

제 6 장 설계지반정수 산정

6.1 산정개요

6.2 지층별 대표 N값 및 RMR 산정

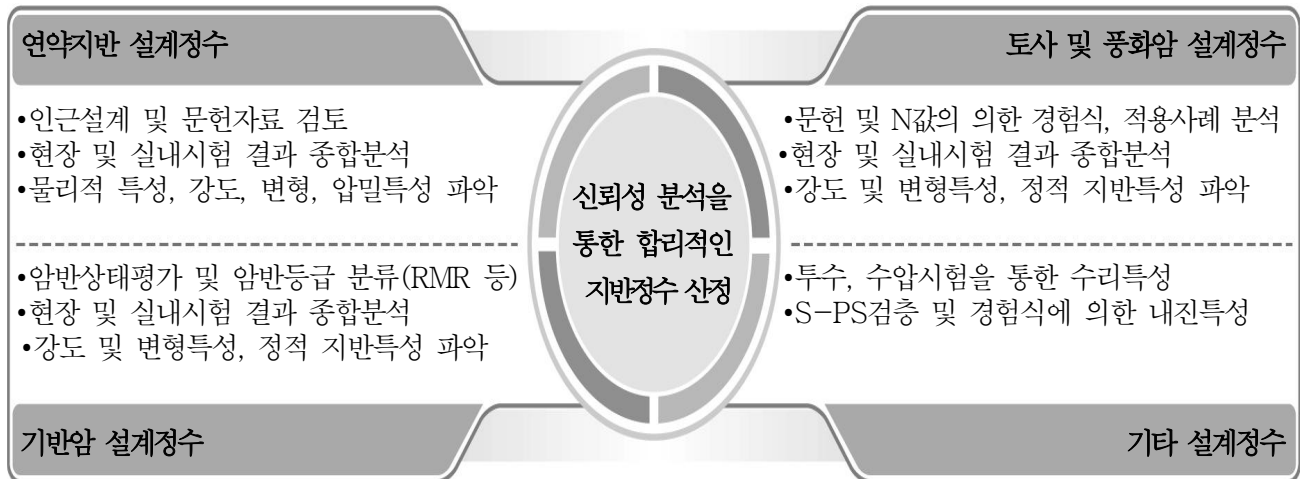
6.3 토사 및 풍화암 설계지반정수

6.4 기반암 설계지반정수

제6장 설계지반정수 산정

6.1 산정 개요

6.1.1 산정 흐름



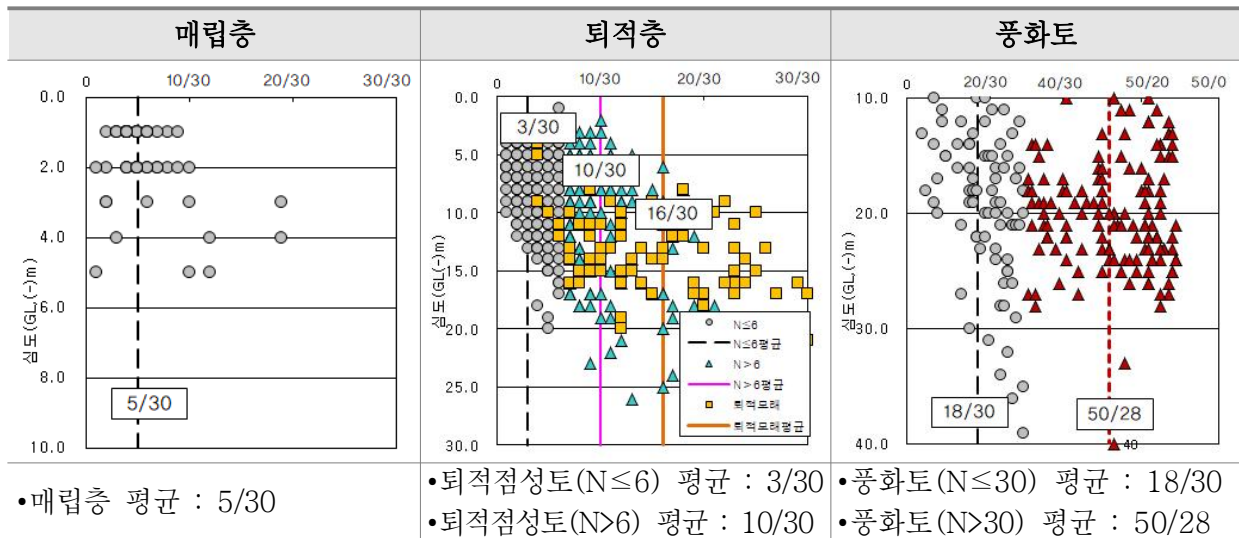
6.1.2 산정 방안

구 분	조 사 항 목	결 과 도 출	설 계 활 용
연약지반	•LLT, 일축 및 삼축(UU, CU)압축시험, 표준압밀시험, 직접전단시험	•강도 및 변형특성 •압밀특성	연약지반 안정해석
토 사 및 풍 화 암	•표준관입시험, 공내전단시험, 공내재하시험(LLT, PMT, GMJ) •토질물성시험	•강도 및 변형특성 •정적지반특성	연속체 안정해석
기 반 암	•공내재하시험 •일축압축강도, 삼축압축강도, 인장강도	•강도 및 변형특성 •정적지반특성	연속체 안정해석
수 리 특 성	•현장투수시험, 현장수압시험	•투수계수	수리해석
동 적 특 성	•S-PS 검층	•전단파속도 •동적지반특성	내진해석

6.2 지층별 대표N값 및 RMR 분석

(1) 토층별 N값 분포 범위

지 층		상대밀도 및 연·경도	N값 분포	
			범 위	평 균
매립층	SM, SP	•매우느슨~보통조밀한 상태	1/30~19/30	5/30
퇴적층	CL, N≤6	•매우연약~보통견고한 상태	1/30~6/30	3/30
	ML, N>6	•보통견고~매우견고한 상태	7/30~24/30	10/30
퇴적층	SM, SP	•보통조밀~보통조밀한 상태	4/30~42/30	16/30
풍화토	N≤30	•매우느슨~보통조밀한 상태	4/30~30/30	18/30
	N>30	•조밀~매우조밀한 상태	31/30~50/11	50/28



(2) 기반암 RMR 분석

지 층	RMR		지층별 RMR
	범 위	평 균	
연암파쇄대	1~28	13	
연 암	6~74	26	
보통암	23~71	44	
경 암	34~88	61	
I 등급	80~88	83	
II 등급	60~78	66	
III 등급	40~59	47	
IV 등급	20~39	28	
V 등급	1~20	12	

6.3 연약지반 설계지반정수

6.3.1 물리적 특성

구 분	비 중	자연함수비 (%)	LL (%)	PI	No.200	2μ
범 위	2.684~2.706	31.1~39.9	37.5~60.2	15.6~40.6	97.1~99.7	28.9~40.0
평 균	2.692	35.7	46.0	24.7	98.8	34.6

6.3.2 압밀 특성

구 분	선행압밀하중 (kPa)	수정압축지수 (Cc')	수직압밀계수 ($C_v, m^2/sec$)	수직투수계수 ($K_v, m/s$)	과압밀비 (OCR)
범 위	155.6~332.7	0.296~0.487	$1.51 \times 10^{-3} \sim 7.95 \times 10^{-3}$	$5.62 \times 10^{-8} \sim 2.51 \times 10^{-7}$	2.21~3.50
평 균	230.1	0.410	4.69×10^{-3}	1.39×10^{-7}	2.79

6.3.3 강도 특성

(1) 비배수전단강도

구 분	비배수전단강도 (S_u, kPa)		
	일축		삼축
	q_u	$Cqu(q_u/2)$	Cuu
범 위	52.6~79.1	26.3~39.6	23.0~43.3
평 균	69.0	34.5	33.8

(2) 강도증가율

구 분	제안자	
	Skempton & Henkel(1957)	Hansbo
범 위	0.17~0.18	0.17~0.18
평 균	0.17	0.18

6.4 토사 및 풍화암 설계지반정수

6.4.1 토사 및 풍화토 설계지반정수

(1) 단위중량 및 강도정수

○ 문헌자료

– 국토건설공사 설계실무 요령 (2013, 324p~325p)

종 류	재료의 상태	습윤단위중량 (kN/m ³)	포화단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	통일분류
자 갈	조밀한 것	20	21~24	0	35	GW, GP
	조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것	18	19~21	0	30	
자갈섞인 모 래	밀실한 것	21	20~21	0	40	SW, SP
	밀실하지 않은 것	19	18~19	0	35	
모 래	조밀한 것	20	20~21	0	35	SW, SP
	조밀하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것	18	18~19	0	30	
사 질 토	조밀한 것	19	18~22	30 이하	30	SM, SC
	조밀하지 않은 것	17	18~20	0	25	
점 성 토	단단한 것 (N=8~15)	18	19~23	50	25	ML, CL
	약간 연한 것 (N=4~8)	17	17~21	30	20	
	연한 것 (N=2~4)	17	14~18	15	15	
점토 및 실트	단단한 것 (N=8~15)	17	21~22	50	20	CH, MH, ML
	약간 연한 것 (N=4~8)	16	19~21	30	15	
	연한 것 (N=2~4)	14	18~20	15	10	

– Pile design and construction practice (M.J.Tomlinson, 561p~562p)

구 분	Soil type, compactness & consistency	γ_t (kN/m ³)	γ_{sub} (kN/m ³)	c (kPa)
Cohesive and organic soils	•Soft plastic clay	16~19	6~9	20~40
	•Firm plastic clay	17.5~20	7.5~11	40~75
	•Stiff plastic clay	18~21	8~11	75~150
	•Soft slightly plastic clay	17~20	7~10	20~40
	•Firm slightly plastic clay	18~21	8~11	40~75
	•Stiff slightly plastic clay	21~22	11~12	75~150
	•Stiff to very stiff clay	20~23	10~13	150~300
	•Organic clay	14~17	4~7	—
	•Peat	10.5~14	0.5~4	—

