

한국의 지하수위와 강우이동평균간의 상관관계

The Correlation Between the Moving Average of Precipitation and Groundwater Level in Korea

양정석* · 김남기**

Yang, Jeong-Seok · Kim, Nam-Ki

Abstract

Precipitation data and groundwater level data were collected for Korean peninsular and Jeju island. The relationship between precipitation and groundwater level and the correlation between the moving average of precipitation and groundwater level were analyzed. Critical infiltration, which is the spatially averaged maximum daily infiltration depth over interested region, is considered when the precipitation data was modified for moving average process and correlation between the moving average of modified precipitation and groundwater level. High correlation regions, which have greater than 0.6 correlation coefficients, were selected after the analysis with critical infiltration. Twenty-six regions were selected for high correlation regions. If we divide the regions by administrative district, there are nine regions for Gyeongsang-Do, five regions for Chungcheong-Do, four regions for Gyeonggi-Do and Gangwon-Do, three regions for Jolla-Do, and one region for Jeju island. The groundwater level data for high correlation regions shows obvious response after precipitation event and there are few cases with abrupt change in groundwater level without precipitation-related event.

Keywords : *moving average of precipitation, groundwater level, critical infiltration, correlation*

요 지

한반도와 제주를 포함한 전국의 강우 자료와 국가지하수위 관측소에 관측된 지하수위 관측 자료를 수집하였다. 강우와 지하수위의 관계를 분석한 후 강우자료를 이용하여 이동평균을 취한 후 지하수위와의 상관관계를 분석하였다. 또한 유역평균 일최대침투량인 한계침투량을 고려한 후, 강우이동평균과 지하수위간의 상관계수를 산정하였다. 한계침투량 고려시 상관계수가 0.6 이상인 곳을 최종적으로 선정하였고, 선정된 지역의 공통점과 지역 특성에 따른 차이점 등을 비교 분석하였다. 총 26개 지역이 선정되었고 행정구역별로 경기도가 4개소, 강원도가 4개소, 충청도가 5개소, 전라도가 3개소, 경상도가 9개소, 제주도가 1개소이다. 상관계수가 높을수록 강우사상 발생에 따른 지하수위 변동은 뚜렷하게 나타났으며, 강우와 상관없는 요인에 의한 지하수위의 변동이 거의 없는 것으로 나타났다. 본 연구를 토대로 강우 예측 시나리오를 활용한다면 상관계수가 높은 지역에서 지하수위 또한 예측이 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 강우이동평균, 지하수위, 한계침투량, 상관관계

1. 서 론

현재 전 세계적으로 진행되고 있는 기후변화로 인해 강수량의 등 수문성분의 변화가 발생하고 있다. 이는 미래의 강우패턴이나 수자원의 분포가 변하는 것뿐만 아니라, 가뭄과 홍수 등의 빈도와 규모가 증가하여 그 피해가 더욱 커질 것으로 판단된다. 우리나라는 유라시아대륙에 위치한 지리여건상 매년 여름철에는 집중호우와 태풍 그리고 홍수 등이 빈번히 발생하고 있으며 최근 이로 인한 피해가 증가하고 있는 추세이다. 또한 갈수기의 과도한 하천수위 및 지하수위 하강은 최근에 그 상황이 더욱 심각해지고 있다.

이는 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 발생하고 있으며 이는 지구온난화에 따른 기후변화가 그 원인이라고 사료된다.

물 부족에 대한 인식이 확산되고 지하수 등의 대체수자원의 체계적인 보전 및 이용에 대한 중요성이 대두되고 있는 상황에서, 지하수위의 급격하고 심각한 하강을 막기 위한 연구는 꾸준히 지속되고 있다. 특히 강우량에 따른 지하수위의 변동 특성을 파악하기 위해 지하수위와 강우량의 상관관계를 분석해야할 필요성이 커지고 있는 실정이다. 이에 가뭄지표를 산정하기 위한 과정에 사용된 관측 자료의 이동평균 개념(Wilhite, 1985; Gutmann, 1999)은 본 연구에서 선행강

*정회원 · 교신저자 · 국민대학교 건설시스템공학부 부교수 · 공학박사 (E-mail : jyang@kookmin.ac.kr)

**국민대학교 건설시스템공학부 석사과정 · 학사 (E-mail : mainhouse@naver.com)

우에 의한 지하수위의 변동 특성을 파악하기 위해서 쓰이며 집중호우 시의 강우량과 지하수위간의 상관관계를 좀 더 정확히 판단하기 위하여 유역평균 일최대 침투량인 한계침투량 개념을 도입하였다. 국내의 경우 쌓인 지하담 최적운영을 위한 연구에서 강우이동평균과 지하수위간의 상관관계를 구하는 기법이 이용되었으며(양정석 등, 2005), 강우이동평균과 한계침투량을 고려하여 지하수위간의 상관관계를 분석한 연구가 있었다(양정석 등, 2005, 2006a, 2006b).

