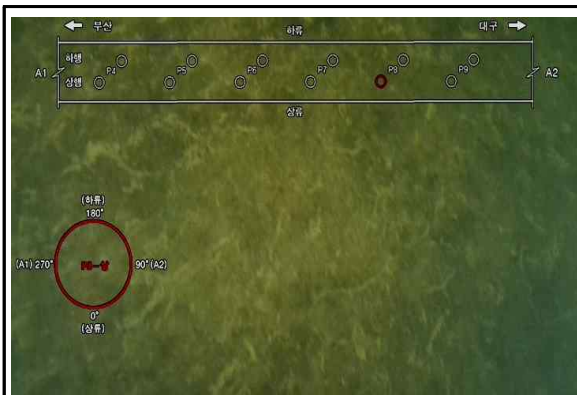
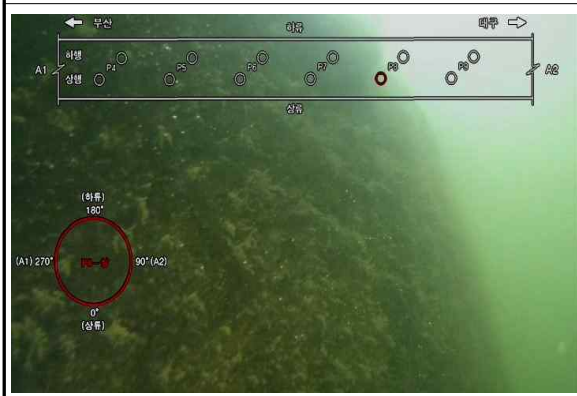
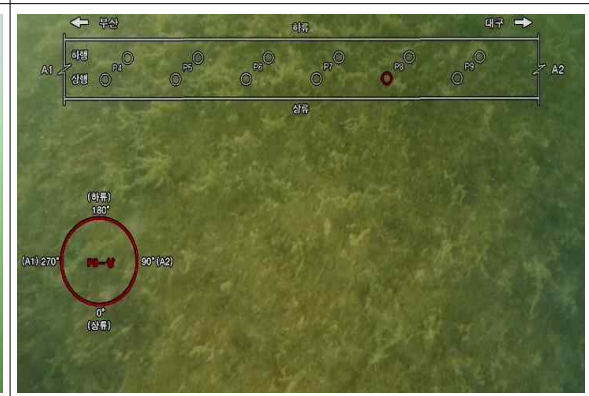
(3) P6(상행)

	
P6(상행) 0°, 표면상태양호	
	
P6(상행) 90°, 하상상태양호	
	
P6(상행) 250°, 표면상태양호	
	
P6(상행) 330°, 유목적치	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P6(상행) 수중조사결과 콘크리트표면은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 0°측에서 유목적치가 발생한 것으로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 발생한 유목적치는 홍수시 적치된 것으로 판단되며 주기적으로 청소를 실시하면 될 것으로 판단된다.

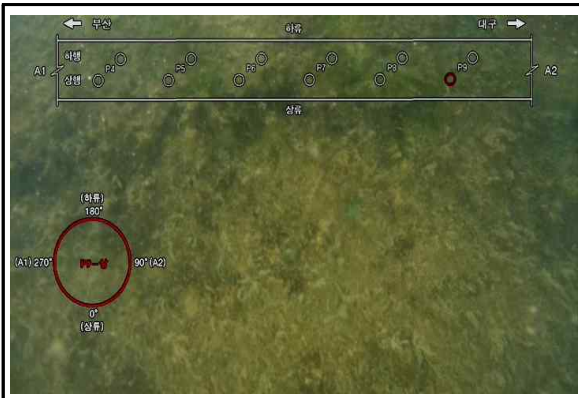
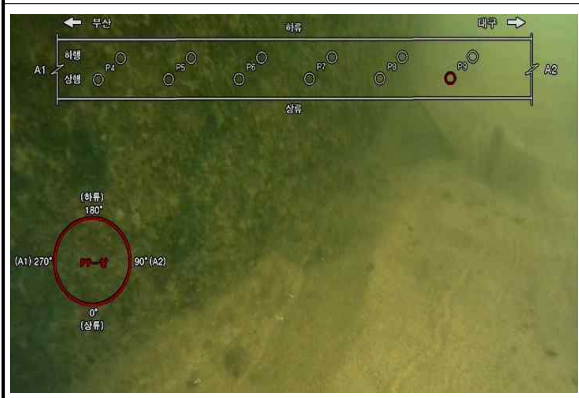
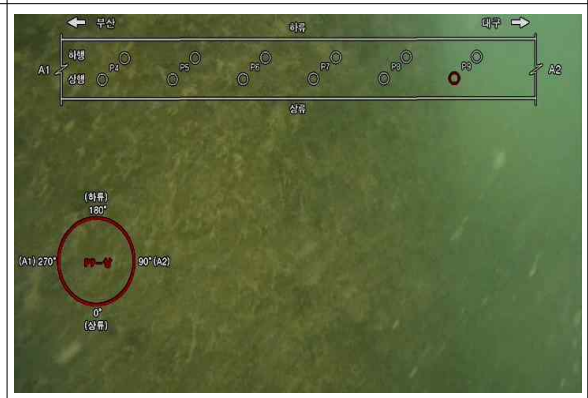
(4) P7(상행)

			
P7(상행) 20°, 표면상태양호		P7(상행) 90°, 하상상태양호	
			
P7(상행) 230°, 표면상태양호		P7(상행) 330°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P7(상행) 수중조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.		
	■ 상태 양호		

(5) P8(상행)

			
P8(상행) 0°, 표면상태양호		P8(상행) 80°, 하상상태양호	
			
P8(상행) 210°, 표면상태양호		P8(상행) 320°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P8(상행) 수중조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.		
원인 및 대책	■ 상태 양호		

(6) P9(상행)

	
P9(상행) 10°, 표면상태양호	
	
P9(상행) 80°, 표면상태양호	
	
P9(상행) 140°, 하상상태양호	
	
P9(상행) 350°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P9(상행) 수중조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 상태 양호

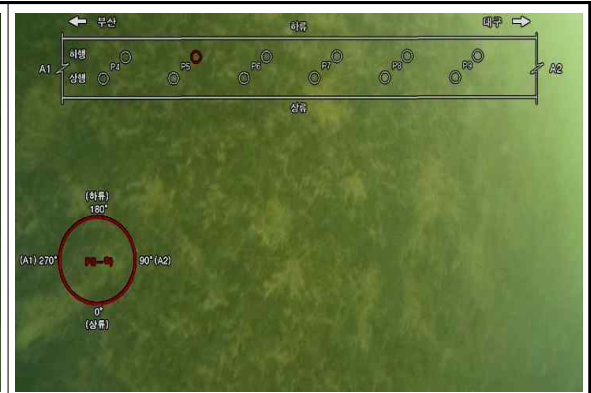
1.3.2 하행

(1) P4(하행)

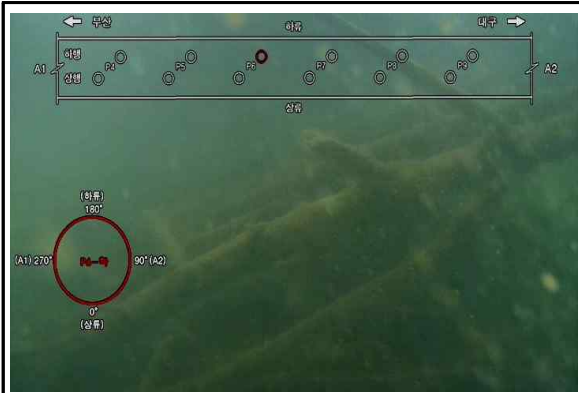
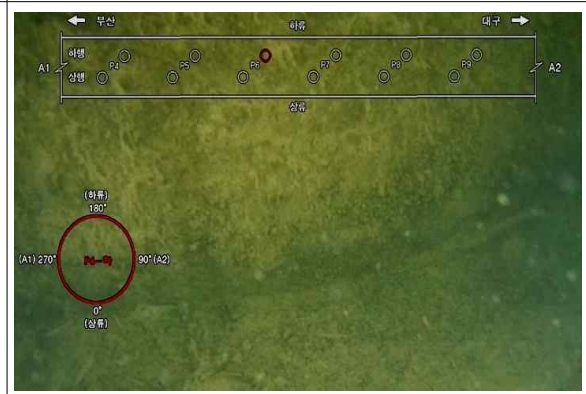
		P4(하행) 20°, 표면상태양호			
---	--	--------------------	--	--	--