구 분	Soil type, compactness & consistency	γ_t (kN/m ³)	γ_{sub} (kN/m ³)	ϕ (°)
Cohesionless soils	• Loose gravel with low sand content	16~19	9	28~30
	• Medium dense gravel with low sand content	18~20	10	30~36
	• Dense to very dense gravel with low sand content	19~21	11	36~46
	• Loose well-graded sandy gravel	18~20	10	28~30
	• Medium-dense well-graded sandy gravel	19~21	11	30~36
	• Dense well-graded sandy gravel	20~22	12	36~45
	• Loose clayey sandy gravel	18~20	10	28~30
	• Medium-dense clayey sandy gravel	19~21	11	30~35
	• Dense to very dense clayey sandy gravel	21~22	12	35~40
	• Loose coarse to fine sand	17~20	10	28~30
	• Medium-dense coarse to fine sand	20	11	30~35
	• Dense to very dense coarse to fine sand	21~22	12	35~40
	• Loose fine and silty sand	15~17	7	28~30
	• Medium-dense fine and silty sand	17~19	9	30~35
	• Dense to Very Dense Fine and Silty Sand	19~21	11	35~40

– Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation(Roy E. Hunt, 1987-133p)

Material		Compactness	Dr (%)	N	γ_d (kN/m ³)	Void Ratio	Strength (ϕ)
GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures	Dense	75	90	22.1	0.22	40
		Medium dense	50	55	20.8	0.28	36
		Loose	25	<28	19.7	0.36	32
GP	Poorly grade gravels, gravel sand mixtures	Dense	75	70	20.4	0.33	38
		Medium dense	50	50	19.2	0.39	35
		Loose	25	<20	18.3	0.47	32
SW	Well-graded sands, gravelly sands	Dense	75	65	18.9	0.43	37
		Medium dense	50	35	17.9	0.49	34
		Loose	25	<15	17	0.57	30
SP	Poorly graded sands, gravelly sands	Dense	75	50	17.6	0.52	36
		Medium dense	50	30	16.7	0.6	33
		Loose	25	<10	15.9	0.65	29
SM	Silty sands	Dense	75	45	16.5	0.62	35
		Medium dense	50	25	15.6	0.74	32
		Loose	25	<8	14.9	0.8	29
ML	Inorganic silts, fine sands	Dense	75	35	14.9	0	33
		Medium dense	50	20	14.1	0.9	31
		Loose	25	<4	13.5	1	27



– 서울시 지반조사 편람(206, 4p)

종 류	단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
풍화토	17~20	0~100	25~30

– 문헌자료에 의한 지반정수 요약

지 층		단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
매립층	SM,SP	15~22	0~30	25~35
퇴적층	CL, N≤6	14~21	15~40	15~20
	ML, N>6	17~23	40~150	20~25
퇴적층	SM,SP	15~22	0~30	25~35
풍화토	N≤30	17~22	0~100	25~35
	N>30	17~22	0~100	25~40

○ 인근 및 기존설계 사례

구 분	사 업 명
①	• 청라국제도시 시티타워 건설공사 지반조사
②	• 인천청라지구 주운시설 건설공사 실시설계
③	• 인천청라지구 특수구조물 건설공사(2공구) 지반조사
④	• 서울도시철도7호선 석남연장 건설공사 2공구 실시설계
⑤	• 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업(1~4공구)
⑥	• 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-1공구[남청라JCT]
⑦	• 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-1공구[청라국제지하차도]
⑧	• 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-2공구:경서~검단(아라뱃길 구간)
⑨	• 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-2공구:경서~검단(청라국제도시 구간)
⑩	• 서울도시철도 7호선 청라국제도시 연장사업 타당성 평가 및 기본계획

- ① 청라국제도시 시티타워 건설공사 지반조사

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층	사질토(모래)		18.0	—	28.0	25	0.34	1.0×10 ⁻⁴
	사질토(자갈)		19.0	—	29.0	40	0.33	
	점성토		17.5	20.0	—	5	0.35	
퇴적층	사질토(모래)		18.0	—	28.0	25	0.34	5.0×10 ⁻⁵
	점성토		17.5	20.0	—	5	0.35	
풍화토	사질토	N<30	19.0	—	29.0	30	0.34	3.0×10 ⁻⁴
	사질토	N≥30	19.0	15.0	30.0	50	0.32	
	점성토		18.0	30.0	10.0	10	0.34	
풍화암			21.0	30.0	33.0	220	0.31	5.0×10 ⁻⁵
연암			23.0	300.0	35.0	1,100	0.26	3.0×10 ⁻⁴
보통암			24.0	1,000.0	37.0	3,700	0.25	3.0×10 ⁻⁵
경암			25.0	1,500.0	38.0	19,000	0.24	3.0×10 ⁻⁵

- ② 인천청라지구 주운시설 건설공사 실시설계

구 분		단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층	SM, CL	17.8	10.0	25	10.0	0.43	8.15×10^{-4}
퇴적층	점성토	N<5	17.8	영역별 값 적용	—	3.0	영역별 값 적용
	점성토	N>5	18.0	50.0	—	7.0	1.00×10^{-7}
	사질토	—	18.5	5.0	27	20.0	7.50×10^{-7}
풍화토	SM	19.0	15.0	27	50.0	0.33	3.10×10^{-4}
풍화암		20.0	30.0	32	200.0	0.30	7.15×10^{-5}
연암		22.0	150.0	36	2,000.0	0.27	6.00×10^{-6}

- ③ 인천청라지구 특수구조물 건설공사(2공구) 지반조사

구 분		단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층	점성토	19.0	30	0	5	0.45	1.8×10^{-4}
	사질토	18.0	10	25	7.6	0.40	1.1×10^{-3}
퇴적층	사질토	18.5	0	30	15	0.40	8.2×10^{-6}
풍화토	10/30	18.0	10	30	8	0.35	3.5×10^{-4}
	40/30	19.5	20	30	40	0.33	4.1×10^{-5}
풍화암		21.0	30	33	300	0.30	3.8×10^{-5}

－ ④ 서울도시철도7호선 석남연장 건설공사 2공구 실시설계

구 분		단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층	모래층	18.0	－	29.0	15	0.35	5.89×10^{-3}
	점토층	17.0	20.0	15.0	10	0.40	7.82×10^{-5}
풍화토	N<50	18.0	18.0	30.0	40	0.33	6.03×10^{-4}
	N≥50	19.0	21.0	31.0	70	0.32	
풍화암		20.0	31.0	33.0	200	0.30	1.46×10^{-4}
단층		21.0	80.0	32.0	300	0.31	－
파쇄대		21.0	100.0	33.0	500	0.30	－
연암		23.0	300.0	35.0	2,000	0.27	2.51×10^{-5}
보통암		25.0	1,000.0	38.0	6,000	0.23	1.43×10^{-5}
경암		26.0	1,500.0	40.0	15,000	0.22	8.32×10^{-6}
I 등급		27.0	5,000.0	45.0	25,000	0.20	－
II 등급		26.0	2,500.0	42.0	20,000	0.21	－
III 등급		25.0	1,500.0	38.0	13,000	0.23	－
IV 등급		23.0	200.0	35.0	3,500	0.25	－
V 등급		21.0	60.0	32.0	400	0.27	－

－ ⑤ 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업(1~4공구)

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
터널구간								
퇴적층	CL,ML	N<10	17	20.0	－	5	0.4	5.0×10^{-6}
	SM	N≥10	19	－	30	30	0.35	5.0×10^{-4}
풍화토			19	15.0	31	50	0.33	1.6×10^{-4}
풍화암			21	30.0	33	300	0.3	4.4×10^{-5}
I 등급			27	16,000.0	42	38,000	0.2	4.6×10^{-6}
II 등급			26	6,000.0	40	15,000	0.22	1.0×10^{-5}
III 등급			25	1,500.0	36	7,500	0.26	2.0×10^{-5}
IV 등급			23	200.0	34	2,000	0.28	6.1×10^{-5}
V 등급			21	100.0	32	500	0.3	1.1×10^{-4}



구 분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
-----	------------------------------	--------------	--------------	---------------	------	------------------

교량구간

매립층		18	10.0	25	10	0.37	—
퇴적층	점성토 CL,ML	18	20.0	—	5	0.4	—
	사질토 SM,SP	19	—	30	30	0.35	—
	자갈층 GM,GP	19	—	33	40	0.33	5.0×10^{-3}
풍화토		19	15.0	31	50	0.33	—
풍화암		21	30.0	33	300	0.3	—
연암		23	100.0	35	2,000	0.25	—
경암		27	300.0	40	12,000	0.22	—

구 분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
-----	------------------------------	--------------	--------------	---------------	------	------------------

ঝ়기구간

붕적층		19		33	40	0.33	—
풍화토		19	15.0	31	50	0.33	—
풍화암		21	30.0	33	300	0.3	—
연암		23	100.0	35	2,000	0.25	—
경암		27	300.0	40	12,000	0.22	—

구 분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
-----	------------------------------	--------------	--------------	---------------	------	------------------

개착구간

매립층		18	10.0	25	10	0.37	—
퇴적층 (점토)	N ≤ 6	17	20.0	10	5	0.4	—
	6 < N ≤ 10	18	40.0	10	8	0.39	—
	10 < N	19	60.0	10	10	0.38	—
퇴적층 (모래)	N ≤ 10	18	—	28	10	0.37	—
	10 < N ≤ 30	19	—	30	30	0.35	—
퇴적층(자갈)		20	—	33	40	0.33	—
풍화토		19	15.0	31	50	0.33	—
풍화암		21	30.0	33	300	0.3	—
연암층		23	100.0	35	2,000	0.25	—
경암층		27	300.0	40	12,000	0.22	—

