

## 제 4 장 조 사 결 과

4.1 지형 및 지질

4.2 시추조사

4.3 표준관입시험

4.4 공내지하수위 측정

4.5 현장투수시험

4.6 실내토질시험

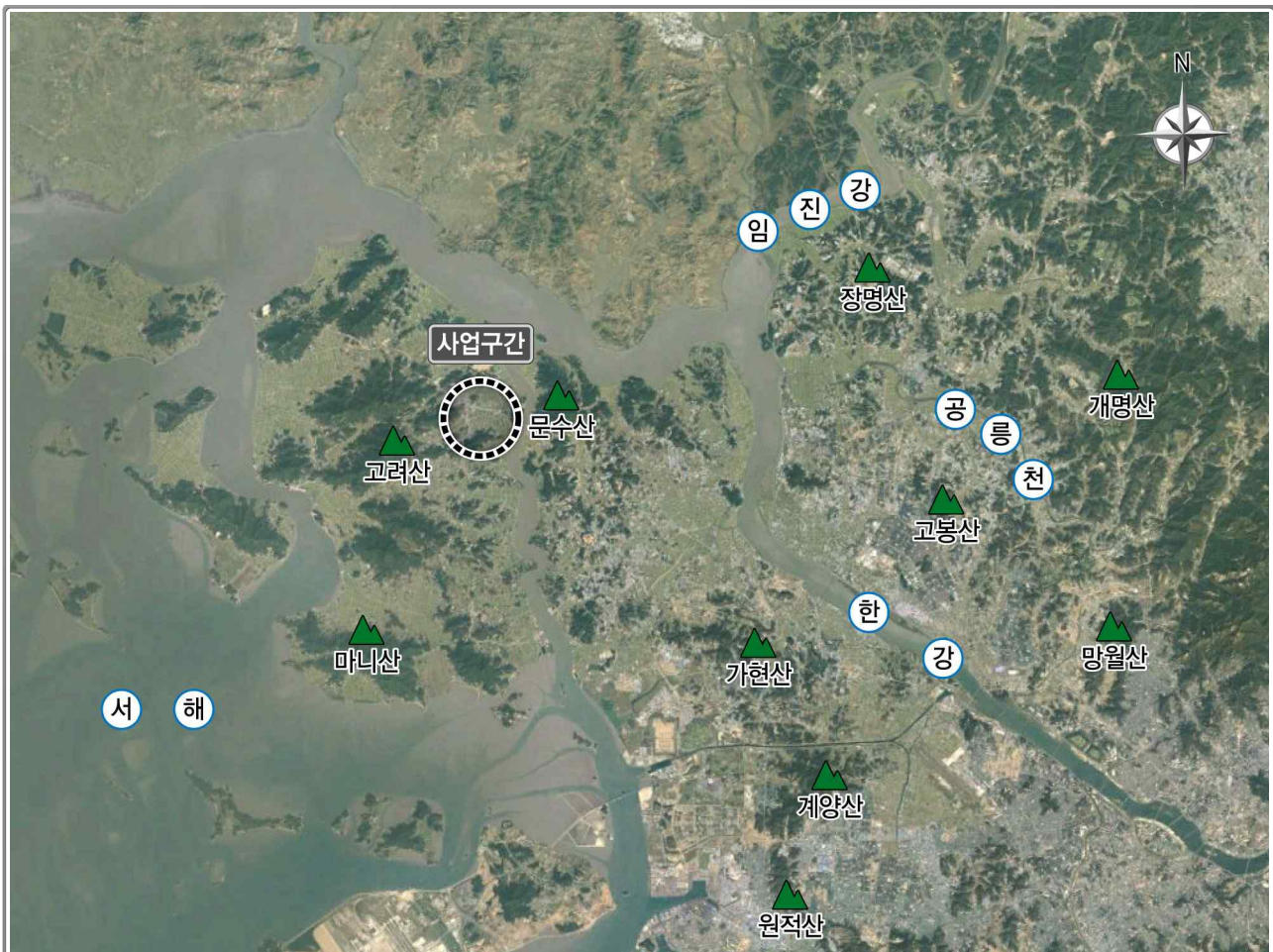
## 제 4 장 조사결과

### 4.1 지형 및 지질

#### 4.1.1 지형특성

- 본 과업지역은 행정구역상 강화군 강화읍 갑곶리 일대로 한강 하류의 범람원으로서 김포평야의 일부를 이루며, 토지가 비옥하고 수리시설이 발달되어 쌀이 많이 생산되고 있으며 서울을 배경으로 한 원예 농업이 활발하다.
- 산계는 조사지역 전역에 걸쳐 구릉이 분포하고 있으며, 이들은 편마암의 많은 풍화작용으로 100m 전후의 낮은 구릉성 지형을 이룬다.
- 수계는 북서 방향으로 흐르는 한강이 대표적이며, 이에 유입하는 수많은 소하천들이 대체로 수지상 수계망을 이루며 분포하며, 인공적으로 형성된 일부 소하천들은 직선 형태를 보인다. 본 지역의 대부분의 하천들은 직접적으로 서해로 흘러가고 있다.
- 조사구간은 김포 반도의 북쪽 일대로 저지의 구릉지가 형성되어 있으며, 전답지가 광범위하게 발달되어 있다. 교통망으로는 국도 48호선이 지나가고 있으며, 해안가를 따라 도로가 분포한다.

#### ▶ 산계 및 수계도



## 4.1.2 지질특성

- 조사지역은 통진도폭으로 광역지질은 원생대의 변성암류를 기저로 중생대 트라이아스기~จู라기의 반려암 및 화강암류가 분포하며, 이를 백악기의 맥암류가 관입하였으며 상기 모든 암층을 제4기 충적층이 피복하고 있다.
- 흑운모편마암은 김포반도의 통진 지역에 넓게 분포하고 있으며, 대체로 편암류와 유사한 편리조직을 가지며, 특히 압쇄작용을 받은 부분은 편암질 흑운모 편마암상을 보인다. 주로 석영, 사장석, 알칼리장석으로 구성되어 있으며, 백운모, 각섬석, 석류석 등을 부수적으로 포함한다.