이러한 연구는 유역별 혹은 행정구역별로 상관관계를 분석하였으나 본 연구에서는 전국을 대상으로 하여 상관관계를 분석하였고 제주도를 포함시켰다. 또한 시간이 지남에 따라 연구 지점 선정에 있어서 관측 자료의 길이와 결측일 등으로 연구 지점에서 배제되었던 관측소가 관측자료가 늘어남에 따라 일부 추가되었고 선정되었던 관측소라도 자료가 추가됨에 따라 한계침투량과 일이동평균이 고려된 상관관계수가 업데이트 되었다. 기존 연구에 비해 최근 자료인 2008년도 자료를 추가하였고 이는 타 논문과는 달리 비교적 장기간의 관측 자료를 이용하였기에 더욱 신뢰할만한 결과를 얻었을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 국가지하수 정보센터(GIMS)와 제주특별자치도 상하수도 본부, 국가수자원 종합정보시스템(WAMIS) 그리고 기상청에서 관측된 지하수위와 강우의 관측 자료를 이용하여 강우이동평균과 지하수위의 상관관계를 분석하였다. 전국적으로 165개 지점이 분석되었고 본 연구에서는 상관관계수가 높은 지역을 선별하고 2008년 자료를 추가하여 집중적으로 분석하였다.

2. 연구 지역 및 방법

2.1 연구 지역 선정 및 자료 수집

기존에 진행되었던 관련된 연구에서 제외되었던 연구 지점 중 지하수위 관측소와 강우 관측소의 거리가 10 km 이내인 곳을 1차 선정한 후, 해당 관측소의 일별 관측 자료를 수집하였다. 자료 수집 중 자료 길이가 3년 이하인 곳은 제외하였고, 장기간의 결측이 발생했을 경우 이듬해부터 자료를 수집하였다. 지하수위와 강우 관측소 중 자료의 길이가 짧은 것을 기준하여 자료를 수집하였고 결측일은 보간법을 이용하여 보정하였다. Fig. 1은 본 연구 분석 결과 한계침투량을 고려할 때 상관관계수가 0.6 이상인 곳 26개 지점을 나타낸 것으로 지도 안 사각형은 상관관계수가 0.8 이상인 지점, 원형은 0.7 이상, 삼각형은 0.6 이상인 지점으로 분류하여 표시하였다. 행정구역별로 경기도가 4개소, 강원도가 4개소, 충청도가 5개소, 전라도가 3개소, 경상도가 9개소, 제주도가 1개소이다. 또한, 연구 지점의 지층구성을 파악하였고 Table 1에 정리하였다.

지하수위 관측 자료는 국가지하수정보센터(<http://www.gims.go.kr>)의 관측 자료를 활용하였다. 관측정별로 암반층과 층적층 자료를 각각 수집하였으며, 자료 수집 조건인 3년 이상의 관측기간, 결측일 10일 이하의 조건에 부합되지 않을 경우 수집을 하지 않았다. 제주도의 경우 제주특별자치도 상하수도본부(<http://www.jejuwater.go.kr>)의 관측 자료를 활용하였다. 제주도의 경우 관측정이 분류되어 있지 않다. 또한 연구

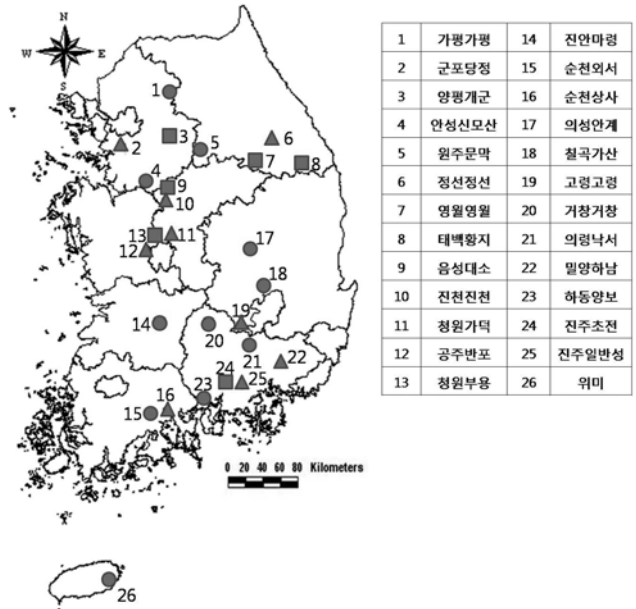


Fig. 1 High correlation (>0.6) regions

지점의 지질구조에 대한 정보를 보여주는 정호구조도를 정리해서 부록에 실었다.