－ ⑥ 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-1공구[남청라JCT]

구 분		단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층		18.0	10.0	25.0	10	0.37	－
퇴적층 (점토)	N≤6	18.0	20.0	－	2	0.40	－
	6<N≤10	18.0	40.0	－	8	0.39	－
	10<N	19.0	60.0	10.0	10	0.38	－
풍화토		19.0	15.0	32.0	40	0.33	－
풍화암		21.0	30.0	33.0	300	0.30	－
연암		23.0	100.0	35.0	1,600	0.25	－
경암		26.0	300.0	40.0	10,000	0.22	－

－ ⑦ 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-1공구[청라국제지하차도]

구 분		단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층		18.0	10.0	25.0	10	0.37	3.0×10^{-4}
퇴적층 (점토)	N≤6	18.0	20.0	10.0	2	0.40	5.0×10^{-6}
	6<N≤10	18.0	40.0	10.0	8	0.39	
	10<N	19.0	60.0	10.0	10	0.38	
퇴적층 (모래)	N≤10	18.0	－	28.0	10	0.37	5.0×10^{-4}
	10<N≤30	19.0	－	30.0	30	0.35	
풍화토	N≤30	18.0	10.0	31.0	35	0.34	1.6×10^{-4}
	N>30	19.0	15.0	32.0	40	0.33	
풍화암		21.0	30.0	33.0	300	0.30	4.4×10^{-5}
연암		23.0	100.0	35.0	1,600	0.25	2.3×10^{-5}
경암		26.0	300.0	40.0	10,000	0.22	

- －⑧ 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-2공구:경서~검단(아라뱃길 구간)

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층			18.0	－	25.0	10	0.35	－
퇴적토	점토층	N>6	18.0	50.0	－	4	0.40	－
	모래층	－	18.5	－	30.0	15	0.35	－
	자갈층	－	19.0	－	32.0	40	0.35	－
풍화토			19.0	15.0	31.0	47	0.32	－
풍화암			21.0	30.0	33.0	350	0.30	－
연암			23.0	100.0	34.0	1,000	0.26	－

- －⑨ 고속국도400호선 제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 민간투자사업 제3-2공구:경서~검단(청라국제도시 구간)

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층	점성토		17.5	30.0	－	3	0.40	－
	사질토		18.0	－	25.0	10	0.35	－
퇴적층	점성토		18.0	50.0	－	4	0.40	－
	사질토		18.5	－	30.0	15	0.35	－
	자갈층		19.0	－	32.0	40	0.35	－
풍화토			19.0	15.0	31.0	47	0.32	－
풍화암			21.0	30.0	33.0	350	0.30	－
연암			23.0	100.0	34.0	1,000	0.26	－
경암			27.0	300.0	40.0	10,000	0.22	－

- －⑩ 서울도시철도 7호선 청라국제도시 연장사업 타당성 평가 및 기본계획

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
사질토			18.5	－	30	10	0.35	1.0×10^{-4}
점성토(N≤6)			18.0	20	－	5	0.40	1.8×10^{-7}
점성토(N>6)			18.0	50	－	12	0.40	1.0×10^{-7}
풍화토			19.0	15	30	30	0.33	1.5×10^{-5}
풍화암			20.0	30.0	33.0	150	0.30	1.0×10^{-5}
연암			23.0	300.0	35.0	3,200	0.25	1.0×10^{-6}

－ 인근설계 지반정수 요약

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층			18.0	0~10 (5.6)	25.0~29.0 (25.8)	8~25 (12)	0.34~0.40 (0.36)	1.0×10^{-4} ~ 5.8×10^{-3} (1.8×10^{-3})
퇴적층	점성토	N≤6	17.0~18.0 (17.6)	20	0.0~10.0 (2.9)	2~5 (4)	0.35~0.43 (0.40)	1.8×10^{-7} ~ 5.0×10^{-5} (1.5×10^{-5})
		N>6	18.0~19.0 (18.3)	20~60 (47.3)	0.0~10.0 (4.5)	4~12	0.38~0.40 (0.39)	1.0×10^{-7} ~ 5.0×10^{-6} (2.5×10^{-6})
	사질토		18.0~19.0 (18.5)	0~5 (0.5)	27.0~30.0 (29.2)	10~30 (21)	0.34~0.40 (0.36)	7.5×10^{-7} ~ 5.0×10^{-4} (2.6×10^{-4})
풍화토		N≤30	18.0~19.0 (18.3)	10.0	29.0~31.0 (30.0)	8~35 (24)	0.34~0.35 (0.34)	1.6×10^{-4} ~ 3.5×10^{-4} (2.7×10^{-4})
		N>30	18.0~19.5 (19.0)	15.0~21.0 (16.0)	27.0~32.0 (30.6)	30~70 (47)	0.32~0.33 (0.33)	1.5×10^{-5} ~ 6.0×10^{-4} (2.7×10^{-4})
풍화암			20.0~21.0 (20.8)	30~31 (30.1)	32.0~33.0 (32.9)	150~350 (275)	0.30~0.31 (0.30)	1.0×10^{-5} ~ 1.4×10^{-4} (5.7×10^{-5})
기반암	연암과쇄대		21.0	80~100 (90.0)	32.0~33.0 (32.5)	300~500 (400)	0.30~0.31 (0.30)	—
	연암		22.0~23.0 (22.9)	100~300 (159.1)	34.0~36.0 (34.9)	1,000~ 3,200 (1,773)	0.25~0.27 (0.26)	1.0×10^{-6} ~ 3.0×10^{-4} (7.1×10^{-5})
	보통암		24.0~25.0 (24.5)	1,000	37.0~38.0 (37.5)	3,700~ 6,000 (4,850)	0.23~0.25 (0.24)	1.4×10^{-5} ~ 3.0×10^{-5} (2.2×10^{-5})
	경암		25.0~27.0 (26.4)	300~1,500 (600)	38.0~40.0 (39.8)	10,000~ 19,000 (12,500)	0.22~0.24 (0.22)	8.3×10^{-6} ~ 3.0×10^{-5} (2.0×10^{-5})
	I 등급		27.0	5,000~ 16,000 (10,500)	42.0~45.0 (43.5)	25,000~ 38,000 (31,500)	0.20	4.6×10^{-6}
	II 등급		26.0	2,500~ 6,000 (4,250)	40.0~42.0 (41.0)	15,000~ 20,000 (17,500)	0.21~0.22 (0.22)	1.0×10^{-5}
	III 등급		25.0	1,500	36.0~38.0 (37.0)	7,500~ 13,000 (10,250)	0.23~0.26 (0.25)	2.0×10^{-5}
	IV 등급		23.0	200	34.0~35.0 (34.5)	2,000~ 3,500 (2,750)	0.25~0.28 (0.27)	6.1×10^{-5}
	V 등급		21.0	60~100 (80)	32.0	400~500 (450)	0.27~0.30 (0.29)	1.1×10^{-4}

○ 경험식

- 점착력

제안자	경험식 (kN/m ²)	비 고
Dunham	$q_u = \frac{N}{7.7} \times 100$	$\phi = 0$ 으로서 $c = \frac{q_u}{2}$
Terzaghi-Peck	$q_u = \frac{N}{8} \times 100$	
Peck	$q_u = \frac{N}{6} \times 100$	

- 내부마찰각

내부마찰각 산정식			
Dunham	$\phi = \sqrt{12N} + (15 \sim 25)$	도로교시방서	$\phi = \sqrt{15N} + 15$
	15 = 입자가 둥글고 입경이 균일한 모래		
	20 = 입자가 둥글고 입도 분포가 좋은 모래 또는 입자가 모나고 입경이 균일한 모래	Peck	$\phi = 0.3N + 27$
	25 = 입자가 모나고 입도 분포가 좋은 모래		

- 경험식에 의한 지반정수 산정결과

지 층		대표N값	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)
매립층	SM, SP	5/30	—	24~34 (28)
퇴적층	CL, N≤6	3/30	18.8~47.5 (28.6)	—
	ML, N>6	10/30	62.5~65.0 (64.1)	—
퇴적층	SM, SP	16/30	—	30~37 (33)
풍화토	N≤30	18/30	—	31~38 (34)
	N>30	50/28	—	43~48 (45)

○ 현장 및 실내시험

지 층			공내전단시험		삼축압축(UU)시험
			점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비배수 전단강도 (kPa)
퇴적층	CL	N≤6	—	—	23.0~43.3 (33.8)
	CL	N>6	—	—	119.4
풍화토	N≤30		15.1	28.1	—
	N>30		25.0	29.1	—



○ 토사층의 단위중량 및 강도정수 산정결과

－ 단위중량 (kN/m³)

지 층		문헌자료	인근설계	적 용
매립층	SM,SP	15~22	18.0	18.0
퇴적층	CL, N≤6	14~21	17.0~18.0	17.0
	ML N>6	17~23	18.0~19.0	18.0
퇴적층	SM,SP	15~22	18.0~19.0	18.0
풍화토	N≤30	17~22	18.0~19.0	18.5
	N>30	17~22	18.0~19.5	19.0
선정사유		<ul style="list-style-type: none"> 매립층, 퇴적층은 문헌자료를 만족하며 인근설계사례의 최소값 적용함 풍화토는 문헌자료를 만족하며 인근설계사례의 중간값 적용함 		

－ 점착력 (kPa)