- 화강편마암은 흑운모편마암과 편암류를 관입한 중립~조립질의 화강암질암이다. 중생대 화성암류와의 차이점은 구성 입자들이 제 모양을 이루고 있지 못하며, 엮리 내지 편마구조를 갖고 있다는 점이다.
- 통진층은 도폭 서측부인 김포반도의 월곶면 및 대곶면에 분포하며 남쪽의 김포도폭으로 연장발달한다. 흑색 셰일과 암회색 세립질 사암으로 구성되며, 탄질 셰일과 탄층이 상부에 협재된다.
- 문수산층은 월곶면의 강화해협을 따라 직사각형으로 넓게 분포한다. 주로 저색의 암상을 띠는 것이 특징으로 구성암은 저색 역암, 녹회색 역질 사암, 유백색 역암, 저색 역질 사암으로 구성되며, 저색 이암이나 세립질 사암이 렌즈상으로 협재된다.
- 제4기 충적층은 하천변을 따라 분포하며, 미고결된 역, 사, 점토로 구성되어 있다.

▶ 지질도(통진도폭 1:50,000)





## 4.2 시추조사

- 본 과업지역에 분포하는 지층의 성층상태 및 제반 지반공학적 특성을 파악하고 설계에 필요한 각종 자료를 획득하기 위해 시추조사 3공을 수행하였으며 시추조사 결과는 다음과 같다.

## ▶ 위치도



## ▶ 시추조사 결과

공 번	지 층	분포심도(GL.-m)	두께(m)	구성상태	N값(TCR/RQD,%)
BH-1	매립층	0.0~0.7	0.7	자갈섞인 실트질 모래	—
	퇴적층	0.7~4.9	4.2	실트섞인 점토	2/30
		4.9~7.6	2.7	자갈섞인 모래	4/30~8/30
	풍화토	7.6~21.5	13.9	실트질 모래	10/30~50/11
	풍화암	21.5~24.9	3.4	기반암의 풍화암	50/8~50/4
	연 암	24.9~25.9	1.0	편마암	(100/18)