강우 관측 자료는 국가 수자원 종합정보 시스템(<http://www.wamis.go.kr>)에 업로드 되어 있는 강우 자료 중 기왕 자료를 이용하여 2005년도까지 수집하였고, 그 이후의 경우 한국수문조사연보 중 우량 편을 이용하여 자료를 수집하였다.

2.2 상관관계 분석

먼저 일강우자료로 10일 간격의 이동평균값(Moving Average, MA)을 계산한다. 이동평균은 지하수위 관측자료를 기준으로 과거 열흘간의 강우자료로 이동평균값을 구한다. 그리고 10일 간격으로 20일간의 이동평균, 30일간의 이동평균 등을 계속 구한다. 최대 이동평균 일수는 360일로 하였다. 각각의 이동평균값과 지하수위간의 상관관계를 분석한 후 가장 높은 상관관계를 가지는 이동평균일수를 해당연구지역의 강우이동평균일수라고 정하고 상관관계수를 도출하였다. 강우이동평균은 10일 간격으로 설정한 기준 시점을 포함한 N일의 선행강우량을 합산한 후, N으로 나눈 것이다. 이는 설정한 기간 내의 관측 값에 같은 가중치를 두는 것으로 과거의 강우사상에 대해 동일하게 반영하고 있다.

강우사상이 발생할 경우 하루 동안 지하수에 유입되어 지하수위 상승에 영향을 미칠 수 있는 유역평균 일최대침투량을 한계침투량이라고 정의한다. 먼저 10 mm를 한계침투량으로 가정한 후 강우자료 중 10 mm 이상의 강우량은 10 mm로 수정한 후 이동평균을 하고, 지하수위간의 상관관계수를 구한다. 가정된 한계침투량의 값을 10 mm 간격으로 20 mm, 30 mm 등으로 계속 수정하면서 지하수위와의 상관관계수를 구한 뒤 상관관계수가 가장 큰 값일 때의 한계침투량을 해당 연구 지점의 한계침투량으로 정한다. 위의 과정은 많은 반복계산과 선별과정이 필요하게 되고 본 연구에서는 java program을 사용하여 결과를 구하였다.

Table 1. The correlation between the moving average of precipitation and groundwater level

Ground Water Level	Administrative District	Ground Water Level	Precipitation	Geological Stratum	Moving Average (day)	Critical Infiltration (mm / day)	
1	Gyeonggi-do	Gapyeong-Gapyeong	Gapyeong	Rock	20 0.6184	60 / 20 0.6559	
				Alluvium	20 0.6551	60 / 20 0.7167	
2		Gunpo-Dangjeong	Banwol2	Rock	110 0.6671	70 / 110 0.6938	
				Alluvium	-	-	
3		Yangpyeong-Gagun	Yangpyeong	Rock	100 0.7723	40 / 100 0.8282	
				Alluvium	100 0.8081	40 / 100 0.8560	
4		Ansung-Simmo MT.	Yangseong	Rock	190 0.5741	10 / 210 0.7225	
				Alluvium	-	-	
5		Gangwon-do	Wonju-Munmak	Munmak	Rock	40 0.7128	40 / 40 0.7270
					Alluvium		
6			Jeongseon-Jeongseon	Jeongseon	Rock	60 0.5612	10 / 60 0.6275
					Alluvium	-	-
7			Yeongwol-Yeongwol	Yeongwol	Rock	110 0.8297	60 / 110 0.8225
					Alluvium	-	-
8			Taebaek-Hwangjj	Taebaek	Rock	80 0.7144	10 / 80 0.8085
					Alluvium	-	-
9	Chungcheong-do		Eumseong-Daeso	Oryu	Rock	260 0.8032	40 / 260 0.8211
					Alluvium	270 0.8029	40 / 270 0.8478
10			Jincheon-Jincheon	Jincheon	Rock	50 0.6290	40 / 40 0.6902
					Alluvium	-	-
11			Cheongwon-gadeok	Munul	Rock	220 0.6301	120 / 220 0.6313
					Alluvium	220 0.6286	120 / 220 0.6299
12			Cheongwon-Buyong	Bugang	Rock	90 0.8142	130 / 90 0.8187
					Alluvium	-	-
13		Gongju-Banpo	Banpo	Rock	50 0.6672	110 / 50 0.6684	
				Alluvium	-	-	
14		Jeolla-do	Jinan-Maryeong	Seongsu	Rock	30 0.6141	20 / 30 0.7265
					Alluvium	-	-
15			Suncheon-Oeseo	Usan	Rock	80 0.7802	80 / 80 0.7988
					Alluvium	80 0.7697	70 / 80 0.7926
16			Suncheon-Sangsa	Suncheon2	Rock	70 0.6214	70 / 70 0.6310
					Alluvium	-	-