제 1 장 수중조사

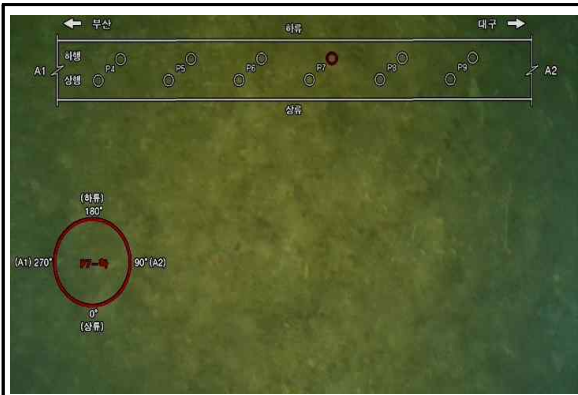
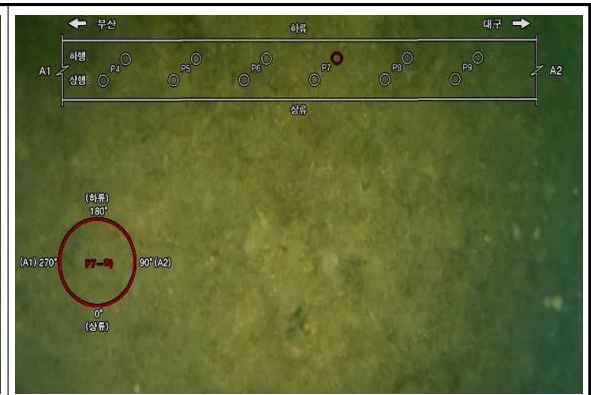
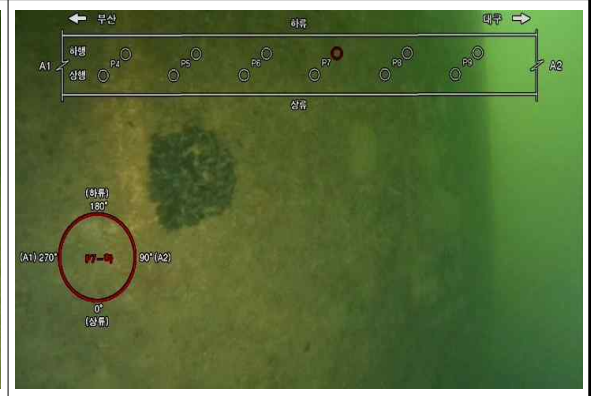
(2) P5(하행)

 	
P5(하행) 20°, 표면상태양호 P5(하행) 140°, 표면상태양호	
 	
P5(하행) 220°, 하상상태양호 P5(하행) 310°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P5(하행) 수중조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 상태 양호

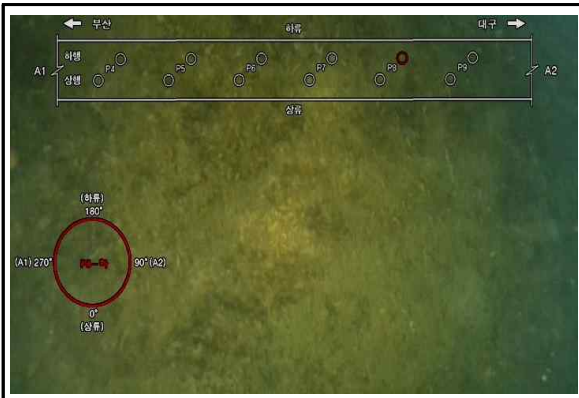
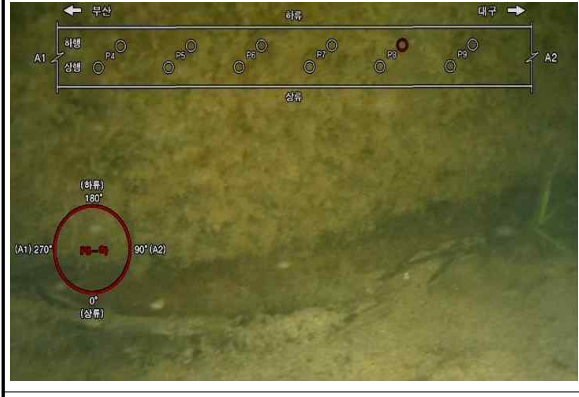
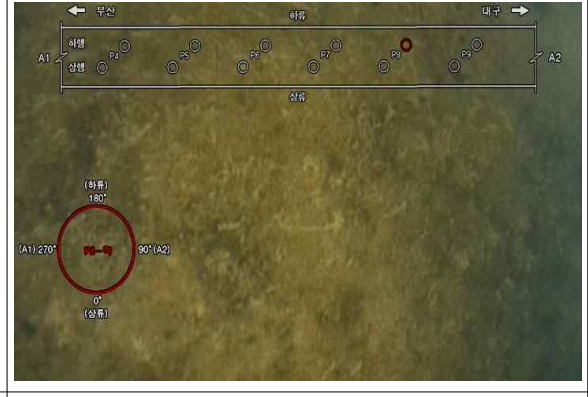
(3) P6(하행)

	
P6(하행) 10°, 유목적치	P6(하행) 90°, 하상상태양호
	
P6(하행) 170°, 표면상태양호	P6(하행) 290°, 하상상태양호
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P6(하행) 수중조사결과 콘크리트표면은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 0°구간에서 유목적치가 조사되었다. . ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 발생한 유목적치는 홍수시 적치된 것으로 판단되며 주기적으로 청소를 실시하면 될 것으로 판단된다.

(4) P7(하행)

	
P7(하행) 20°, 표면상태양호	
	
P7(하행) 90°, 표면상태양호	
	
P7(하행) 310°, 하상상태양호	
	
P7(하행) 350°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P7(하행) 수중조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 상태 양호

(5) P8(하행)

	
P8(하행) 90°, 표면상태양호	
	
P8(하행) 130°, 표면상태양호	
	
P8(하행) 280°, 하상상태양호	
	
P8(하행) 340°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P8(하행) 수중조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 상태 양호

(6) P9(하행)

P9(하행) 70°, 표면상태양호	
P9(하행) 170°, 하상상태양호	
P9(하행) 230°, 표면상태양호	
P9(하행) 290°, 표면상태양호	
외 관 조 사 결 과	■ 수중부 표면상태 : P9(하행) 수중조사결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. ■ 하상상태 : 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
원인 및 대책	■ 상태 양호

1.3.3 수중부 손상물량

수중부 손상물량은 다음과 같다

<표 1.2> 손상물량(상행)

위 치	손상종류	단위	규모	비고
P4(상행)	상태양호	-	-	
P5(상행)	유목적치	m²	4.5	
P6(상행)	유목적치	m²	5.75	
P7(상행)	상태양호	-	-	
P8(상행)	상태양호	-	-	
P9(상행)	상태양호	-	-	

<표 1.3> 손상물량(하행)

위 치	손상종류	단위	규모	비고
P4(하행)	상태양호	-	-	
P5(하행)	상태양호	-	-	
P6(하행)	유목적치	m²	3.5	
P7(하행)	상태양호	-	-	
P8(하행)	상태양호	-	-	
P9(하행)	상태양호	-	-	

1.4 하상면 조사

1.4.1 개 요

하천을 횡단하는 교량 건설시 교각을 설치하게 되면 교각 주위내 흐름장(Flow Field)에 상당한 변화가 일어나서 교각 주위에 있던 재료들이 움직이게 되는 이른바 국부세굴이 발생하게 된다.

이와 같은 경우를 실험을 통하여 최대세굴심도나 평형세굴심도를 구할 수 있는 수십여개의 공식들이 나와 있지만 이를 실제 하천에 적용하여 보면 동일한 현장조건일 경우에도 계산된 세굴심도의 차이가 몇 십 퍼센트에서 몇 배에 이르는 등 차이가 크게 나타나고 있다. 이러한 문제점을 인식하고 미국에서는 1993년 HEC 18이라는 매뉴얼을 통하여 현장에 비교적 잘 적용되는 공식을 제안하고 있으며 실제 일어날 수 있는 여러 현상에 대하여도 자세히 설명하고 있다.

그러나, 이와 같은 것을 아무런 검증 없이 우리의 교량에 적용한다는 것은 또 다른 문제를 야기시킬 수 있다. 왜냐하면 위에서 검토한 바와 같이 이와 같은 공식들이 우리가 적용하고자 하는 주변유역의 특성이 일치하는 모형실험을 통하여 만들어진 것이라기 보다는 그렇지 못한 경우가 대부분이기 때문이다.

따라서, 우리가 어느 한 특정지역의 국부세굴심도를 측정하고자 하면 이와 같은 기존 공식뿐만 아니라 공식이 유도된 조건을 검토하고 가능하면 실험 또는 현장 측정을 통하여 검증하는 등 몇 단계 검증 절차를 거쳐서 최종적인 결정을 내리는 것이 바람직하다.

따라서, 이와 같은 피해를 최소화하기 위하여는 세굴현상 및 심천측량(Sounding)을 실시하여 하상의 상태를 정확히 예측하는 것이 필요한 동시에 이를 방지 할 수 있는 대책을 강구하여야 할 것이다.