## ▶ 시추조사 결과(계속)

공 번	지 층	분포심도(GL.-m)	두께(m)	구성상태	N값(TCR/RQD,%)
BH-2	매립층	0.0~1.0	1.0	자갈섞인 실트질 모래	—
	퇴적층	1.0~10.8	9.8	실트섞인 점토	2/30~14/30
		10.8~12.7	1.9	점토질 자갈	37/30~50/14
	풍화토	12.7~14.0	1.3	실트질 모래	50/14
	풍화암	14.0~16.6	2.6	기반암의 풍화암	50/7~50/4
	경 암	16.6~17.6	1.0	편마암	(100/74)
BH-3	매립층	0.0~0.9	0.9	자갈섞인 실트질 모래	—
	퇴적층	0.9~5.4	4.5	점토섞인 실트	2/30~3/30
		5.4~17.4	12.0	자갈섞인 모래	3/30~37/30
	풍화토	17.4~19.5	2.1	실트질 모래	50/20~50/15
	풍화암	19.5~24.5	5.0	기반암의 풍화암	50/9~50/4
BH-4	매립층	0.0~4.5	4.5	자갈섞인 실트질 모래	9/30~14/30
	퇴적층	4.5~9.3	4.8	실트질 모래	4/30~7/30
		9.3~12.0	2.7	자갈섞인 모래	17/30~24/30
	풍화토	12.0~15.0	3.0	실트질 모래	50/21~50/16
	풍화암	15.0~22.0	7.0	기반암의 풍화암	50/9~50/2
BH-5	매립층	0.0~5.0	5.0	자갈섞인 실트질 모래	14/30~33/30
	풍화토	5.0~7.0	2.0	실트질 모래	50/21
	풍화암	7.0~7.8	0.8	기반암의 풍화암	50/7
	연 암	7.8~10.8	3.0	편마암	(90/38)

## ▶ 지층개황

구 분	현 황
매립층	<ul style="list-style-type: none"> <li>본 지층은 최상부의 매립층으로 0.7~5.0m의 두께로 분포한다. 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 자갈크기는 1~25cm 정도이고 담갈색, 황갈색, 암갈색, 암회색의 습윤상태이다. 표준관입시험 결과 N값은 9/30~33/30(회/cm)의 느슨~조밀한 상대밀도이다.</li> </ul>
퇴적층	<ul style="list-style-type: none"> <li>본 지층은 매립층 하부의 퇴적층으로 점성토층, 모래층, 자갈층으로 구분된다.</li> <li>점성토층은 BH-1, 2, 3 조사공에서 4.2~9.8m의 두께로 분포한다. 실트섞인 점토, 점토섞인 실트로 구성되며 암회색의 젖음상태이다. 표준관입시험 결과 N값은 2/30~14/30(회/cm)의 매우연약~견고한 연경도이다.</li> <li>모래층은 BH-1, 3, 4 조사공에서 2.7~12.0m의 두께로 분포한다. 자갈섞인 모래, 실트질 모래로 구성되며 자갈크기는 1~10cm 정도이고 암회색의 습윤상태이다. 표준관입시험 결과 N값은 3/30~37/30(회/cm)의 매우느슨~조밀한 상대밀도이다.</li> <li>자갈층은 BH-2 조사공에서 1.9m의 두께로 분포한다. 점토질 자갈로 구성되며 자갈크기는 1~20cm 정도이고 암회색의 습윤상태이다. 표준관입시험 결과 N값은 37/30~50/14(회/cm)의 조밀~매우조밀한 상대밀도이다.</li> </ul>

## ▶ 지층개황(계속)

구 분	현 황
풍화토	• 본 지층은 퇴적층 하부의 풍화토층으로 모든 조사공에서 1.3~13.9m의 두께로 분포한다. 실트질 모래로 구성되며 담갈색, 암갈색의 습윤상태이다. 표준관입시험 결과 N값은 10/30~50/11(회/cm)의 느슨~매우조밀한 상대밀도이다.
풍화암	• 본 지층은 풍화토 하부의 풍화암층으로 모든 조사공에서 0.8~7.0m의 두께로 분포한다. 기반암의 풍화암으로 굴진 및 표준관입시험 타격시 담갈색, 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해된다. 표준관입시험 결과 N값은 50/9~50/2(회/cm)의 매우조밀한 상대밀도이다.
연 암	• 본 지층은 편마암의 연암으로 BH-1, 5 조사공 GL.(-)7.8~24.9m에서 1.0~3.0m의 두께를 확인하였다. 색조는 담갈색, 암갈색, 암회색을 띠고 암질지수는 매우불량~불량하며 절리는 심한풍화, 약함, 매우심한균열~심한균열의 상태이다.
경 암	• 본 지층은 편마암의 경암으로 BH-2 조사공 GL.(-)16.6m에서 1.0m의 두께를 확인하였다. 색조는 담갈색을 띠고 암질지수는 보통이며 절리는 보통풍화, 보통강함, 심한균열의 상태이다.