지 층		문헌자료	인근설계	경험식	현장 및 실내시험	적 용
매립층	SM,SP	0~30	0~10	－	－	0
퇴적층	CL, N≤6	15~40	20	18.8~47.5	23.0~43.3(33.8)	23
	ML N>6	40~150	20~60	62.5~65.0	119.4	60
퇴적층	SM,SP	0~30	0~5	－	－	0
풍화토	N≤30	0~100	10.0	－	15.1	15
	N>30	0~100	15.0~21.0	－	25.0	25
선정사유		<ul style="list-style-type: none"> 매립층, 퇴적층(SM, SP)은 문헌자료를 만족하며 인근설계사례의 최소값 적용함 퇴적층(CL, ML, N≤6), 풍화토는 현장 및 실내시험값의 중간값 적용함 퇴적층(CL, ML, N>6)은 실내시험 1회 값으로 대표성이 낮아 안전측으로 문헌자료를 만족하며 인근설계와 실내시험값의 중간값 적용함 				

－ 내부마찰각

지 층		문헌자료	인근설계	경험식	현장 및 실내시험	적 용
매립층	SM,SP	25~35	25.0~29.0	24~34	－	27
퇴적층	CL, N≤6	15~20	0.0~10.0	－	7.5~24.4	0
	ML N>6	20~25	0.0~10.0	－	27.5	0
퇴적층	SM,SP	25~35	27.0~30.0	30~37	－	27
풍화토	N≤30	25~35	29.0~31.0	31~38	28.3	28
	N>30	25~40	27.0~32.0	43~48	28.8	29
선정사유		<ul style="list-style-type: none"> 매립층은 문헌자료를 만족하며, 인근설계와 경험식의 중간값 적용함 퇴적층은 문헌자료, 인근설계, 경험식 및 시험값을 비교·분석하여 안전측으로 인근설계의 최소값 적용함 풍화토는 현장 및 실내시험값 최소값 적용함 				

(2) 변형계수 및 포아송비

○ 문헌자료

- 건설건설공사 비탈면 설계기준(2006, 79p)

토 층 상 태		변 형 계 수(MPa)	포 아 송 비
점 토	연 약	2~4	0.4~0.5
	단 단	4~8	
	매우단단	8~20	
실 트		2~20	0.3~0.35
모 래	느 슨	8~30	0.2~0.4
	중간 조밀	12~50	
	조 밀	20~80	
자 갈	느 슨	30~80	
	중간 조밀	80~100	
	조 밀	100~120	

- 구조물기초 설계기준 해설(2018, 238p)

흙의 종류	중간 점토	실트질 모래	중간조밀한 모래	조밀한 모래	모래 및 자갈
변형계수(MPa)	5~10	10~17	17~28	35~55	69~172
포아송비	0.2~0.5	0.2~0.4	0.25~0.4	0.3~0.45	0.15~0.35

- 문헌자료에 의한 지반정수 요약

지 층		변형계수((MPa)	포아송비
매립층	SM,SP	4~30	0.2~0.4
퇴적층	CL, N≤6	2~4	0.2~0.4
	ML N>6	4~8	0.2~0.5
퇴적층	SM,SP	8~30	0.2~0.4
풍화토	N≤30	12~80	0.2~0.4
	N>30	12~80	0.2~0.4

○ 인근 및 기준설계 사례

구 분	매립층	퇴적층			풍화토	
		점성토 (N≤6)	점성토 (N>6)	사질토 (SM, SP)	N≤30	N>30
변형계수(MPa)	8~25	2~5	4~12	10~30	8~35	30~47
포아송비	0.34~0.40	0.35~0.43	0.38~0.40	0.34~0.40	0.34~0.35	0.32~0.33

○ 현장시험

지 층		변형계수((MPa)	비고
퇴적층	N≤6	1.78~5.06(3.42)	LLT

○ 경험식
- 변형계수

제안자	변형계수(kN/m ²)	비 고	제안자	변형계수(kN/m ²)	비 고
Bowels (1988)	$E_s = 500(N+15)$	모래	Schmertmann (1978)	$E_s = 400N$	실트/모래질 실트
	$E_s = 320(N+15)$	점토질 모래		$E_s = 700N$	세립/중립 모래
	$E_s = 1200(N+6)$	자갈섞인 모래		$E_s = 1000N$	조립 모래
	$E_s = 300(N+6)$	실트질 모래		$E_s = (1200 \sim 1500)N$	자갈질 모래
Hisatake	$E_s = 500N+7000$	-	도로교시방서	$E_s = 2800N$	-

- 경험식에 의한 지반정수 산정결과

지 층			대표N값	변형계수(MPa)			
				Bowels	Hisatake	Schmertmann	도로교시방서
매립층	SM, SP		5/30	3.3	9.5	3.5	14.0
퇴적층	CL,	$N \leq 6$	3/30	2.7	8.5	1.2	8.4
	ML	$N > 6$	10/30	4.8	12.0	4.0	28.0
퇴적층	SM, SP		16/30	6.6	15.0	11.2	44.8
풍화토	$N \leq 30$		18/30	7.2	16.0	21.6	50.4
	$N > 30$		50/28	17.4	33.0	62.4	145.6

○ 토사층의 변형계수 및 포아송비 산정결과

- 변형계수(MPa)

지 층			문헌자료	인근설계	경험식	현장시험	적 용
매립층	SM,SP		4~30	8~25	3.3~14.0	—	10
퇴적층	CL,	N ≤ 6	2~4	2~5	1.2~8.5	1.78~5.06	3
	ML	N > 6	4~8	4~12	4.0~28.0	—	8
퇴적층	SM,SP		8~30	10~30	6.6~44.8	—	10
풍화토	N ≤ 30		12~80	8~35	7.2~50.4	—	25
	N > 30		12~80	30~70	17.4~145.6	—	40
선정사유			<ul style="list-style-type: none">• 매립층, 퇴적층(SM, SP) 및 풍화토는 문헌자료를 만족하며 인근설계 및 경험식을 비교·분석하여 인근설계 최소값 및 중간값 적용함• 퇴적층(CL, ML, N ≤ 6)은 문헌자료를 만족하며, 현장시험의 중간값 적용함				

- 포아송비

지 층			문헌자료	인근설계	적 용
매립층	SM,SP		0.2~0.4	0.34~0.40	0.35
퇴적층	CL,	N≤6	0.2~0.4	0.35~0.43	0.40
	ML	N>6	0.2~0.5	0.38~0.40	0.40
퇴적층	SM,SP		0.2~0.4	0.34~0.40	0.35
풍화토	N≤30		0.2~0.4	0.34~0.35	0.34
	N>30		0.2~0.4	0.32~0.33	0.33
선정사유			● 문헌자료를 만족하며, 인근설계 자료의 최소값 및 중간값 적용함		

6.4.2 풍화암 설계지반정수

(1) 문헌자료

○ 한국지반공학회 학술발표회

종 류	단위중량(kN/m^3)	점착력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)
풍화암	21~22	30~90	25~35

○ 서울시 지반조사 편람(1996)

종 류	단위중량(kN/m^3)	점착력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)	변형계수(MPa)
풍화암	20~22	100~300	30~35	100~200

○ 도로설계 실무편람(한국도로공사, 1996)

종 류	암반 파쇄 상태		전 단 강 도		비 고
	TCR(%)	RQD(%)	점착력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)	
풍화암	20 이하	10 이하	100	30	•암반의 파쇄 상태에 따른 전단강도 제안

(2) 인근설계

종 류	단위중량(kN/m^3)	점착력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20.0~21.0	30~31	32.0~33.0	150~350	0.30~0.31

(3) 현장시험

지 층	공내전단시험	
	점착력(kPa)	내부마찰각($^\circ$)
풍화암	29.1~32.7	30.3~33.5

(4) 지반정수 산정결과

지 층	문헌자료	인근설계	현장시험	적 용
단위중량(kN/m^3)	20.0~22.0	20.0~21.0	—	20
점착력(kPa)	30~300	30~31	29.1~32.7	30
내부마찰각($^\circ$)	30~35	32.0~33.0	30.3~33.5	32
변형계수(MPa)	100~200	150~350	—	200
포아송비	—	0.30~0.31	—	0.30
선정사유	<ul style="list-style-type: none"> 단위중량, 변형계수 및 포아송비는 문헌자료를 만족하고, 인근설계 최소값 및 중간값 적용함 점착력 및 내부마찰각은 현장시험의 중간값 적용함 			

6.5 기반암 설계지반정수

6.5.1 문헌자료

○ 서울시 지반조사편람(1996)

구 분	단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
연 압	23.0~25.0	300~600	30~40	200~400
보 통 압	24.0~26.0	600~1,500	35~40	400~1,000
경 압	25.0~27.0	1,500~2,000	35~45	1,000~4,000

○ 도로설계편람(한국도로공사, 1996)

구 분		암반상태에 따른 분류		전단강도	
		TCR(%)	RQD(%)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
풍화암, 파쇄가 심한 연·경암		20이하	10이하	100	30
강한 풍화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	연 압	20~30	10~25	130	33
	보통암	40~50	25~35	150	35
	경 압	70이상	40~50	200	40

6.5.2 인근설계

종 류	단위중량(kN/m ³)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
연암파쇄대	21.0	80~100	32.0~33.0	300~500	0.30~0.31
연 압	22.0~23.0	100~300	34.0~36.0	1,000~3,200	0.25~0.27
보통암	24.0~25.0	1,000	37.0~38.0	3,700~6,000	0.23~0.25
경 압	25.0~27.0	300~1,500	38.0~40.0	10,000~19,000	0.22~0.24
I 등급	27.0	5,000~6,000	42.0~45.0	25,000~38,000	0.20
II 등급	26.0	2,500~6,000	40.0~42.0	15,000~20,000	0.21~0.22
III 등급	25.0	1,500	36.0~38.0	7,500~13,000	0.23~0.26
IV 등급	23.0	200	34.0~35.0	2,000~3,500	0.25~0.28
V 등급	21.0	60~100	32.0	400~500	0.27~0.30