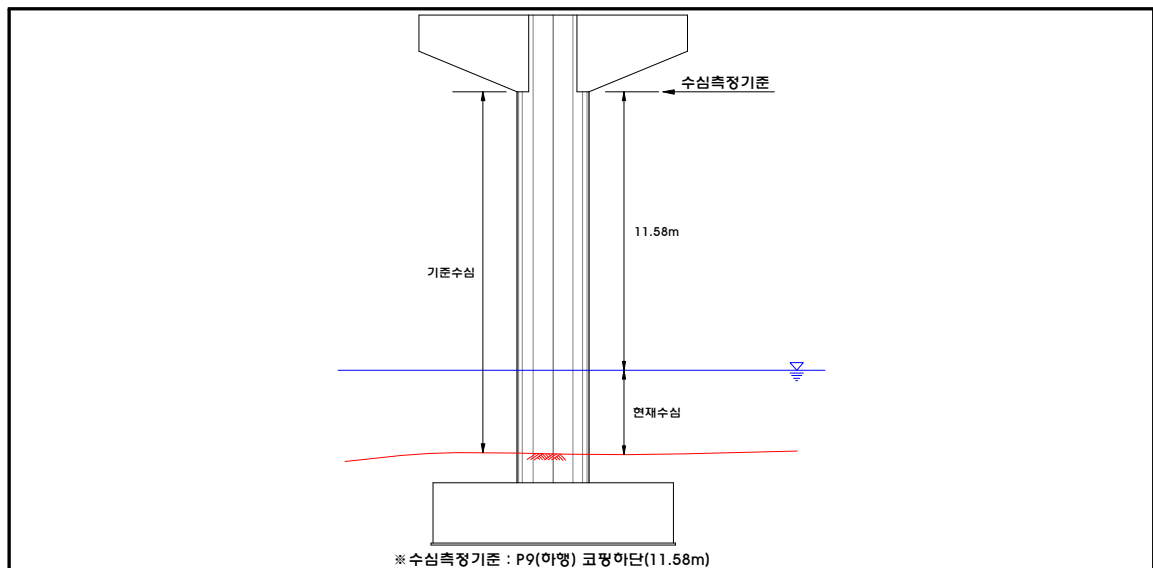
하상면 지형조사는 향후 연차별 비교 및 지속적인 유지관리를 위하여 P9(하행) 코핑하단을 기준으로 각 교각 당 16지점(표면지점, 1m지점, 3m지점, 5m지점)에서 하상 수심 측정을 실시하였다.

1.4.2 수심기준측정 및 수심측정현황

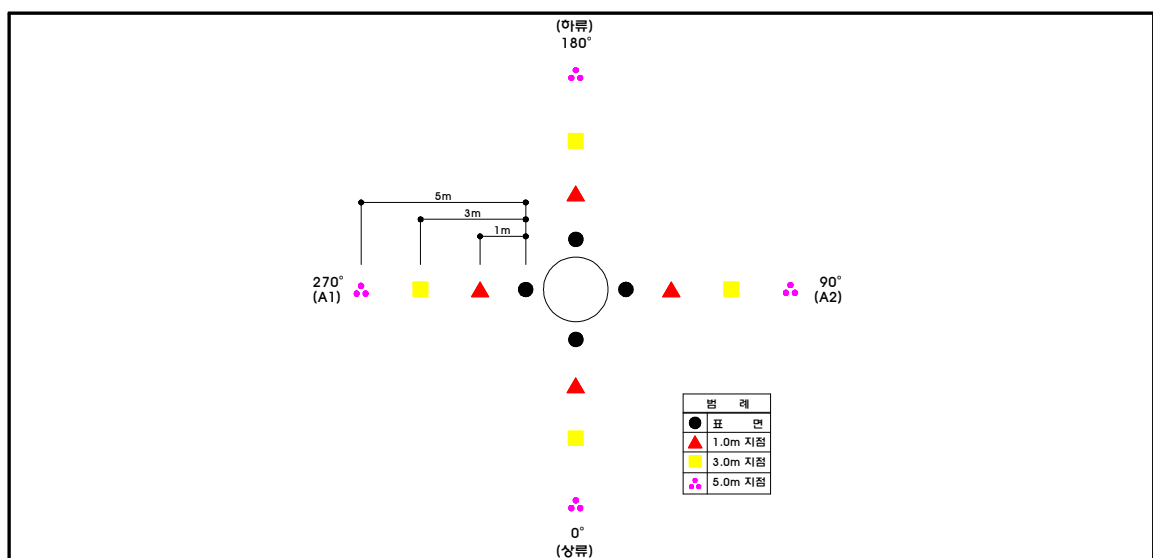


<사진 1.2> 수심기준측정 및 수심측정

1.4.3 하상면 수심측정 개요도



<그림 1.4> 수심측정기준 개요도



<그림 1.5> 하상면 수심측정 개요도

제 1 장 수중조사

1.4.4 수심측정결과

<표 1.4> 수심표(상행)

※ 수심측정기준 : P9(하행) 코핑하단(11.58m)

현재수심
(기준수심)

교각	0°				90°				180°				270°			
	표면	1m	3m	5m	표면	1m	3m	5m	표면	1m	3m	5m	표면	1m	3m	5m
P4 (상행)	1.60 (13.18)	1.30 (12.88)	1.10 (12.68)	1.10 (12.68)	1.50 (13.08)	1.60 (13.18)	1.40 (12.98)	1.30 (12.88)	1.50 (13.08)	1.40 (12.98)	1.50 (13.08)	1.50 (13.08)	1.40 (12.98)	1.40 (12.98)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)
P5 (상행)	1.80 (13.38)	1.60 (13.18)	1.20 (12.78)	1.00 (12.58)	1.80 (13.38)	1.70 (13.28)	1.50 (13.08)	1.30 (12.88)	1.60 (13.18)	1.60 (13.18)	1.60 (13.18)	1.40 (12.98)	1.50 (13.08)	1.50 (13.08)	1.50 (13.08)	1.30 (12.88)
P6 (상행)	2.30 (13.88)	1.90 (13.48)	1.40 (12.98)	1.20 (12.78)	2.40 (13.98)	2.20 (13.78)	2.00 (13.58)	1.60 (13.18)	2.40 (13.98)	2.20 (13.78)	2.10 (13.68)	1.80 (13.38)	1.90 (13.48)	1.90 (13.48)	1.80 (13.38)	1.50 (13.08)
P7 (상행)	2.20 (13.78)	2.10 (13.68)	1.90 (13.48)	1.20 (12.78)	2.20 (13.78)	2.10 (13.68)	1.90 (13.48)	1.30 (12.88)	2.10 (13.68)	2.10 (13.68)	1.80 (13.38)	1.40 (12.98)	2.10 (13.68)	1.90 (13.48)	1.40 (12.98)	1.20 (12.78)
P8 (상행)	1.60 (13.18)	1.70 (13.28)	1.40 (12.98)	1.10 (12.68)	2.10 (13.68)	2.00 (13.58)	1.30 (12.88)	0.90 (12.48)	1.60 (13.18)	1.70 (13.28)	1.30 (12.88)	1.00 (12.58)	1.70 (13.28)	1.80 (13.38)	1.60 (13.18)	1.20 (12.78)
P9 (상행)	1.00 (12.58)	1.10 (12.68)	0.60 (12.18)	0.50 (12.08)	0.90 (12.48)	0.90 (12.48)	0.70 (12.28)	0.50 (12.08)	0.70 (12.28)	0.80 (12.38)	0.85 (12.43)	1.00 (12.58)	0.60 (12.18)	0.50 (12.08)	0.80 (12.38)	0.90 (12.48)

<표 1.5> 수심표(하행)

※ 수심측정기준 : P9(하행) 코핑하단(11.58m)

현재수심
(기준수심)