## 4.3 표준관입시험

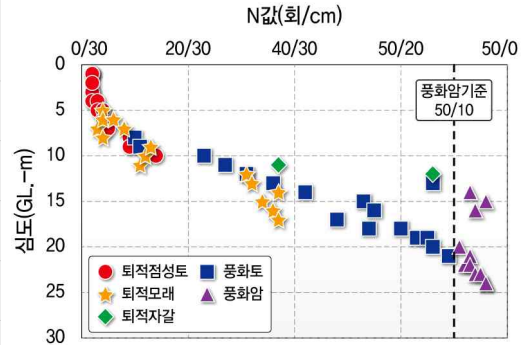
- 심도별 지층의 구성성분을 파악하고, 교란시료 채취를 통한 시료 육안판별 및 실내토질시험 시료를 확보하기 위해 KS F2307에 준하여 90회의 표준관입시험을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.
- 조사지역의 표준관입시험 결과, N값은 2/30~50/2(회/cm)로 분포한다.

## ▶ 심도별 N값 분포

공 변	시험심도(GL.(-)m) / N값(회/cm)										회수 (회)
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
BH-1	2/30	—	2/30	2/30	4/30	6/30	8/30	10/30	11/30	23/30	23
	27/30	31/30	36/30	42/30	50/27	50/25	48/30	50/26	50/17	50/14	
	50/11	50/8	50/6	50/4	—	—	—	—	—	—	
BH-2	2/30	—	2/30	3/30	4/30	4/30	5/30	9/30	9/30	14/30	15
	37/30	50/14	50/14	50/7	50/4	50/6	—	—	—	—	
BH-3	2/30	2/30	—	2/30	3/30	4/30	3/30	4/30	13/30	12/30	23
	11/30	31/30	32/30	37/30	34/30	36/30	37/30	50/20	50/15	50/9	
	50/7	50/7	50/5	50/4	—	—	—	—	—	—	
BH-4	9/30	14/30	14/30	12/30	4/30	5/30	7/30	7/30	7/30	17/30	22
	24/30	50/21	50/16	50/19	50/9	50/6	50/3	50/4	50/3	50/4	
	50/2	50/2	—	—	—	—	—	—	—	—	
BH-5	18/30	26/30	33/30	14/30	50/21	50/21	50/7	—	—	—	7

## ▶ 지층별 N값 분포

구 분	통일분류	N값(회/cm)	상대밀도/연경도
매립층	SM	9/30~33/30	느슨~조밀
퇴적층	CL, ML	2/30~14/30	매우연약~견고
	SP	3/30~37/30	매우느슨~조밀
	GC	37/30~50/14	조밀~매우조밀
풍화토	SM	10/30~50/11	느슨~매우조밀
풍화암	-	50/9~50/2	매우조밀



## 4.4 공내지하수위 측정

- 사업구간의 지하수위를 측정하기 위해 시추작업 완료 후 24, 48, 72시간 경과한 다음 지하수위계를 이용하여 측정한 결과, 공내수위는 GL.(-)1.4~4.3m, EL.(+)2.46~3.90m로 매립 및 퇴적층에 분포하는 것으로 조사되었다.
- 지하수위는 시추공 내 수위이며 설계 지하수위는 계절 및 기상현황, 주변지형의 현장 여건 변화에 따라 다소 변동이 발생할 수 있다.

공 번	지반고 EL.(+)m	시추종료일	24시간 후 GL.(-)m	48시간 후 GL.(-)m	72시간 후		대상 지층
					GL.(-)m	EL.(+)m	
BH-1	4.23	2025.12.11	1.4	1.5	1.5	2.73	퇴적층
BH-2	4.25	2025.12.11	1.3	1.4	1.4	2.85	퇴적층
BH-3	4.16	2025.12.11	1.5	1.6	1.7	2.46	퇴적층
BH-4	7.80	2026.06.13	3.6	3.8	3.9	3.90	매립층
BH-5	7.75	2026.06.13	4.0	4.2	4.3	3.45	매립층

## 4.5 현장투수시험

- 지층별 투수계수 파악을 위해 토사층을 대상으로 총 3회의 투수시험을 실시하였다.
- 현장투수시험 결과, 지층별 투수계수는 퇴적점성토층  $2.11 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ , 퇴적모래층  $5.73 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ , 풍화토  $2.83 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 의 결과를 확인하였다.