6.5.3 경험식

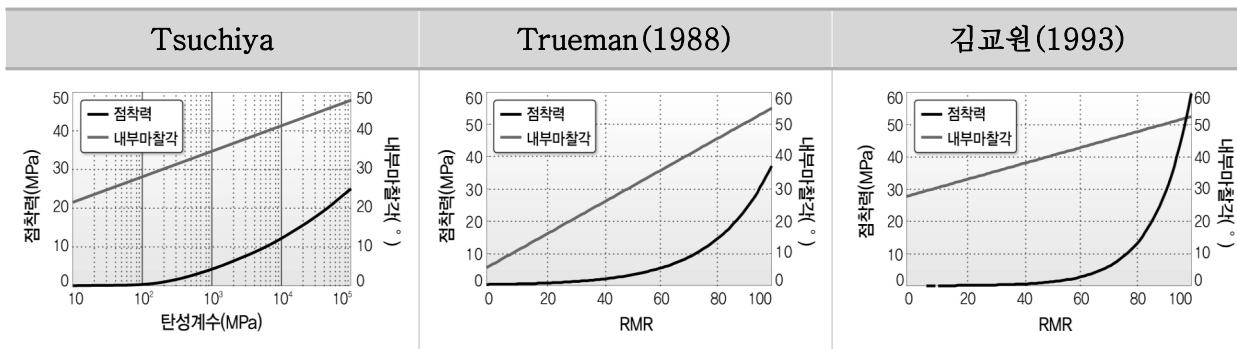
(1) 제안자에 따른 경험식

○ 단위중량 및 포아송비

구 분	단위중량(ton/m^3)	포아송비(ν)
Tsuchiya(1984)	$\gamma_t = 2 + (Y - 1.28)/14.3$	$\nu = 0.3 - (Y - 1.28)/95$
	$Y = (\log E (\text{kgf/cm}^2) - 2.25)/0.35$	
김교원(1993)	—	$\nu = -0.17 \ln(\text{RMR}^*) + 0.9$

○ 점착력 및 내부마찰각

구 분	점착력(MPa)	내부마찰각($^\circ$)
Bieniawski(1989)	$-0.051 + 0.008 \text{RMR} - 3.346 \times 10^{-5} \text{RMR}^2$	$-0.086 + 0.7891 \text{RMR} - 0.0031 \text{RMR}^2$
Tsuchiya(1984)	$-1.93Y + 2.07Y^2 + 0.035Y^3$ $Y = (\log E (\text{kgf/cm}^2) - 2.25)/0.35$	$23.6 + 2.347Y$
Trueman(1988)	$0.25 \exp(0.05 \text{RMR})$	$0.5 \text{RMR} + 5$
김 교 원(1993)	$0.02 \exp(0.08 \text{RMR}^*)$	$0.25 (\text{RMR}^*) + 27.5$



○ 변형계수

제 안 자	경험식	RMR-변형계수
Bieniawski(1978)	$E_m = 2\text{RMR} - 100 (\text{GPa}) (\text{RMR} > 57)$	
Serafim and Pereira(1983)	$E_m = 10^{(\text{RMR}-10)}/40 (\text{GPa}) (\text{RMR} \leq 57)$	
Aydan(1997)	$E_m = 0.0097 \text{RMR}^{3.54} (\text{MPa})$	
김 교 원(1993)	$E_m = 300 \exp(0.07 \text{RMR}^*) (\text{MPa})$	

제안자	경험식	RMR-감쇠계수
Nicholson & Bieniawski (1990)	$E_m/E_{int} = RF = 0.0028R^2 + 0.9\exp(R/22.82)$ (%)	
Mitri et al. (1994)	$E_m/E_{int} = RF = 0.5 \times [1 - \cos(\pi \times RMR / 100)]$	
제안자	경험식	RQD-감쇠계수
Honish et al. (1994)	$E_m/E_{int} = RF = 0.5 \times (RMR / 100)^2$	

(2) 경험식에 따른 지반정수 산정결과

○ 단위중량 및 포아송비

구분	단위중량(kN/m ³)	포아송비(ν)	
	Tsuchiya(평균/편차)	김교원(평균/편차)	Tsuchiya(평균/편차)
연암과쇄대	24.7 /0.4	0.422 /0.053	0.222 /0.006
연 암	25.4 /0.5	0.345 /0.058	0.211 /0.008
보통암	26.3 /0.4	0.257 /0.030	0.197 /0.007
경 암	27.2 /0.5	0.209 /0.027	0.183 /0.007
I 등급	27.9 /0.1	0.158 /0.007	0.172 /0.001
II 등급	27.5 /0.2	0.196 /0.012	0.179 /0.002
III등급	26.5 /0.4	0.247 /0.022	0.194 /0.006
IV등급	25.5 /0.3	0.333 /0.031	0.210 /0.004
V 등급	24.7 /0.3	0.425 /0.039	0.222 /0.004

○ 점착력(kPa) 및 내부마찰각

구분	Bieniawski(평균/편차)		Trueman(평균/편차)		김교원(평균/편차)	
	점착력(kPa)	내부마찰각	점착력(kPa)	내부마찰각	점착력(kPa)	내부마찰각
연암과쇄대	104 /53	15 /5	791 /297	16 /4	88 /38	33 /2
연 암	192 /59	24 /6	1,784 /1,028	23 /5	242 /213	37 /3
보통암	284 /33	34 /3	4,135 /1,860	32 /4	846 /613	41 /2
경 암	346 /34	40 /4	10,055 /5,103	41 /5	2,808 /2,116	45 /3
I 등급	405 /5	47 /1	27,339 /4,535	52 /2	11,131 /3,033	51 /1
II 등급	364 /14	42 /1	11,804 /3,017	43 /2	3,274 /1,209	47 /1
III등급	297 /23	35 /2	4,618 /1,385	34 /3	967 /492	42 /1
IV등급	202 /31	25 /3	1,723 /524	24 /3	218 /105	37 /1
V 등급	108 /36	16 /4	781 /197	16 /3	80 /26	33 /1

○ 변형계수

지 층	Bieniawski & Serafim and Pereira	김교원	Aydan
연암파쇄대	2,103.0 / 896.9	106.7 / 40.4	791.1 / 725.7
연 암	5,108.3 / 3,868.7	252.5 / 189.8	4,486.9 / 4,359.5
보통암	10,985.9 / 9,071.6	763.0 / 464.4	14,616.7 / 7,767.0
경 암	11,410.5 / 18,363.6	2,172.7 / 1,389.9	37,867.3 / 17,794.0
I 등급	- / -	7,406.7 / 1,750.8	91,162.2 / 11,160.1
II 등급	- / -	2,528.7 / 812.2	45,099.2 / 10,371.3
III 등급	11,895.4 / 8,120.4	864.6 / 383.0	16,841.3 / 6,061.8
IV 등급	5,130.2 / 1,809.8	234.9 / 98.3	4,030.6 / 2,223.2
V 등급	2,059.0 / 590.9	98.6 / 27.8	683.9 / 455.5

6.5.4 현장시험

○ 공내재하시험 결과

구 분	연 암	보통암	경 암	II 등급	III 등급	IV 등급	V 등급
변형계수 (MPa)	747~5,175 (2,180)	6,636~9,087 (7,861)	8,012~13,575 (10,794)	8,012~13,575 (10,794)	1,186~9,087 (4,914)	747~5,175 (2,040)	1,002

6.5.5 기반암 설계지반정수 산정결과

(1) 단위중량(kN/m^3)

종 류	문헌자료	인근설계	경험식	적 용
연암파쇄대	-	21.0	24.7	21
연 암	23~25	22.0~23.0	25.4	22
보통암	24~26	24.0~25.0	26.3	24
경 암	25~27	25.0~27.0	27.2	25
I 등급	-	27.0	27.9	27
II 등급	-	26.0	27.5	26
III 등급	-	25.0	26.5	25
IV 등급	-	23.0	25.5	23
V 등급	-	21.0	24.7	21
선정사유	● 문헌자료를 만족하며 인근설계 및 경험식을 비교·분석하여 인근설계 최소값 적용함			

(2) 점착력(kPa)

종 류	문헌자료	인근설계	경험식	적 용
연암파쇄대	-	80~100	88~791	80
연 암	100~600	100~300	192~1,784	160
보통암	150~1,500	1,000	284~4,135	1,000
경 암	200~2,000	300~1,500	346~10,055	1,500
I 등급	-	5,000~6,000	405~27,339	5,000
II 등급	-	2,500~6,000	364~11,804	2,500
III 등급	-	1,500	297~4,618	1,500
IV 등급	-	200	202~1,723	200
V 등급	-	60~100	80~781	80
선정사유	● 연암파쇄대, 보통암, I 등급, II 등급, III 등급 및 IV 등급은 문헌자료를 만족하고 인근설계 및 경험식을 비교·분석하여 인근설계 최소값 적용함 ● 연암 및 V 등급은 문헌자료를 만족하고 인근설계 중간값 적용함 ● 경암은 문헌자료를 만족하고 인근설계 경암과 III 등급 비교·분석하여 중간값 적용함			

(3) 내부마찰각(°)

종 류	문헌자료	인근설계	경험식	적 용
연암파쇄대	—	32.0~33.0	15~33	32
연 암	30~40	34.0~36.0	23~37	34
보통암	35~40	37.0~38.0	32~41	37
경 암	35~45	38.0~40.0	40~45	38
I 등급	—	42.0~45.0	47~52	42
II 등급	—	40.0~42.0	42~47	40
III등급	—	36.0~38.0	34~42	36
IV등급	—	34.0~35.0	24~37	34
V 등급	—	32.0	16~33	32
선정사유	• 문헌자료를 만족하고 인근설계 및 경험식을 비교·분석하여 인근설계 최소값 적용함			

(4) 변형계수(MPa)