Table 1. The correlation between the moving average of precipitation and groundwater level

Ground Water Level	Administrative District	Ground Water Level	Precipitation	Geological Stratum	Moving Average (day)	Critical Infiltration (mm / day)
17	Gyeongsang-do	Uiseong-Angye	Oeseong	Rock	90 0.7071	20 / 90 0.7613
				Alluvium	-	-
18		Chilgok-Gasan	Gomae	Rock	10 0.6485	260 / 10 0.6486
				Alluvium	10 0.7622	280 / 10 0.7622
19		Goryeong-Goryeong	Goryeong	Rock	-	-
				Alluvium	20 0.6271	180 / 20 0.6271
20		Geochang-Geochang	Geochang	Rock	40 0.6158	20 / 50 0.7300
				Alluvium	50 0.7046	20 / 50 0.7682
21		Uiryong-Nakseo	Sinban	Rock	100 0.2553	20 / 100 0.2843
				Alluvium	20 0.7049	200 / 20 0.7049
22	Miryang-Hanam	Susan	Rock	100 0.4694	10 / 110 0.6022	
			Alluvium	-	-	
23	Hadong-Yangbo	Sancheong	Rock	60 0.6287	10 / 80 0.7319	
			Alluvium	-	-	
24	Jinju-Chojeon	Jinju	Rock	120 0.8069	160 / 120 0.8074	
			Alluvium	110 0.8047	150 / 110 0.8060	
25	Jinju-Ilbanseong	Jinyang	Rock	40 0.5241	10 / 40 0.6222	
			Alluvium	-	-	
26	Jeju	Wimi	Seogwipo	-	90 0.7052	270 / 90 0.7052

3. 연구 결과

전국적으로 지하수위와 강우이동평균과의 상관관계를 분석한 결과 상관계수가 0.6 이상인 지역은 26개 연구지점으로 정리되었다. 아래에 위치한 Table 1에서 연구지점별 상관계수를 정리하였다. 결과는 행정구역별로 정리되어 있으며, 지하수위와 강우 관측소명이 3열과 4열에 표시되어 있다. Moving Average는 강우이동평균을 나타내고, 첫 번째 행에 위치한 숫자는 이동평균일수를, 두 번째 행에 위치한 숫자는 상관계수 값을 나타낸다. 이어 마지막 열에 위치한 Critical Infiltration은 한계침투량을 나타내고, 첫 번째 행에 위치한 숫자는 차례로 한계침투량(mm)과 이동평균일수(day)를 나타낸다. 두 번째 행에 위치한 숫자는 상관계수를 나타낸다. 관측정별 Fig. 2~Fig. 13까지 지하수위와 강우 관측 자료를 차트로 도시하였다. 지역별 강수량의 차이가 크지 않음에도 불구하고 지하수위 변동특성이 연구 지점마다 다른 것은 지역마다의 지하매질의 비균질성으로 인한 투수계수의 수직성분의 차이점으로 인한 것으로 판단된다.