공 번	심 도 (m)	지 층	구성상태	N값 (회/cm)	투수계수 (cm/s)	지하수위 (GL.(-)m)
BH-1	11.0~12.0	풍화토	실트질 모래	27/30	$2.83 \times 10^{-4}$	1.5
BH-2	8.0~9.0	퇴적층	실트섞인 점토	9/30	$2.11 \times 10^{-5}$	1.4
BH-3	12.0~13.0	퇴적층	자갈섞인 모래	31/30	$5.73 \times 10^{-3}$	1.7

## 4.6 실내토질시험

## ▶ 토질 기본물성시험

공 번	심 도 (m)	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%)		Grain Size Distribution (%)						US CS
				LL	PI	#4	#10	#40	#100	#200	—	
						4.75mm	2.0mm	0.42mm	0.15mm	0.075mm	0.005mm	
BH-1	2.0~2.8	43.3	2.67	45.2	22.8	100	100	100	100	97.3	33.1	CL
	7.0	13.7	2.61	N P	N P	72.2	53.3	38.9	16.5	2.9	—	SP
BH-2	2.0~2.8	36.0	2.62	41.8	19.8	100	100	100	100	96.6	33.7	CL
	3.0	17.2	2.64	N P	N P	88.9	72.0	55.0	36.0	19.0	—	SM
BH-3	3.0~3.8	37.6	2.67	36.4	10.5	100	100	100	97.7	93.0	22.9	ML
	15.0	10.7	2.61	N P	N P	94.1	81.2	52.1	22.8	3.7	—	SP
BH-4	5.0	18.4	2.67	N P	N P	100	92.3	75.7	49.7	22.5	—	SM
BH-5	3.0	10.6	2.69	N P	N P	72.7	59.3	43.1	30.3	18.9	—	SM

## ▶ 토질 역학시험

## ■ 일축 및 삼축(UU)강도시험

공 번	심 도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m <sup>3</sup> )	q <sub>u</sub> (kPa)	q <sub>u</sub> /2 (kPa)	q <sub>ur</sub> (kPa)	St	C <sub>uu</sub> (kPa)	통일 분류
BH-1	2.0~2.8	16.62~16.93	55.97	27.99	15.80	3.54	26.91	CL
BH-2	2.0~2.8	17.32~17.44	53.16	26.58	12.26	4.33	24.91	CL
BH-3	3.0~3.8	16.57~17.37	57.54	28.77	11.92	4.83	27.94	ML

## ■ 표준압밀시험

공 번	심 도 (GL.-m)	초기간극비 e <sub>0</sub>	선행 압밀하중 P <sub>c</sub> (kPa)	유효 상재하중 P <sub>o</sub> (kPa)	과압밀비 OCR	압축지수 C <sub>c</sub>	수정 압축지수 C <sub>c</sub> '	팽창지수 C <sub>s</sub>	통일 분류
BH-1	2.0~2.8	1.310	136.77	32.50	4.21	0.36	0.48	0.076	CL
BH-2	2.0~2.8	0.999	238.23	31.80	7.49	0.36	0.41	0.071	CL
BH-3	3.0~3.8	1.097	130.92	41.70	3.14	0.25	0.29	0.051	ML

구 분	심 도 (GL.-m)	압밀계수 c <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /sec)		투수계수 k <sub>v</sub> (cm/sec)		통일 분류
		√t 법	log t 법	√t 법	log t 법	
BH-1	2.0~2.8	2.30×10 <sup>-3</sup> ~7.30×10 <sup>-3</sup>	1.17×10 <sup>-4</sup> ~4.98×10 <sup>-3</sup>	2.30×10 <sup>-8</sup> ~1.40×10 <sup>-6</sup>	1.99×10 <sup>-9</sup> ~6.03×10 <sup>-7</sup>	CL
BH-2	2.0~2.8	2.86×10 <sup>-3</sup> ~7.97×10 <sup>-3</sup>	2.13×10 <sup>-4</sup> ~1.81×10 <sup>-3</sup>	2.86×10 <sup>-8</sup> ~1.07×10 <sup>-6</sup>	2.13×10 <sup>-9</sup> ~1.29×10 <sup>-7</sup>	CL
BH-3	3.0~3.8	4.74×10 <sup>-3</sup> ~7.91×10 <sup>-3</sup>	6.86×10 <sup>-4</sup> ~2.44×10 <sup>-3</sup>	3.31×10 <sup>-8</sup> ~8.18×10 <sup>-7</sup>	1.01×10 <sup>-8</sup> ~1.50×10 <sup>-7</sup>	ML