종 류	문헌자료	인근설계	경험식	현장시험	적 용
연암파쇄대	－	300~500	107~2103	－	1,000
연 암	200~400	1,000~3,200	253~5108	747~5,175	2,000
보통암	400~1,000	3,700~6,000	763~14,617	6,636~9,087	7,800
경 암	1,000~4,000	10,000~19,000	2,173~37,867	8,012~13,575	10,000
I 등급	－	25,000~38,000	7,407~91,162	－	25,000
Ⅱ등급	－	15,000~20,000	2,529~45,099	8,012~13,575	10,000
Ⅲ등급	－	7,500~13,000	865~16,841	1,186~9,087	4,900
Ⅳ등급	－	2,000~3,500	235~5,130	747~5,175	2,000
Ⅴ등급	－	400~500	99~2,059	1,002	1,000
선정사유	● 연암파쇄대는 공학적 특성이 유사한 Ⅴ등급 값 적용함 ● 연암, 보통암, 경암, Ⅱ~Ⅴ등급은 현장시험 중간값 적용함 ● I 등급은 현장시험 부재로 인근설계 최소값 적용함				

(5) 포아송비

종 류	인근설계	경험식	적 용
연암파쇄대	0.30~0.31	0.222~0.422	0.30
연 암	0.25~0.27	0.211~0.345	0.26
보통암	0.23~0.25	0.197~0.257	0.24
경 암	0.22~0.24	0.183~0.209	0.22
I 등급	0.20	0.158~0.172	0.20
II 등급	0.21~0.22	0.179~0.196	0.22
III등급	0.23~0.26	0.194~0.247	0.25
IV등급	0.25~0.28	0.210~0.333	0.27
V 등급	0.27~0.30	0.222~0.425	0.29
선정사유	• 인근설계 및 경험식을 비교·분석하여 인근설계 최소값 또는 중간값 적용함		

6.6 기타 설계지반정수

6.6.1 기반암 불연속체 지반정수 산정

- 암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(filling material), 연장성(Persistency)에 의해 좌우된다.
- 설계강도정수 산정은 주변자료 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 암반 절리면에 대한 강도정수를 산정하였다.

(1) 문헌자료

○ 여러 암석에 대한 기본마찰각(Barton, 1973)

암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
각섬암	32	화강암(조립질)	31~35
현무암	31~38	석회암	33~40
역 암	35	반암	31
백 암	30	사암	25~35
백운암	27~31	세일	27
편마암(편암질)	23~29	미사암	27~31
화강암(세립질)	29~35	점판암	25~30

주)작은 값은 일반적으로 젖은 암석표면에 대해 시험하여 얻은 것임.

○ Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			기본마찰각(ϕ_b)	암 석 명	기본마찰각(ϕ_b)
점착력이 없는 물질	발과 / 파쇄 암석	현 무 암	40.0 ~ 50.0	—	—
		백 악	30.0 ~ 40.0		
		화 강 암	45.0 ~ 50.0		
		석 회 암	35.0 ~ 40.0		
		사 암	35.0 ~ 45.0		
		세 일	30.0 ~ 35.0		
점착력이 있는 물질	암 석	건고한 화성암	35.0 ~ 45.0	35.7 ~ 56.1	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30.0 ~ 40.0	20.4 ~ 40.8	(규암, 편마암, 점판암)
		건고한 퇴적암	35.0 ~ 45.0	10.2 ~ 30.6	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25.0 ~ 35.0	1.0 ~ 20.4	(사암, 석탄, 백악, 세일)

○ 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도		잔류강도		시 험 자
		c' (kPa)	ϕ (°)	c' (kPa)	ϕ (°)	
현무암	점토화된 현무암질 각력암. 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240.0	42.0	—	—	Ruiz, Camargo, Midea & Nieble [109]
벤토나이트	백악내의벤토나이트층 얇은 층상. 삼축시험.	15.0 90.0-120.0 60.0-100.0	7.5 12.0-17.0 9.0-13.0	—	—	Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 세일	삼축시험 직접전단시험	0.0-270.0	8.5-29.0	30.0	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0.0-180.0	12.0-18.5	0.0-3.0	10.5-16.0	Skempton & Petley[112]
점토세일	삼축시험	60.0	32.0	—	—	Sinclair & Brooker[111]
점토세일	성층면	—	—	0.0	19.0-25.0	Leussink & Muller-Kirchen bauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	11.0-13.0	16.0	0.0	11.0-11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 세일층, 두께 약 15cm	41.0	14.5	22.0	17.0	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 화강섬록 암 및 반암	점토 충전물(점토 2% PI=17%)	0.0	26.5	—	—	Brawner [116]
화강암/편마암	점토 충전물이 있는 단층. 사질양토화된 단층 충전물과 함께 약화됨. 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된암석 및 충전물	0.0-100.0 50.0-242.0	24.0-25.0 40.0-42.0	—	—	Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2mm의 점토			0.0	21.0	Drozd[119]
석 회 암	6mm의 점토층 1~2mm의 점토 충전물 1mm이하의 점토 충전물	100.0 50.0-200.0	13.0-14.0 17.0-21.0	0.0	13.0	Krsmanovic등 [120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암, 이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80.0 100.0	38.0 10.0	—	—	Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2cm	0.0	25.0	0.0	15.0-24.0	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14.0-30.0	15.0-17.5	—	—	Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트(몬모릴로나이트) 점토사이의 층	360.0 16.0-20.0	14 7.5-11.5	80.0	11.0	Eurenius[125] Underwood[126]
편암, 규암 및 규산질편암	10~15cm 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30.0-80.0 610.0-740.0 380.0	32.0 41.0 31.0	—	—	Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50.0	33.0	—	—	
석영/고령토/ 연 망 간 석	혼합시료에 대한 삼축시험	42.0-90.0	36.0-38.0	—	—	Goates, Mcrorie & Stubbins[128]

○ 암종별 Basic friction Angle (Barton, 1982)

종 류	현무암	역암	편마암	화강암	사암	셰일
마찰각(°)	31.0~38.0	35.0	23.0~29.0	29.0~35.0	25.0~35.0	27.0

○ 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 셰일, 대리석	20.0 ~ 27.0	—
Medium-friction Rocks	사암, 백악, 편마암, 슬레이트	27.0 ~ 34.0	—
High-friction Rocks	현무암, 화강암, 석회암, 역암	34.0 ~ 40.0	—

(2) 인근설계

구분	구간	점착력 (c, kPa)	마찰각 (ϕ , °)
고속국도400호선제2외곽순환(인천~김포) 고속도로 3-1 공구	터널구간	30	30.0
소암마을~대건고교간 도로개설공사 기본 및 실시설계	터널구간	34	33.0
인천검단신도시 도시시설물 터널공사 기본 및 실시설계	터널구간	38	33.0

(3) 불연속체 지반정수 산정결과

구분	점착력(c, kPa)	마찰각(ϕ , °)
문헌자료	50.0~740.0(최대강도)	20.0~45.0
인근설계	30.0~38.0	30.0~33.0
적 용	30.0	30.0
선정사유	• 문헌자료 및 인근설계를 비교·분석하여 인근설계 최소값 적용함	

6.6.2 수리해석을 위한 설계지반정수

(1) 문헌자료

○ 구조물기초설계기준(2008)

흙 종류	느슨한 모래	중간 모래	가는 모래	모래질 실트	실 트	점토질 실트	실트질 점토	점 토
투수계수 (cm/sec)	$3.0 \times 10^{-1} \sim 5.0 \times 10^{-1}$	1.0×10^{-1}	$5.0 \times 10^{-3} \sim 1.5 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-4} \sim 2.0 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-8}$

○ 흙의 종류에 따른 일반적 투수계수(J. Patrick Powers, 1992)

흙 의 종 류	투수계수(cm/sec)	흙 의 종 류	투수계수(cm/sec)
입도가 불량한 자갈(GP)	$1 \times 10^{-1} \sim 2 \times 10^{-1}$	실트질 모래(SM)	$1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$
입도가 양호한 자갈(GW)	$3 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-2}$	점토질 모래(SC)	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$
입도가 불량한 모래(SP)	$5 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-1}$	실 트(ML)	$5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$
입도가 양호한 모래(SW)	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1}$	점 토(CL)	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$

○ Principles of foundation engineering(Braja.M.Das, 1985)

흙 의 종 류	투수계수(cm/sec)	흙 의 종 류	투수계수(cm/sec)
중립~조립자갈	Greater than 10^{-1}	실트, 점토질 실트, 실트질 점토	$10^{-6} \sim 10^{-4}$
세립~조립모래	$10^{-31} \sim 10^{-1}$		
세립모래, 실트질모래	$10^{-5} \sim 10^{-3}$	점 토	10^{-6} or less

(2) 인근설계

구 분	범 위(cm/sec)	평 균(cm/sec)
매립층	$1.0 \times 10^{-4} \sim 5.8 \times 10^{-3}$	1.8×10^{-3}
퇴적점토	$1.0 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-5}$	8.8×10^{-6}
퇴적모래	$7.5 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-4}$	2.6×10^{-4}
풍화토	$1.0 \times 10^{-5} \sim 6.0 \times 10^{-4}$	1.7×10^{-4}
풍화암	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.4 \times 10^{-4}$	5.7×10^{-5}
연암	$1.0 \times 10^{-6} \sim 3.0 \times 10^{-4}$	7.1×10^{-5}
보통암	$1.4 \times 10^{-5} \sim 3.0 \times 10^{-5}$	2.2×10^{-5}
경암	$8.3 \times 10^{-6} \sim 3.0 \times 10^{-5}$	2.0×10^{-5}
I 등급	4.6×10^{-6}	4.6×10^{-6}
II 등급	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
III 등급	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-5}
IV 등급	6.1×10^{-5}	6.1×10^{-5}
V 등급	1.1×10^{-4}	1.1×10^{-4}