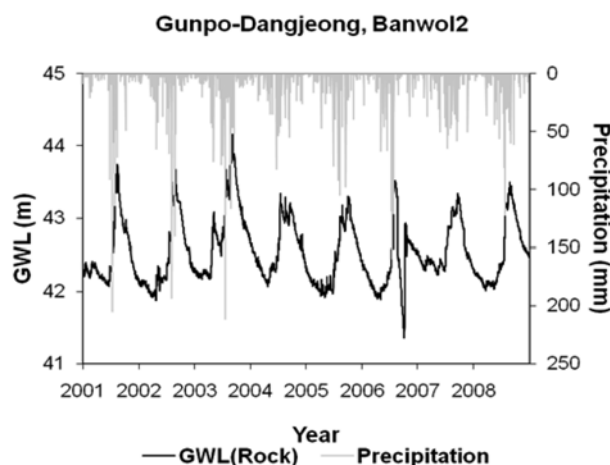


Fig. 2 Precipitation and groundwater level plot for Gunpo-Dangjeong, Banwol2 gauge station

3.1 경기 및 강원도

군포당정-반월2 지점은 2006년 9~10월에 발생한 다른 연도에서 발생하지 않았던 지하수위의 하강으로 인하여 상관

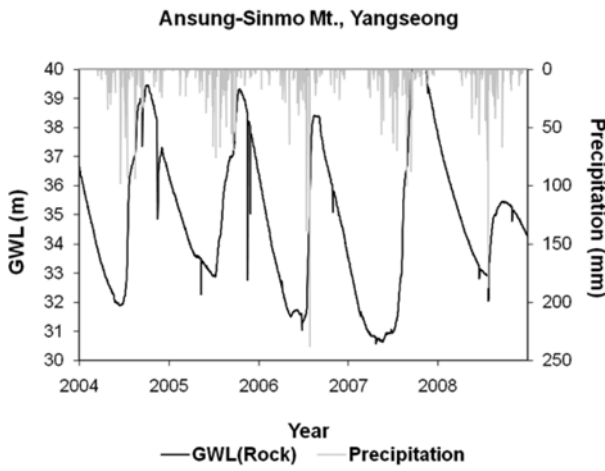


Fig. 3 Precipitation and groundwater level plot for Ansung-Sinmo Mt., Yangseong gauge station

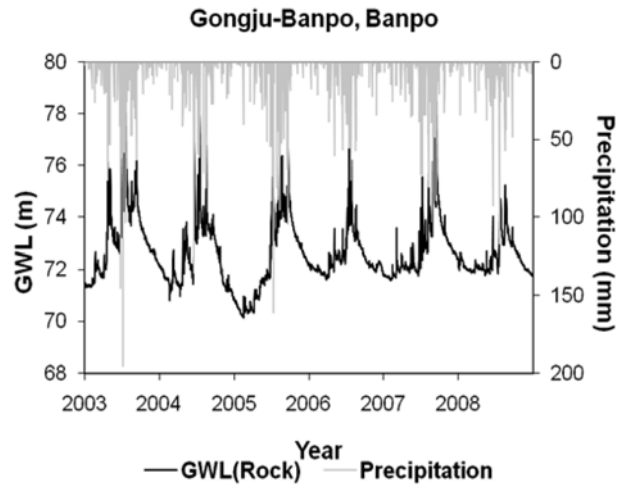


Fig. 6 Precipitation and groundwater level plot for Gongju-Banpo, Banpo gauge station

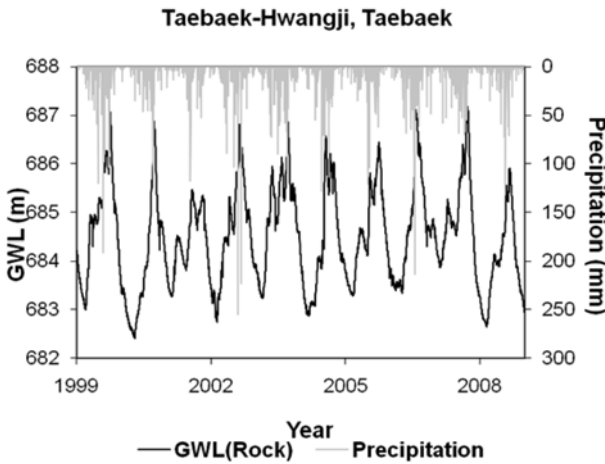


Fig. 4 Precipitation and groundwater level plot for Taebaek-Hwangji, Taebaek gauge station