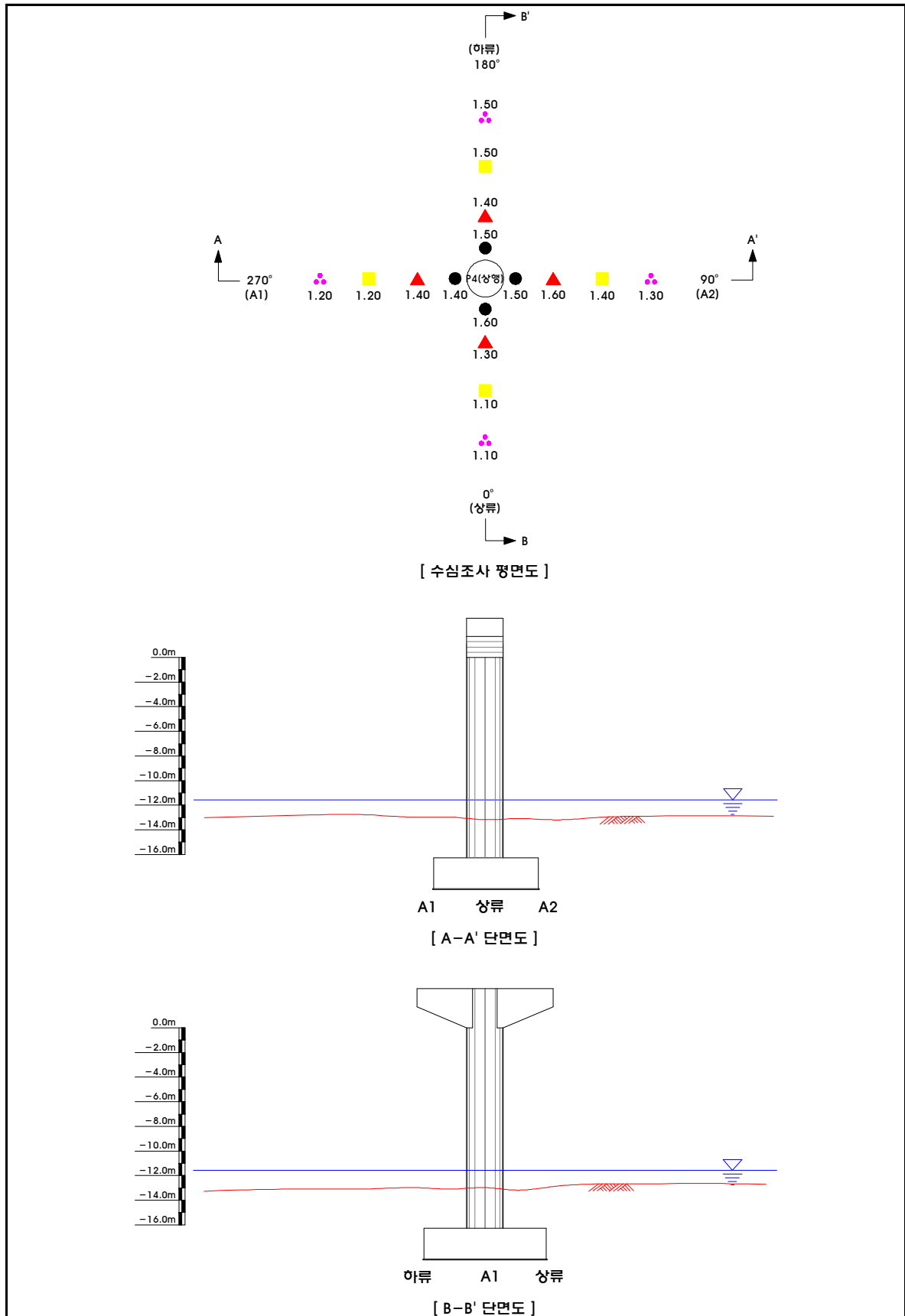
교각	0°				90°				180°				270°			
	표면	1m	3m	5m	표면	1m	3m	5m	표면	1m	3m	5m	표면	1m	3m	5m
P4 (하행)	1.10 (12.68)	1.00 (12.58)	0.90 (12.48)	1.10 (12.68)	1.60 (13.18)	1.50 (13.08)	1.30 (12.88)	1.30 (12.88)	1.20 (12.78)	1.30 (12.88)	1.40 (12.98)	1.40 (12.98)	0.90 (12.48)	0.90 (12.48)	1.00 (12.58)	1.10 (12.68)
P5 (하행)	1.70 (13.28)	1.60 (13.18)	1.30 (12.88)	1.10 (12.68)	1.80 (13.38)	1.80 (13.38)	1.30 (12.88)	1.10 (12.68)	1.10 (12.68)	1.50 (13.08)	1.30 (12.88)	1.10 (12.68)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)	1.10 (12.68)
P6 (하행)	1.40 (12.98)	1.40 (12.98)	1.00 (12.58)	0.90 (12.48)	1.40 (12.98)	1.40 (12.98)	1.10 (12.68)	0.90 (12.48)	1.00 (12.58)	1.10 (12.68)	1.10 (12.68)	1.10 (12.68)	1.30 (12.88)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)	1.60 (13.18)
P7 (하행)	2.00 (13.58)	2.10 (13.68)	1.40 (12.98)	1.10 (12.68)	2.10 (13.68)	2.10 (13.68)	1.50 (13.08)	1.30 (12.88)	2.20 (13.78)	2.20 (13.78)	2.00 (13.58)	1.40 (12.98)	2.10 (13.68)	1.90 (13.48)	1.50 (13.08)	1.10 (12.68)
P8 (하행)	1.60 (13.18)	1.40 (12.98)	0.90 (12.48)	1.00 (12.58)	1.50 (13.08)	1.46 (13.04)	1.20 (12.78)	1.00 (12.58)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)	1.20 (12.78)	1.40 (12.98)	1.30 (12.88)	1.10 (12.68)	1.00 (12.58)
P9 (하행)	0.65 (12.23)	0.75 (12.33)	0.55 (12.13)	0.60 (12.18)	0.75 (12.33)	0.80 (12.38)	0.60 (12.18)	0.80 (12.38)	0.56 (12.14)	0.60 (12.18)	0.80 (12.38)	0.82 (12.40)	0.70 (12.28)	0.70 (12.28)	0.70 (12.28)	0.65 (12.23)

밀양강교 상·하행 수심측정 결과 상행은 0.5~2.4m 측정되었으며 하행은 0.55~2.2m로 측정되었으며 교각 주변 세굴 및 하상저하는 발생하지 않은 것으로 판단된다.

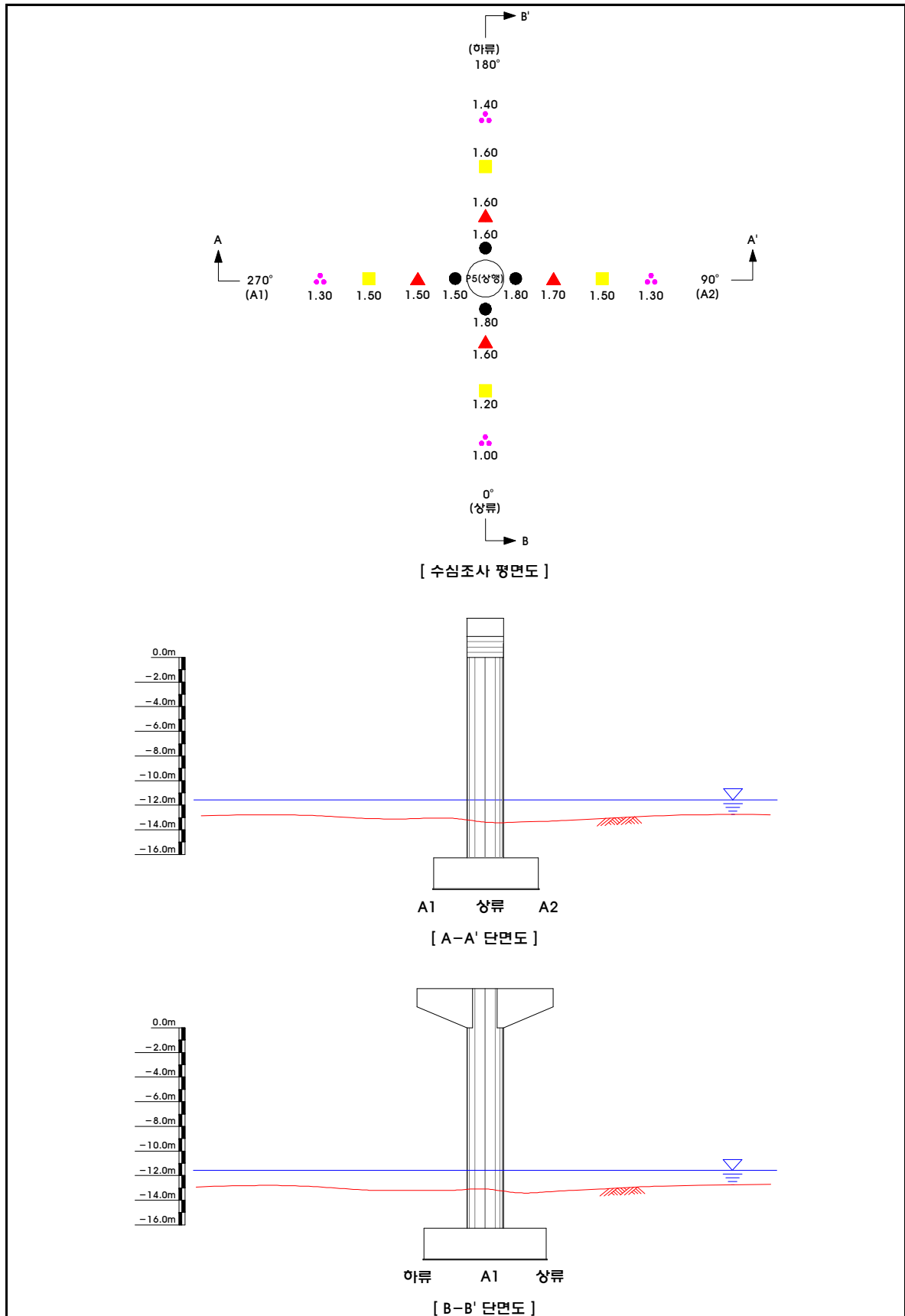
(1) 종단면도(상행)