(3) 현장시험

구 분	범 위 (cm/sec)	평 균 (cm/sec)
매립층	8.77×10^{-4}	8.77×10^{-4}
퇴적점토	$4.40 \times 10^{-7} \sim 4.16 \times 10^{-6}$	1.34×10^{-6}
퇴적모래	$7.07 \times 10^{-4} \sim 2.44 \times 10^{-3}$	1.51×10^{-3}
풍화토	$1.48 \times 10^{-4} \sim 2.74 \times 10^{-4}$	1.98×10^{-4}
풍화암	$3.35 \times 10^{-5} \sim 4.74 \times 10^{-5}$	4.04×10^{-5}
연암과쇄대	—	—
연암	$1.26 \times 10^{-5} \sim 2.77 \times 10^{-5}$	1.89×10^{-5}
보통암	$1.09 \times 10^{-5} \sim 1.53 \times 10^{-5}$	1.32×10^{-5}
경암	$1.66 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-5}$	6.78×10^{-6}
I 등급	1.66×10^{-6}	1.66×10^{-6}
II 등급	$6.16 \times 10^{-6} \sim 9.08 \times 10^{-6}$	7.62×10^{-6}
III 등급	$1.02 \times 10^{-5} \sim 1.94 \times 10^{-5}$	1.37×10^{-5}
IV 등급	$1.26 \times 10^{-5} \sim 2.77 \times 10^{-5}$	1.88×10^{-5}
V 등급	—	—

(4) 투수계수 산정결과

구 분	문헌자료 (cm/sec)	인근설계 (cm/sec)	현장시험 (cm/sec)	적용 (cm/sec)
매립층	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^{-4} \sim 5.8 \times 10^{-3}$	8.77×10^{-4}	8.77×10^{-4}
퇴적점토	$1.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-5}$	$4.40 \times 10^{-7} \sim 4.16 \times 10^{-6}$	4.16×10^{-6}
퇴적모래	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-1}$	$7.5 \times 10^{-7} \sim 5.0 \times 10^{-4}$	$7.07 \times 10^{-4} \sim 2.44 \times 10^{-3}$	2.44×10^{-3}
풍화토	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^{-5} \sim 6.0 \times 10^{-4}$	$1.48 \times 10^{-4} \sim 2.74 \times 10^{-4}$	2.74×10^{-4}
풍화암	—	$1.0 \times 10^{-5} \sim 1.4 \times 10^{-4}$	$3.35 \times 10^{-5} \sim 4.74 \times 10^{-5}$	4.74×10^{-5}
연암과쇄대	—	—	—	3.75×10^{-5}
연암	—	$1.0 \times 10^{-6} \sim 3.0 \times 10^{-4}$	$1.26 \times 10^{-5} \sim 2.77 \times 10^{-5}$	2.77×10^{-5}
보통암	—	$1.4 \times 10^{-5} \sim 3.0 \times 10^{-5}$	$1.09 \times 10^{-5} \sim 1.53 \times 10^{-5}$	1.53×10^{-5}
경암	—	$8.3 \times 10^{-6} \sim 3.0 \times 10^{-5}$	$1.66 \times 10^{-6} \sim 1.02 \times 10^{-5}$	1.02×10^{-5}
I 등급	—	4.6×10^{-6}	1.66×10^{-6}	1.66×10^{-6}
II 등급	—	1.0×10^{-5}	$6.16 \times 10^{-6} \sim 9.08 \times 10^{-6}$	9.08×10^{-6}
III 등급	—	2.0×10^{-5}	$1.02 \times 10^{-5} \sim 1.94 \times 10^{-5}$	1.94×10^{-5}
IV 등급	—	6.1×10^{-5}	$1.26 \times 10^{-5} \sim 2.77 \times 10^{-5}$	2.77×10^{-5}
V 등급	—	1.1×10^{-4}	—	3.75×10^{-5}
선정사유	<ul style="list-style-type: none"> • 연암과쇄대 및 V 등급을 제외한 모든 지층은 현장시험 최대값 적용함 • 연암과쇄대는 현장시험 부재로 공학적 특성상 풍화암과 연암의 중간적 특성으로 풍화암과 연암의 투수시험 최대값에 중간값 적용함 • V 등급은 연암과쇄대와 유사한 공학적 특성으로 연암과쇄대 최대값 적용함 			

6.6.3 내진 해석을 위한 설계지반정수 산정

(1) 문헌자료

(1) 전단파속도(V_s , m/s (지반분류에 의한 전단파속도(내진설계기준연구(II))))

구분	지반특성	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값	
		전단파속도(V_s , m/s)	표준관입시험
S_A	경암지반	1,500초과	
S_B	보통암지반	760~1,500	
S_C	매우조밀한토사, 연암지반	360~760	>50
S_D	단단한 토사지반	180~360	15~50
S_E	연약한 토사지반	180미만	<15

(2) 인근설계

－ 인천청라지구 주운시설 건설공사 실시설계

구 분			V _p (m/s)	V _s (m/s)	G _d (MPa)	E _d (MPa)	K _d (MPa)	ν _d
매립층	SM,CL		—	195	68	202	3,361	0.49
퇴적층	점성토	N<5	—	200	71	212	3,535	0.49
퇴적층	점성토	N>5	—	250	112	333	2,774	0.48
퇴적층	사질토	—	—	320	189	557	3,093	0.47
풍화토	SM		—	400	304	893	4,964	0.47
풍화암			—	650	845	2,399	4,998	0.42
연암			—	1,100	2,661	7,079	6,940	0.33

－ 인천청라지구 특수구조물 건설공사(2공구) 지반조사

구 분		V _p (m/s)	V _s (m/s)	G _d (MPa)	E _d (MPa)	K _d (MPa)	ν _d
퇴적층	점성토	—	—	147	414	846	0.42
퇴적층	사질토	—	—	440	1,230	1,999	0.40
풍화토		—	—	788	2,180	3,095	0.39
풍화암		—	—	1,720	4,690	5,850	0.37
연암		—	—	3,770	10,100	10,100	0.33
풍화암		—	650	845	2,399	4,998	0.42

- 서울도시철도7호선석남연장건설공사2공구실시설계

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층	모래층	1,510	170	60	170	3,600	0.49
	점토층	570	210	110	260	450	0.38
풍화토		790	350	260	790	900	0.38
풍화암		1,300	590	930	3,200	3,200	0.37
연암		1,700	870	1,800	4,800	4,800	0.33
보통암		3,000	1,400	8,500	13,500	16,500	0.30
경암		4,000	2,200	11,500	24,900	22,200	0.28

- 제2외곽순환(인천~김포)고속도로민간투자사업(1~4공구)-터널구간

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
기반암	I 등급	—	2,051	26,900	11,600	20,300	0.26
	II 등급	—	1,582	15,900	6,630	13,600	0.29
	III 등급	—	1,113	7,890	3,160	7,720	0.32
	IV 등급	—	644	2,600	971	2,710	0.34
	V 등급	—	409	982	358	1,260	0.37

- 제2외곽순환(인천~김포)고속도로민간투자사업(1~4공구)-교량구간

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		—	218	92	238	199	—
퇴적층	점성토 CL,ML	—	147	38	98	81	—
퇴적층	사질토 SM,SP	—	235	102	264	220	—
퇴적층	자갈층 GM,GP	—	267	138	359	299	—
풍화토		—	254	125	325	271	—
풍화암		—	324	224	583	486	—
연암		—	729	1,360	3,490	2,750	0.27

- 제2외곽순환(인천~김포)고속도로민간투자사업(1~4공구)-깎기구간

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
붕적층		—	183	65	168	140	—
풍화토		—	270	141	367	306	—
풍화암		—	324	224	583	486	—
연암		—	689	1,210	3,130	2,540	0.29
경암		—	1,619	7,340	18,000	11,500	0.25

－ 제2외곽순환(인천~김포)고속도로민간투자사업(1~4공구)－개착구간

구 분		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_c (MPa)	E_c (MPa)	K_d (MPa)	ν_d
매립층		－	183	65	168	140	－
퇴적점토	$N \leq 6$	－	147	38	98	81	－
	$6 < N \leq 10$	－	175	53	138	115	－
	$10 < N$	－	195	74	192	187	－
퇴적모래	$N \leq 10$	－	167	51	133	111	－
	$10 < N \leq 30$	－	222	91	236	196	－
퇴적층(자갈)		－	261	132	342	285	－
풍화토		－	270	141	367	306	－
풍화암		－	324	224	583	486	－

－ 인근설계 지반정수 요약

구 분			V _p (m/s)	V _s (m/s)	G _d (MPa)	E _d (MPa)	K _d (MPa)	ν _d
매립층			570~1,510	170~218	60~110	168~260	140~3,600	0.38~0.49
퇴적층	점성토	N≤6	－	147~200	38~71	98~212	81~2,774	0.42~0.48
		N>6	－	147~250	38~147	98~414	81~2,774	0.42~0.48
퇴적층	사질토		－	167~320	51~440	133~1,230	111~3,093	0.40~0.47
풍화토			790	254~400	125~788	325~2,180	274~4,964	0.38~0.47
풍화암			1,300	324~650	224~1,720	583~4,690	486~5,850	0.37~0.42
기반암	연암		1,700	689~1,100	1,210~3,770	3,130~10,100	2,540~10,100	0.27~0.33
	보통암		3,000	1,400	8,500	13,500	16,500	0.30
	경암		4,000	1,169~2,200	7,340~11,500	18,000~24,900	11,500~22,200	0.25~0.39
	Ⅰ 등급		－	2,051	26,900	11,600	20,300	0.26
	Ⅱ 등급		－	1,582	15,900	6,630	13,600	0.29
	Ⅲ 등급		－	1,112	7,890	3,160	7,720	0.32
	Ⅳ 등급		－	643	2,600	971	2,710	0.34
	Ⅴ 등급		－	409	982	358	1,260	0.37

(3) 경험식

○ 전단파속도(V_s)