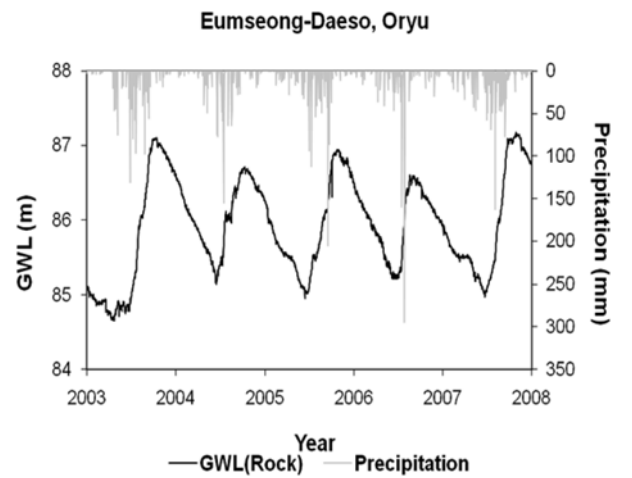


Fig. 7 Precipitation and groundwater level plot for Eumseong-Daeso, Oryu gauge station

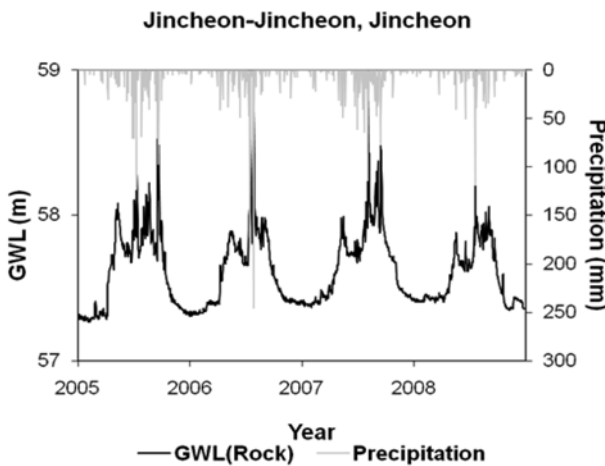


Fig. 5 Precipitation and groundwater level plot for Jincheon-Jincheon, Jincheon gauge station

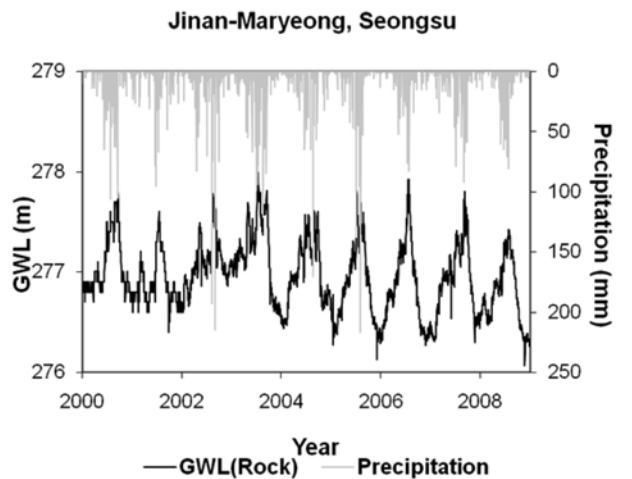


Fig. 8 Precipitation and groundwater level plot for Jinan-Maryeong, Seongsu gauge station

계수가 0.6938로 분석되었다. 관측 기간 중 최고 지하수위는 2003년도의 44.16 m이고, 최저 지하수위는 2006년도의 41.36 m 이다. 2008년도의 경우 지하수위의 상승폭이 예년에 비해 낮지만 이는 강우량의 감소에 따른 자연스러운 변동 폭으로 분석된다.

안성신모산-양성 지점은 보통의 다른 연구 지점과는 다르게 지하수위가 강우에 따른 영향으로 급격히 증가한 후, 자

연스럽게 하강하는 특성이 보인다. 하지만, 5년간의 관측 기간 중 급격하게 지하수위가 하강하는 현상이 총 8회 나타났다. 그 회복속도 또한 매우 빨랐다. 특히 2005년에는 하루사이에 5 m 이상의 수위가 하강 및 상승하는 현상이 나타났고, 이는 인위적인 요소로 인한 것으로 판단된다. 2007년에 42.15 m로 관측 기간 중 최고 지하수위가 관측된 반면, 다음해인 2008년에는 9월 달에 관측된 35.46 m를