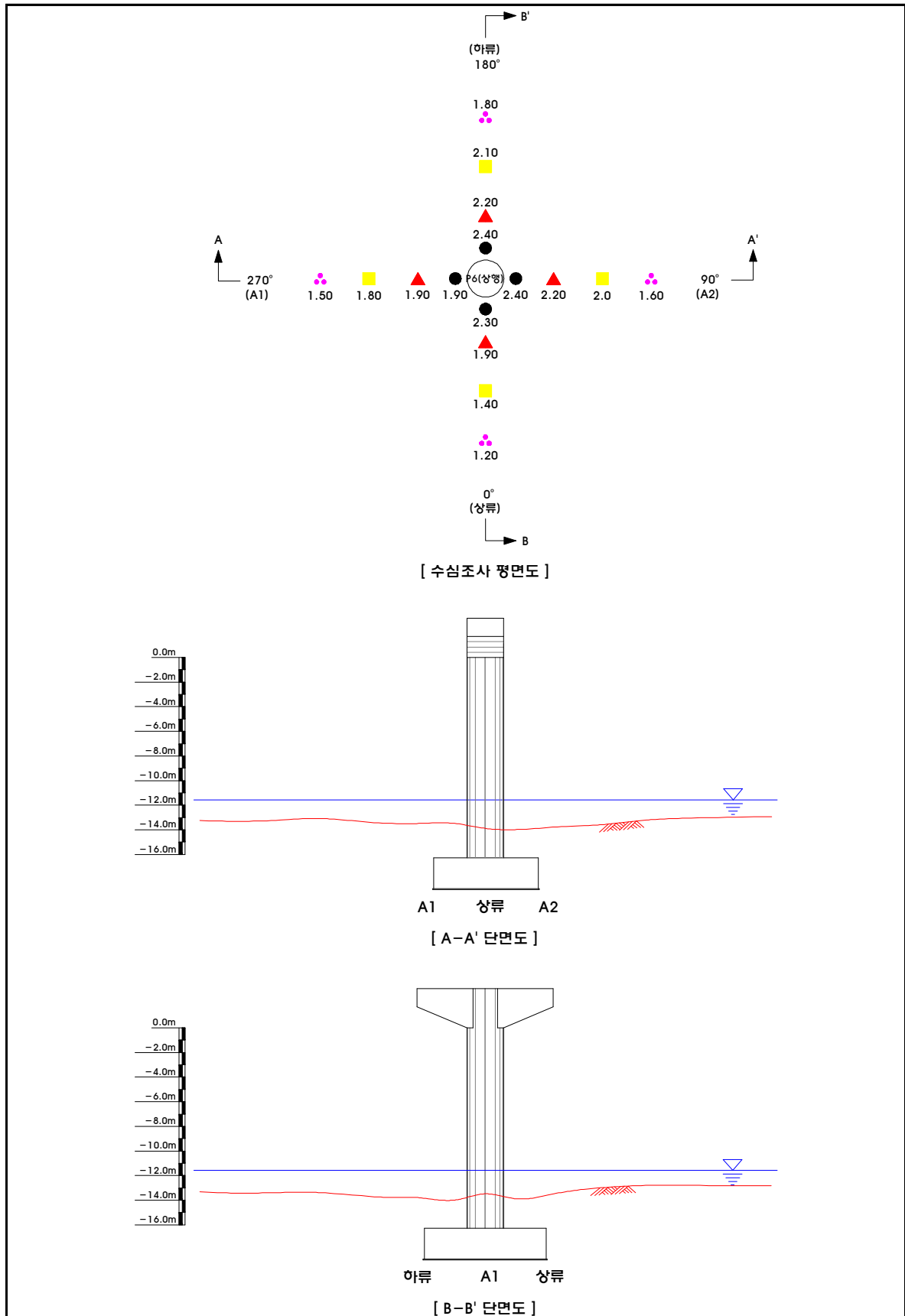
(2) P4(상행) 측정결과



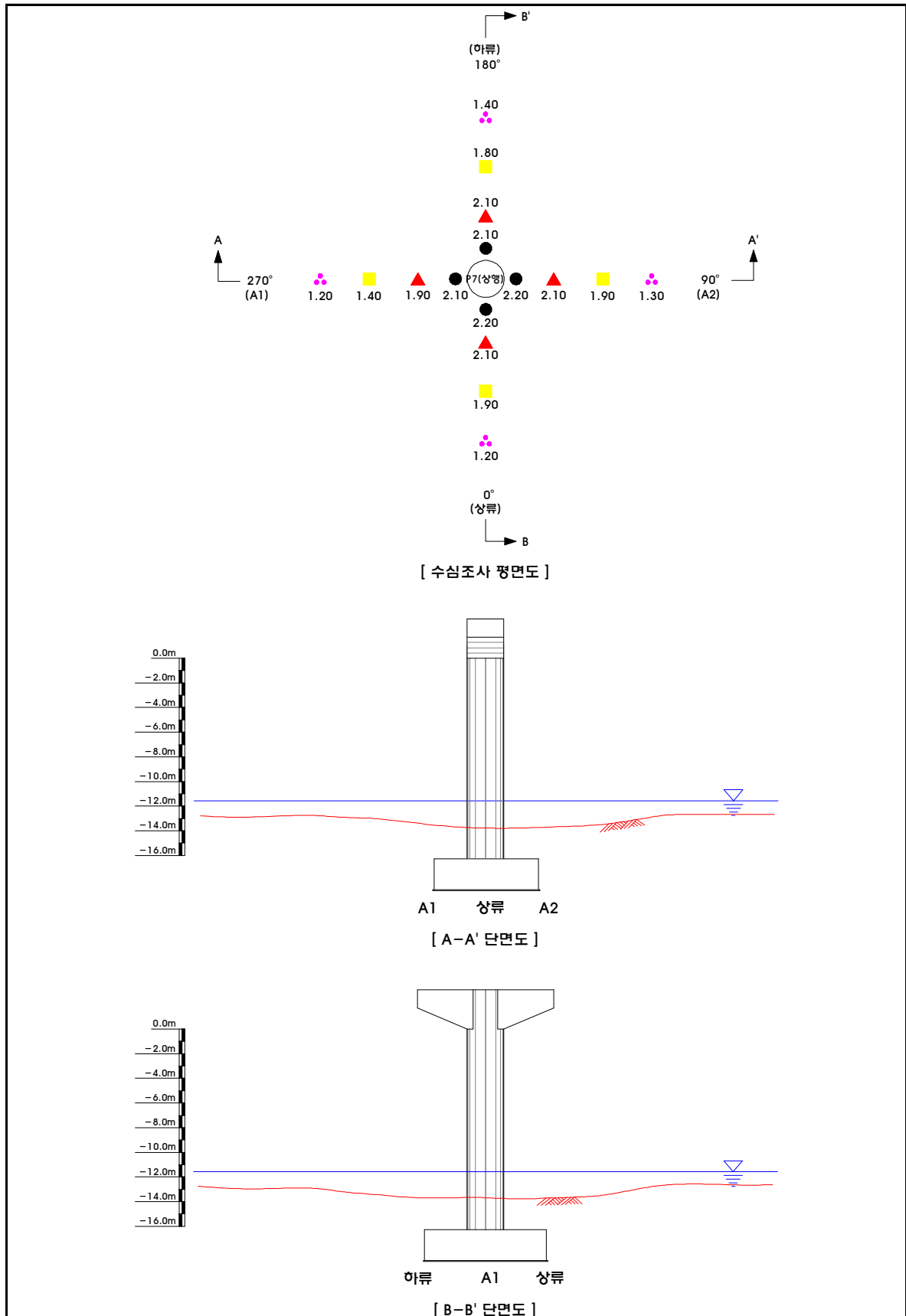
(3) P5(상행) 측정결과



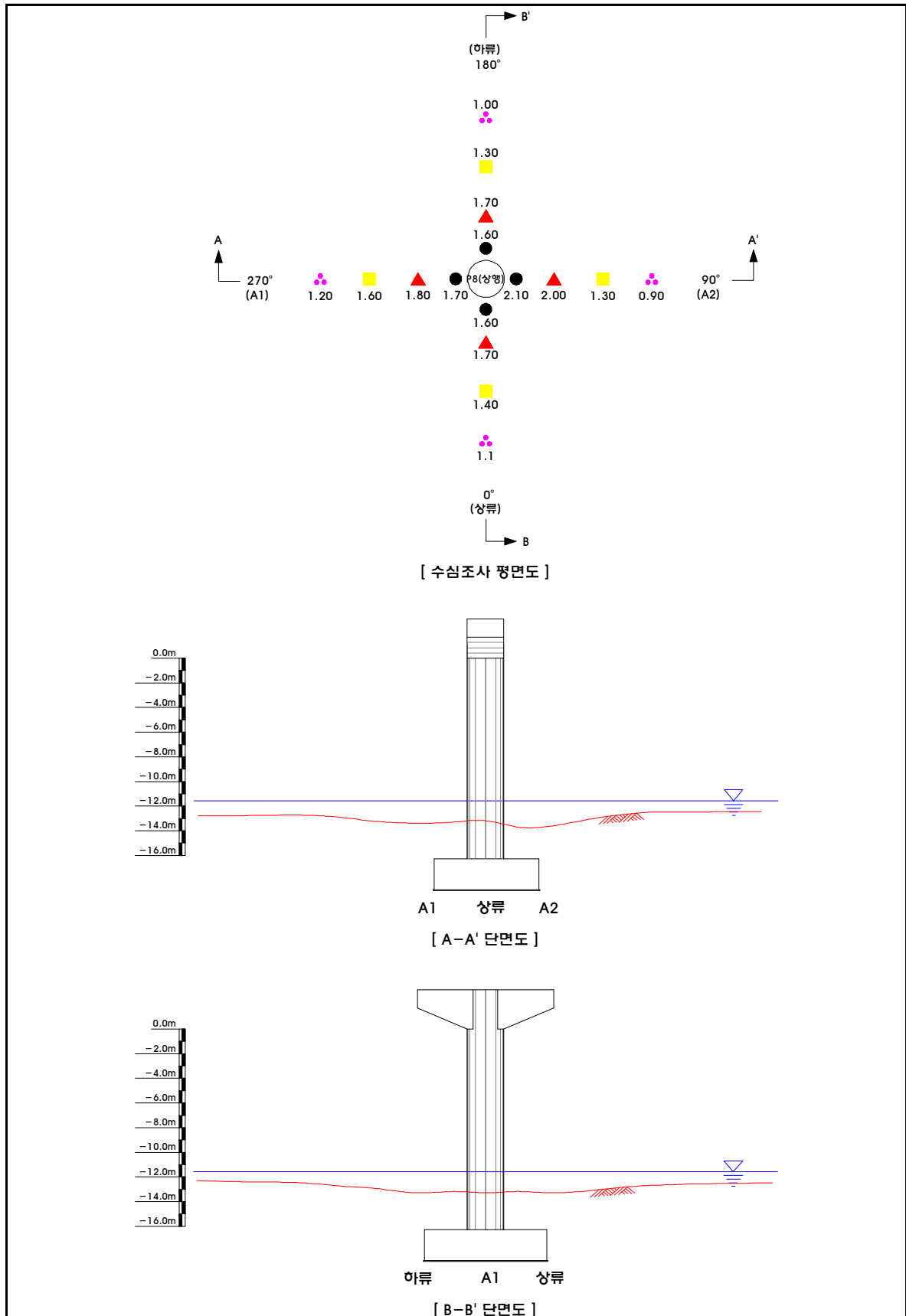
(4) P6(상행) 측정결과



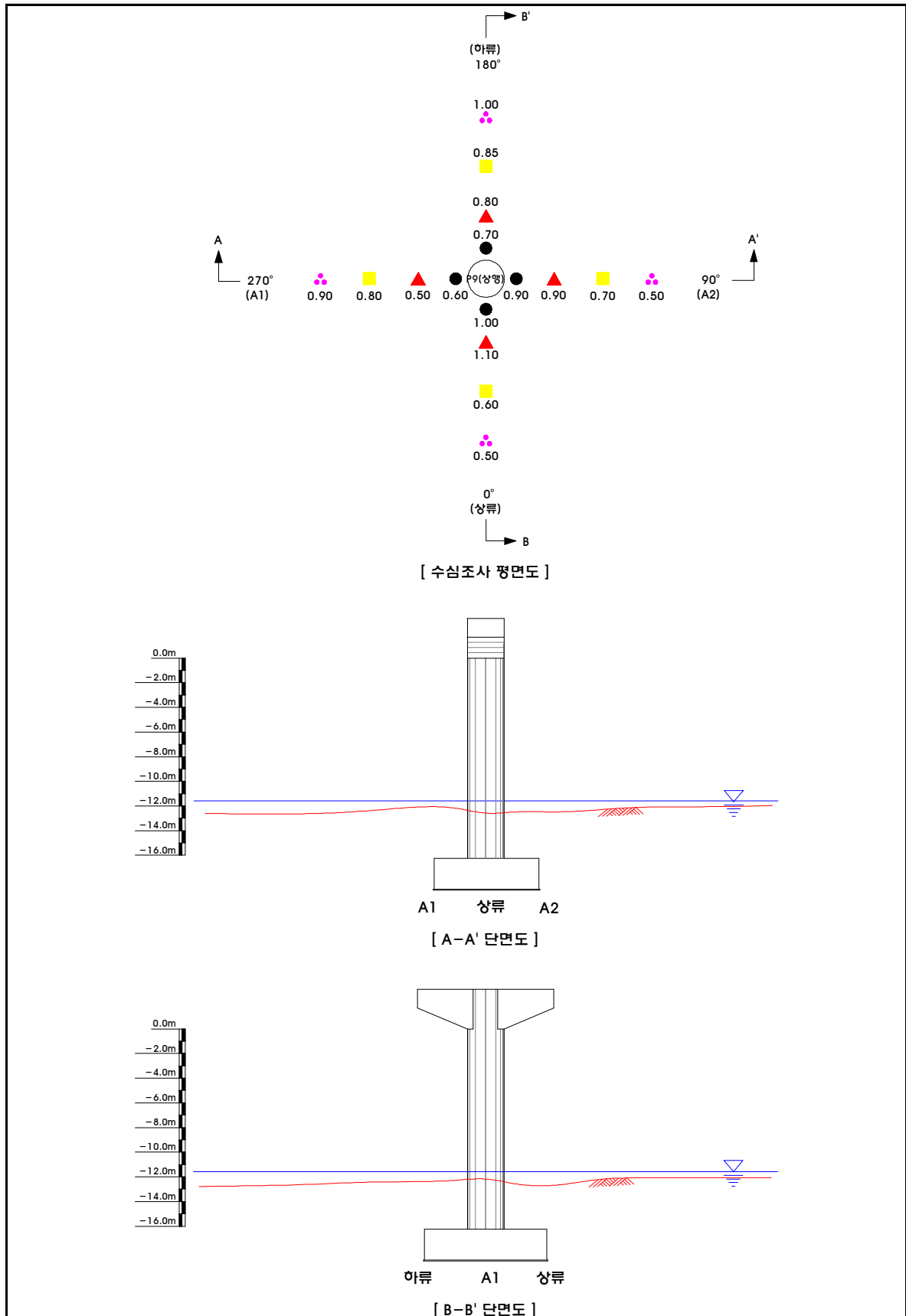
(5) P7(상행) 측정결과