구 분	토질 종류별 전단파 속도(V_s) 산정식	
	점성토	사질토
今井, 吉村(1970)	$V_s = 76 \cdot N^{0.33}$	
imai(1982)	$V_s = 97 \cdot N^{0.314}$	
岡本(1989)	$V_s = 125 \cdot N^{0.3}$	—
大場, 鳥海(1990)	$V_s = 84 \cdot N^{0.31}$	—
今井(1997)	$V_s = a \cdot N^b$ $-a = 102, b = 0.29$ (충적점토) $-a = 114, b = 0.29$ (홍적점토)	$V_s = a \cdot N^b$ $-a = 81, b = 0.33$ (충적사) $-a = 97, b = 0.32$ (홍적사)
국내적용사례분석식	$V_s = 102.89 \cdot N^{0.2835}$	

○ 동적지반정수(G_d , E_d , K_d)

- 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
- 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu)$
- 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu)$, 여기서 $\rho = \gamma / g$, γ = 단위중량, $g = 9.81$ (m/sec)

○ 전단파속도(V_s) 산정결과

구분	대표N	今井, 吉村	Imai	岡本	大場, 鳥海	今井	국내사례
매립층	5/30	129	161	203	138	163	162
퇴적층 점토	$N \leq 6$	3/30	109	137	174	118	140
	$N > 6$	10/30	162	200	249	172	199
퇴적층 사질토	16/30	190	232	287	198	228	226
풍화토	$N \leq 30$	18/30	197	240	298	206	236
	$N > 30$	50/28	280	335	409	286	321
풍화암	50/6	315	375	455	319	355	349

○ 동적지반정수(G_d , E_d , K_d) 산정결과

구분	대표N	단위중량	V_s	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	비고
매립층 모래	5/30	18.0	148	4,018	10,138	7,089	
퇴적층 점토	$N \leq 6$	3/30	167	5,240	13,511	10,688	
	$N > 6$	10/30	212	11,425	30,812	33,882	
퇴적층 사질토	16/30	18.0	231	15,147	41,446	52,371	
풍화토	$N \leq 30$	18/30	280	16,708	43,451	36,263	
	$N > 30$	50/28	343	32,430	87,780	99,773	
풍화암	50/6	20.0	361	42,185	115,766	150,865	



(4) 현장시험

○ S-PS 시험결과(2NBH-12, 003정거장)

심도	지층		Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동전단계수 Gd(MPa)	동탄성계수 Ed(MPa)	동체적계수 Kd(MPa)	동적 포아송비
11.0~14.0	퇴적층 (점성토)	N≤6	1,450	102	1.93E+01	5.77E+01	3.83E+03	0.50
8.0~10.0		N>6	1,520	139	3.59E+01	1.07E+02	4.20E+03	0.50
15.0~17.5	퇴적층	사질토	1,587	222	9.14E+01	2.72E+02	4.51E+03	0.49
17.5~25.0	풍화토	N≤30	1,652	279	1.51E+02	4.48E+02	5.09E+03	0.49
		N>30	1,833	446	3.91E+02	1.15E+03	6.01E+03	0.47
25.0~46.0	풍화암		2,191	712	1.09E+03	3.15E+03	8.84E+03	0.44
46.0~56.0	연암층		2,686	979	2.26E+03	6.42E+03	1.39E+04	0.42

○ S-PS 시험결과(2NBH-28, 004정거장)

심도	지층		Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동전단계수 Gd(MPa)	동탄성계수 Ed(MPa)	동체적계수 Kd(MPa)	동적 포아송비
1.0~5.6	퇴적층 (점성토)	N≤6	—	—	—	—	—	—
		N>6	1,500	148	4.10E+01	1.23E+02	4.08E+03	0.49
5.6~8.9	퇴적층	사질토	1,546	202	8.30E+01	2.47E+02	4.28E+03	0.49
8.9~15.0	풍화토	N≤30	—	—	—	—	—	—
		N>30	1,812	443	3.92E+02	1.15E+03	5.85E+03	0.46
15.0~21.0	풍화암		2,067	642	8.90E+02	2.57E+03	7.99E+03	0.44
21.0~23.0	연암층		2,356	821	1.58E+03	4.52E+03	1.09E+04	0.43
29.0~56.0	경암층		3,191	1,353	4.72E+03	1.31E+04	1.90E+04	0.38

○ S-PS 시험결과(평균)

구분			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동전단계수 Gd(MPa)	동탄성계수 Ed(MPa)	동체적계수 Kd(MPa)	동적 포아송비
매립층			—	—	—	—	—	—
퇴적층	점성토	N≤6	1,450	102	19	58	3,833	0.50
		N>6	1,520	159	51	151	4,175	0.50
퇴적층	사질토		1,587	222	91	272	4,505	0.49
풍화토	N≤30		1,652	279	151	448	5,090	0.49
	N>30		1,822	444	391	1,147	5,926	0.47
풍화암			2,164	697	1,048	3,021	8,652	0.44
연암과쇄대			—	—	—	—	—	—
연 암			2,603	939	2,089	5,949	13,188	0.43
보통암			—	—	—	—	—	—
경 암			3,139	1,353	4,476	12,386	17,965	0.384
Ⅰ 등급			—	—	—	—	—	—
Ⅱ 등급			3,251	1,422	5,028	13,882	19,450	0.38
Ⅲ등급			3,001	1,268	3,801	10,558	16,150	0.39
Ⅳ등급			2,603	939	2,089	5,949	13,188	0.43
Ⅴ 등급			—	—	—	—	—	—

(5) 동적물성치 산정결과

구분			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동전단계수 Gd(MPa)	동탄성계수 Ed(MPa)	동체적계수 Kd(MPa)	동적 포아송비
매립층			—	195	68	202	3,361	0.490
퇴적층	점성토	N≤6	1,450	102	19	58	3,833	0.500
		N>6	1,520	159	51	151	4,175	0.500
퇴적층	사질토		1,587	222	91	272	4,505	0.490
풍화토	N≤30		1,652	279	151	448	5,090	0.490
	N>30		1,822	444	391	1,147	5,926	0.470
풍화암			2,164	697	1,048	3,021	8,652	0.440
연암과쇄대			2,384	818	1,569	4,485	10,920	0.435
연 암			2,603	939	2,089	5,949	13,188	0.430
보통암			2,871	1,146	3,283	9,168	15,577	0.407
경 암			3,139	1,353	4,476	12,386	17,965	0.384
Ⅰ 등급			—	2,051	26,900	11,600	20,300	0.260
Ⅱ 등급			3,251	1,422	5,028	13,882	19,450	0.380
Ⅲ등급			3,001	1,268	3,801	10,558	16,150	0.390
Ⅳ등급			2,603	939	2,089	5,949	13,188	0.430
Ⅴ등급			2,384	818	1,569	4,485	10,920	0.435
선정사유			● 매립층은 가장 인근인 「인천청라지구 특수구조물 건설공사(2공구)」 값 적용함 ● 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암, 경암 및 Ⅱ~Ⅳ등급은 현장시험 중간값 적용 ● 연암과쇄대 및 Ⅴ등급은 풍화암과 연암의 중간값, 보통암은 연암과 경암의 중간값 적용, Ⅰ 등급 인근설계 값 적용함.					

6.7 설계지반정수 요약

6.7.1 연속체 설계지반정수

구 분			단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/sec)
매립층			18.0	0	27	10	0.35	8.77×10^{-4}
퇴적층	점성토	N≤6	17.0	23	0	3	0.40	4.16×10^{-6}
		N>6	18.0	60	0	8	0.40	
퇴적층	사질토		18.0	0	27	10	0.35	2.44×10^{-3}
풍화토		N≤30	18.5	15	28	25	0.34	2.74×10^{-4}
		N>30	19.0	25	29	40	0.33	
풍화암			20.0	30	32	200	0.30	4.74×10^{-5}
기반암	연암과쇄대		21.0	80	32	1,000	0.30	3.75×10^{-5}
	연암		22.0	160	34	2,000	0.26	2.77×10^{-5}
	보통암		24.0	1,000	37	7,800	0.24	1.53×10^{-5}
	경암		25.0	1,500	38	10,000	0.22	1.02×10^{-5}
	I 등급		27.0	5,000	42	25,000	0.20	1.66×10^{-6}
	II 등급		26.0	2,500	40	10,000	0.22	9.08×10^{-6}
	III 등급		25.0	1,500	36	4,900	0.25	1.94×10^{-5}
	IV 등급		23.0	200	34	2,000	0.27	2.77×10^{-5}
	V 등급		21.0	80	32	1,000	0.29	3.75×10^{-5}

6.7.2 불연속체 설계지반정수

구분	점착력(c, kPa)	마찰각(ϕ , °)
적 용	30.0	30.0

6.7.3 내진 설계지반정수

구분			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동전단계수 Gd(MPa)	동탄성계수 Ed(MPa)	동체적계수 Kd(MPa)	동적 포아송비
매립층			—	195	68	202	3,361	0.490
퇴적층	점성토	N≤6	1,450	102	19	58	3,833	0.500
		N>6	1,520	159	51	151	4,175	0.500
퇴적층	사질토		1,587	222	91	272	4,505	0.490
풍화토	N≤30		1,652	279	151	448	5,090	0.490
	N>30		1,822	444	391	1,147	5,926	0.470
풍화암			2,164	697	1,048	3,021	8,652	0.440
연암과쇄대			2,384	818	1,569	4,485	10,920	0.435
연 암			2,603	939	2,089	5,949	13,188	0.430
보통암			2,871	1,146	3,283	9,168	15,577	0.407
경 암			3,139	1,353	4,476	12,386	17,965	0.384
Ⅰ 등급			—	2,051	26,900	11,600	20,300	0.260
Ⅱ 등급			3,251	1,422	5,028	13,882	19,450	0.380
Ⅲ등급			3,001	1,268	3,801	10,558	16,150	0.390
Ⅳ등급			2,603	939	2,089	5,949	13,188	0.430
Ⅴ등급			2,384	818	1,569	4,485	10,920	0.435