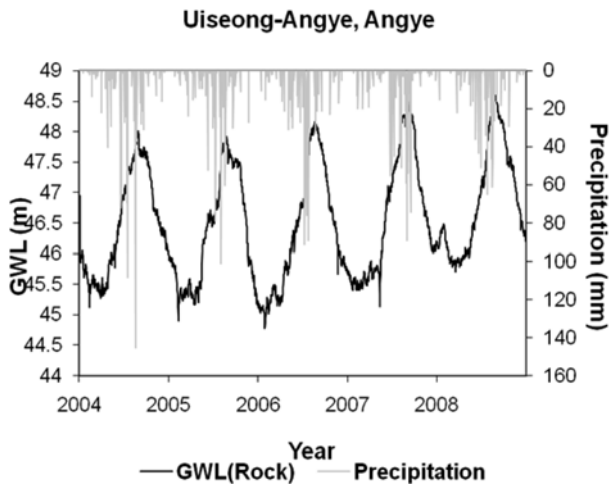


Fig. 9 Precipitation and groundwater level plot for Uiseong-Angye, Angye gauge station

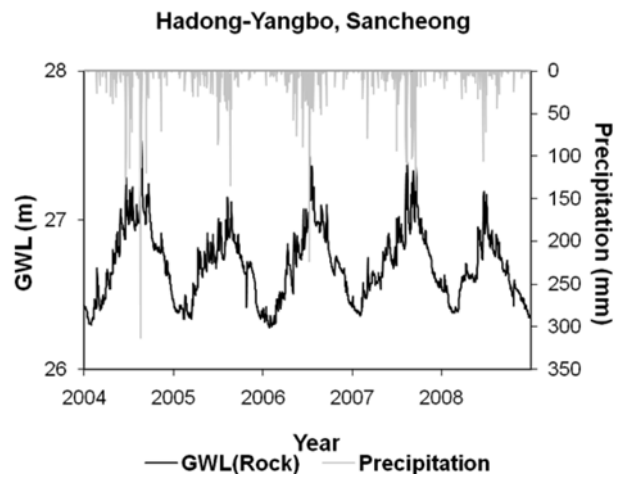


Fig. 12 Precipitation and groundwater level plot for Jinju-Ilbanseong, Jinyang gauge station

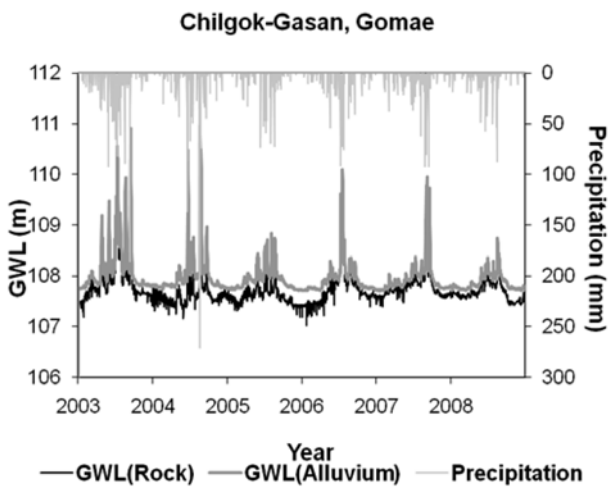


Fig. 10 Precipitation and groundwater level plot for Chilgok-Gasan, Gomae gauge station

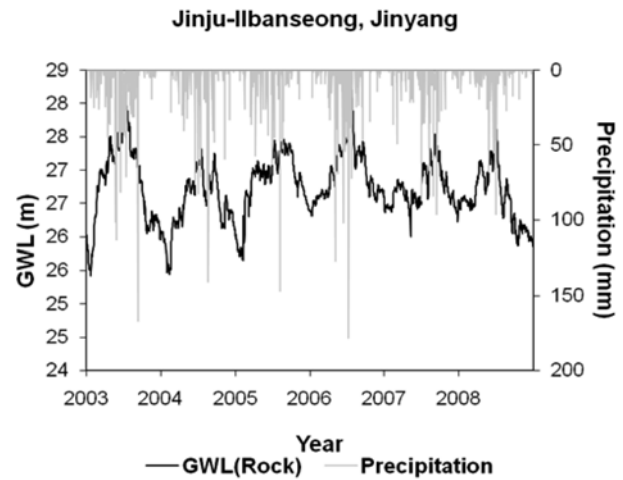


Fig. 13 Precipitation and groundwater level plot for Wimi, Seogwipo gauge station