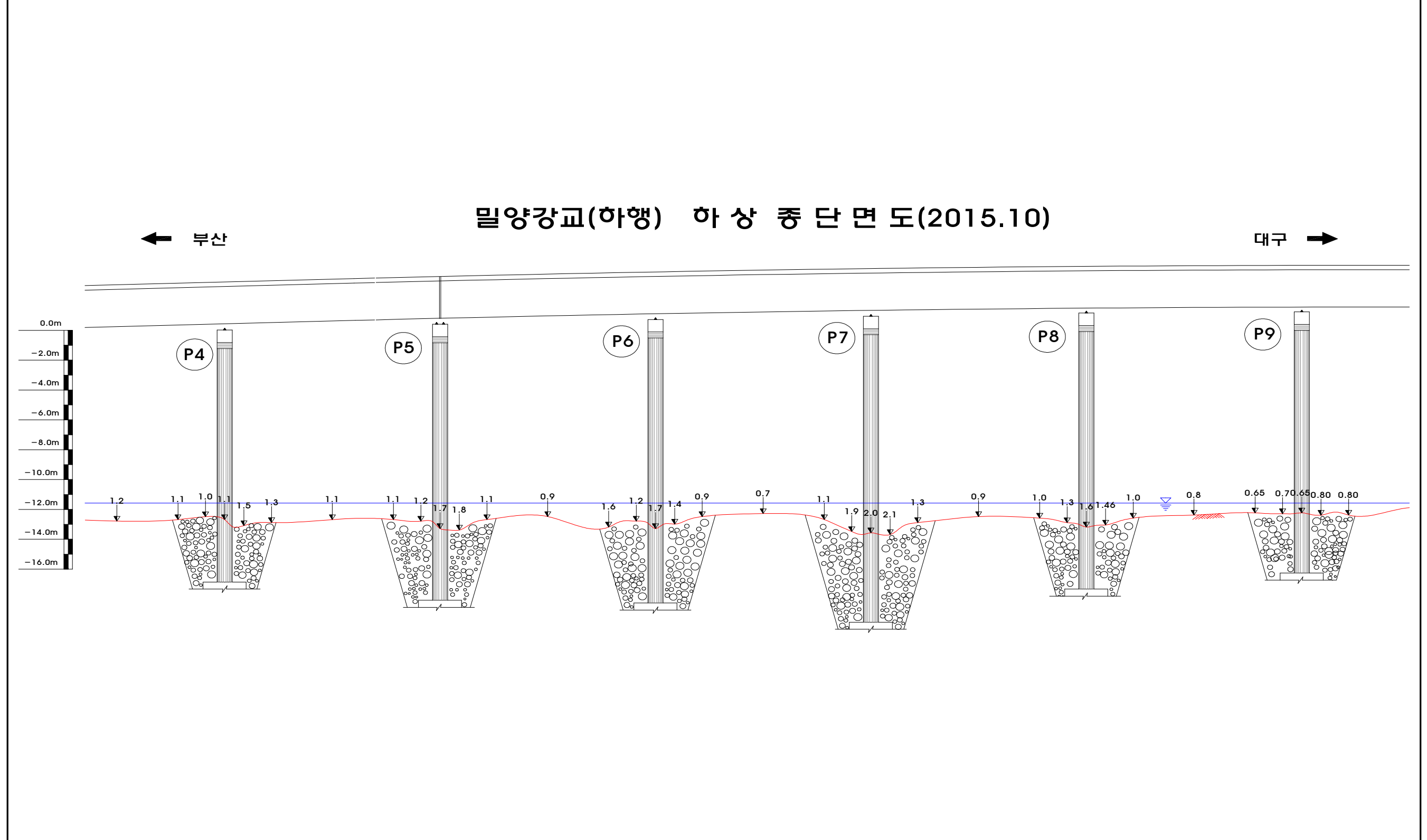


(6) P8(상행) 측정결과

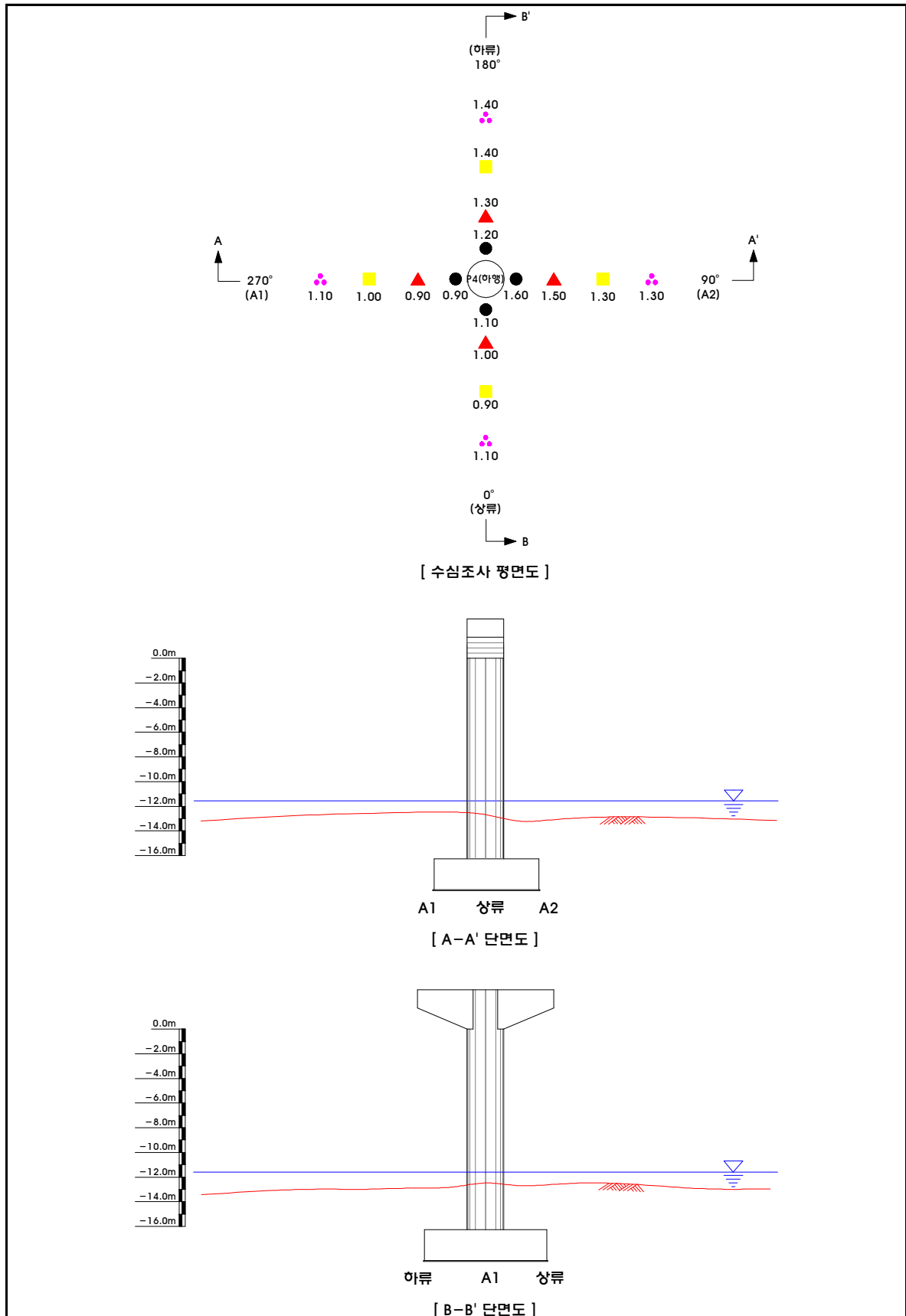


(7) P9(상행) 측정결과

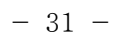




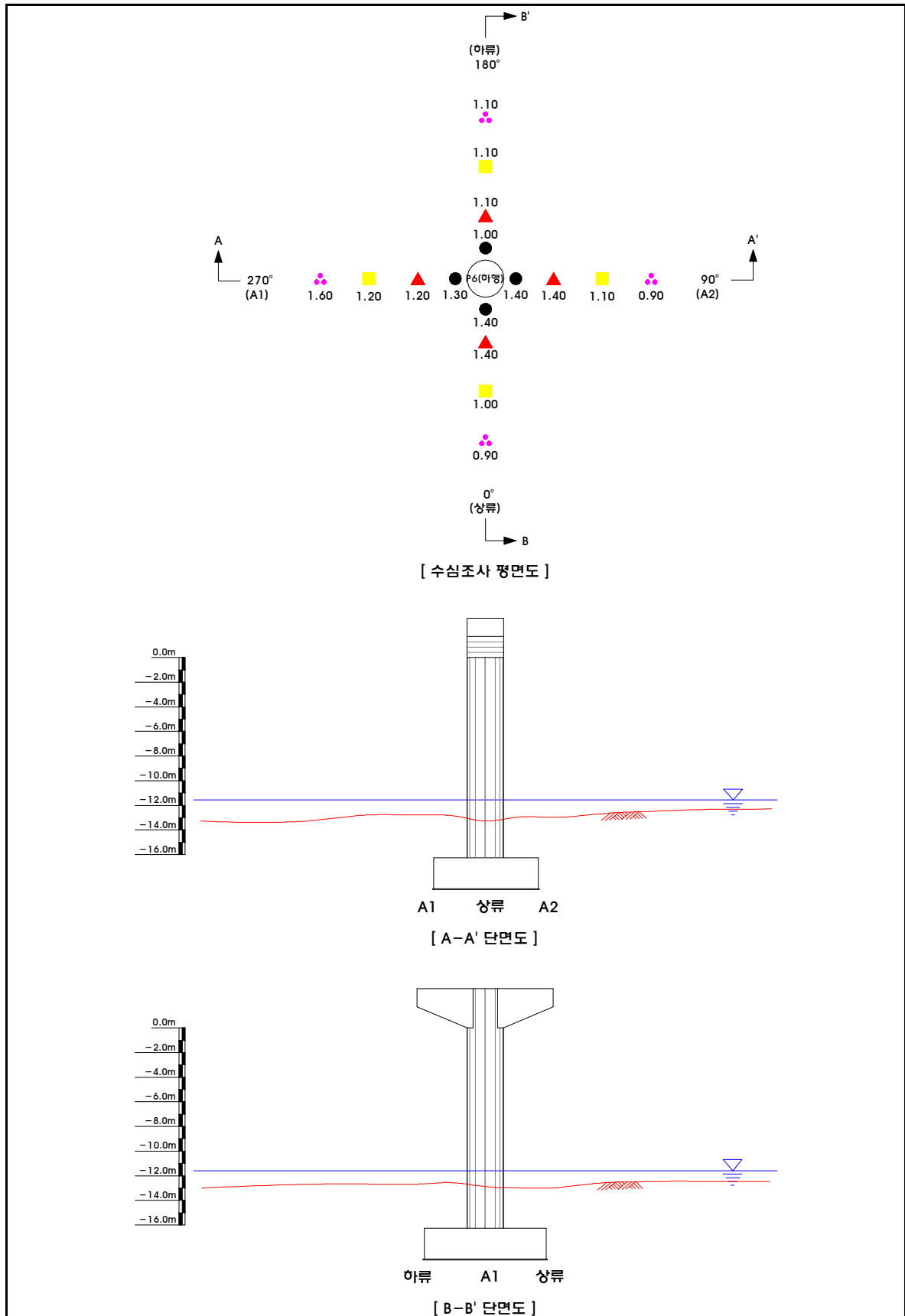
(9) P4(하행) 측정결과



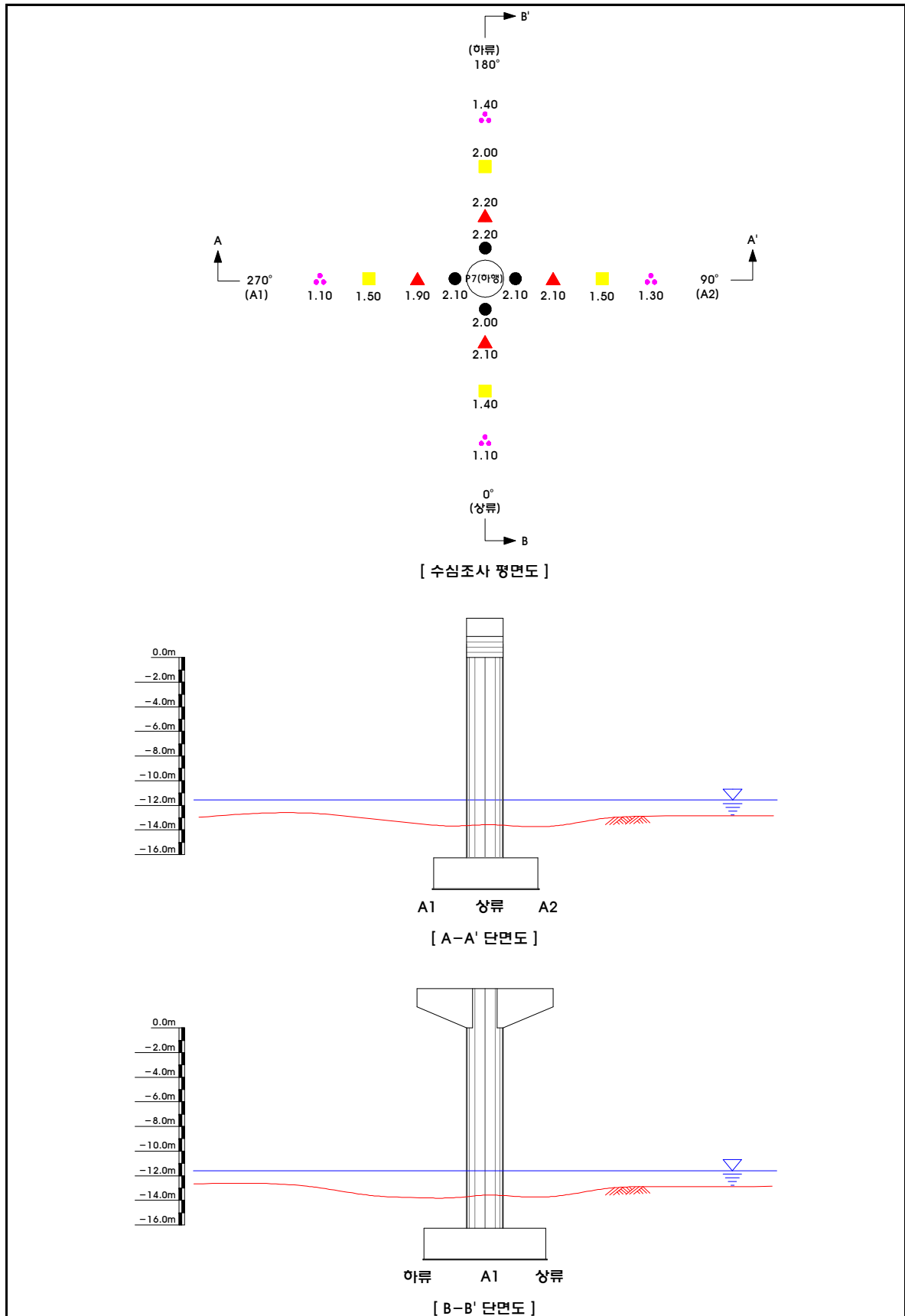
(10) P5(하행) 측정결과



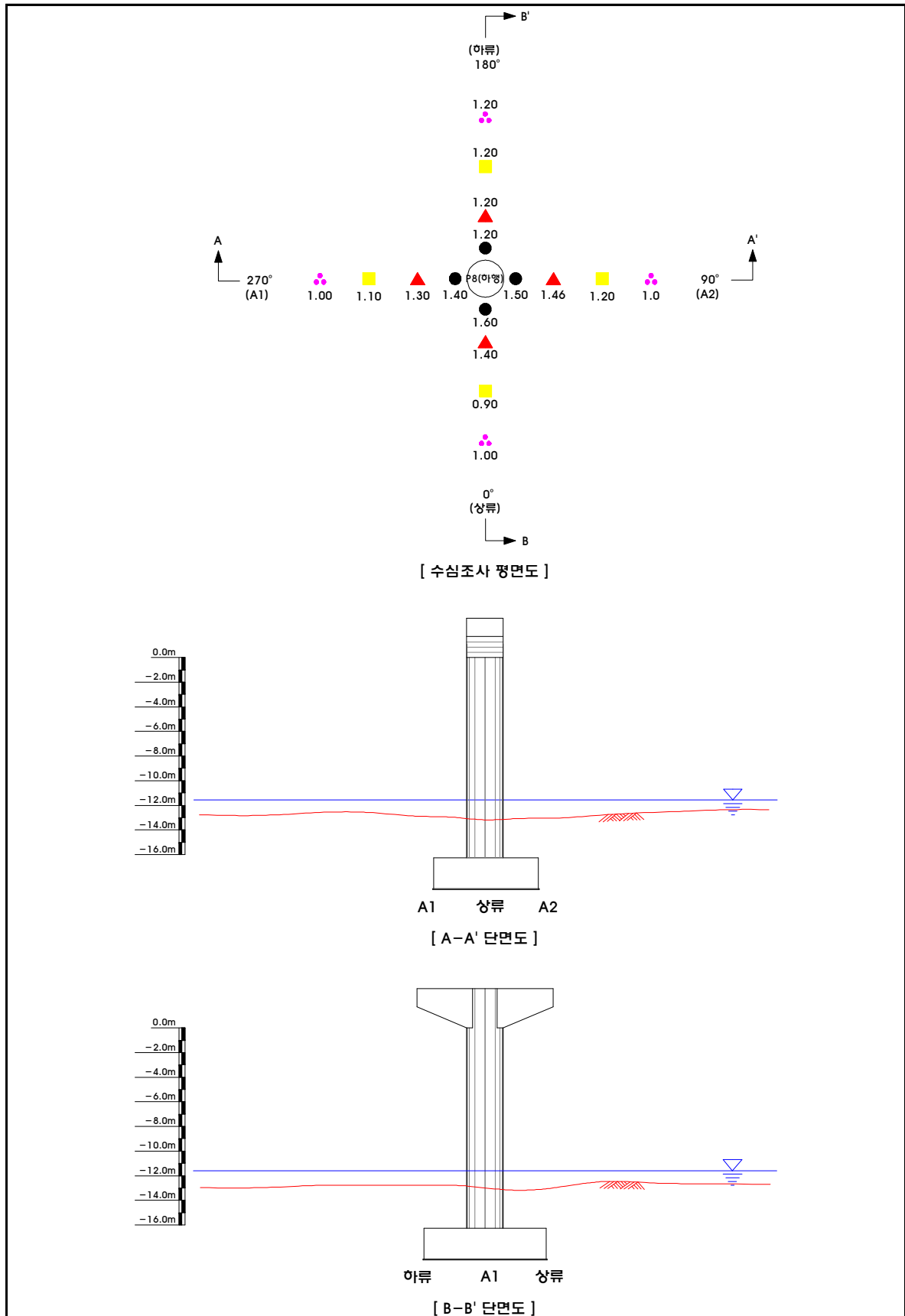
(11) P6(하행) 측정결과



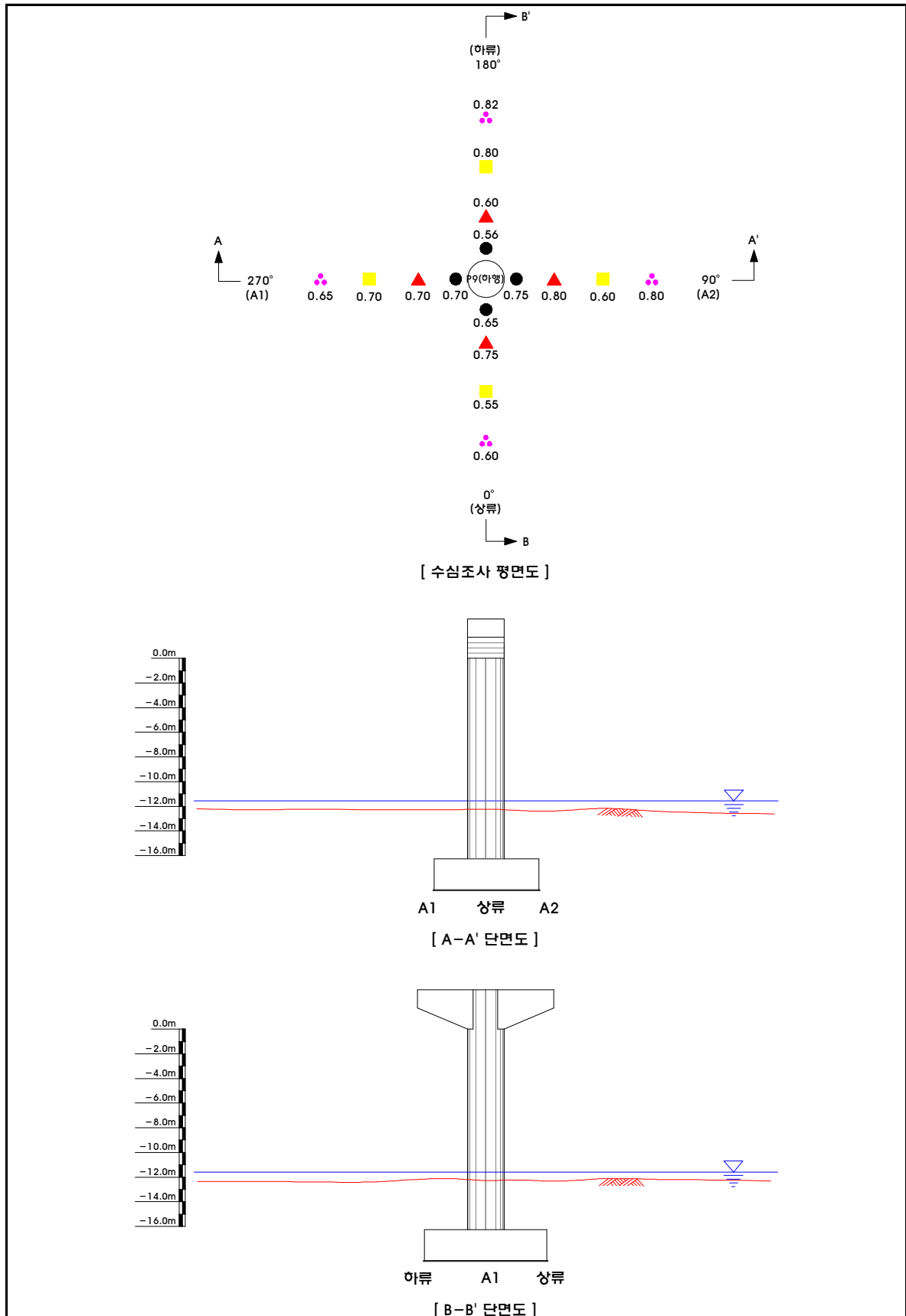
(12) P7(하행) 측정결과



(13) P8(하행) 측정결과



(14) P9(하행) 측정결과



1.5 결과분석

- 밀양강교 상행 P4~P9 수중조사 결과 콘크리트표면은 균열 및 침식 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 P5 및 P6 0°구간에서 유목적치가 조사되었다.
 - 밀양강교 하행 P4~P9 수중조사 결과 콘크리트표면은 균열 및 침식 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나 P6 0°구간에서 유목적치가 조사되었다.
- 하상상태는 침하 및 세굴현상이 없는 양호한 상태를 유지하는 것으로 조사되었다.