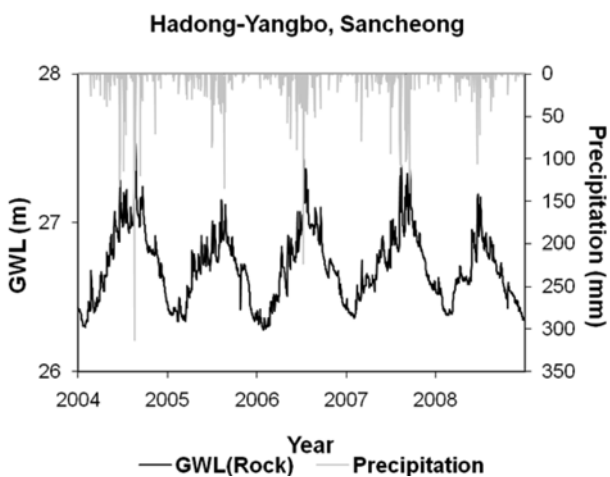


Fig. 11 Precipitation and groundwater level plot for Hadong-Yangbo gauge station

고점으로 하강하는 모습이 나타났습니다.

태백황지-태백 지점은 회귀분석결과 지하수위가 상승하고 있으며 성수기와 갈수기간의 수위 변화 폭도 좁아지고 있다. 또한 강우사상과의 높은 상관계수에 따라 앞으로 수자원으로써의 효율적 활용에 용이하다 판단된다.

3.2 총청 및 전라도

음성대소-오류 지점은 이동평균일수가 상당히 길게 나왔지만, 상관계수 또한 상당히 높게 분석된 지역이다. 2006년도에 발생한 300 mm의 집중호우시의 지하수위 상승폭을 제외하고는 강우량에 따른 수위증가도 일정하고, 감소 또한 안정적인 감소를 한다. Fig. 3의 안성신모산 지역과 비슷한 지하수위 변동특성을 보이고 있으나 부분적인 급격한 수위 감소현상이 없고 이에 따라 상관계수 비교적 높게 나타난 것은 안성신모산에 비해 경암층의 파쇄대 발달 상태가 양호하기 때문인 것으로 판단된다(부록 참조).

진천진천-진천 지점은 한계침투량 고려 시 이동평균일수가 40일이고 한계침투량이 40 mm로 나왔고, 지하수위의 변동은 4월까지 상승 후 하강하다가 6월 즈음에 재차 상승한다. 3개월간 풍수기를 유지하고 9월에 수위 하강이 시작된다. 이동평균만 고려할 때보다 한계침투량까지 고려한다면 상관계수가 0.06 정도 상승한다. 관측기간 중 최고수위와 최저수위간의 차이는 1.59 m로 다른 관측소에 비해 작은 편이다.

청원가덕-문의 지점은 지하수위의 하강과 상승이 뚜렷한 지역으로, 5~11월은 상승, 12월~4월은 하강곡선을 그린다. 회귀분석 결과 지하수위가 하강하는 것으로 나타났고, 특히

2007년 4월은 4년간 최저수위를 기록하였지만, 동년 11월에 최고점을 보면 전년도 보다 높기 때문에, 앞으로의 수위변화를 지켜봐야 할 것이다. 또한 청원지역은 한계침투량이 연구 지점 중 가장 높게 나타났고, 이는 점토와 모래가 섞인 6.8 m의 지층구조 때문인 것으로 보인다.

공주반포-반포 지점은 다른 연구지역과 마찬가지로 2008년의 연 최고 지하수위는 예년에 비해 낮게 형성되고 있으며 한계침투량이 110 mm로 높은 편이다. 자료의 길이는 2003년부터 2008년까지로 6개년 도를 분석하였고 200년에 78.65로 최고수위를 기록하였다. 심도 11.8~14.8 m에 위치한 풍화암층의 파쇄상태가 심하여 지하수위의 변동이 잦은 편이다.

청원부용-부강 지점은 관측기간 동안 지하수위가 상승하고 있으며 강우사상과 지하수위간의 연계성이 매우 높게 나타나며 그에 따라 높은 상관계수 값이 도출되었다. 지하수위와 강우사상의 연계성이 높고 지속적인 지하수위의 상승과 안정된 수위변화에 따라 지하수위의 효율적인 이용이 용이하다 판단된다.

진안마령-성수 지점은 관측이 시작된 2000년부터 2007년까지의 지하수위는 꾸준히 하강을 하고 있으며, 갈수기의 기간 또한 늘어나는 경향을 보인다. 꾸준한 관측과 관리가 필요한 지역으로 판단된다. 한계침투량을 고려했을 때의 강우이동평균과 지하수위간의 상관관계가 고려하지 않았을 때 비해 매우 높게 나타났다. 이는 한계침투량인 20 mm 이상의 강우사상이 발생할 경우 지하수위에 유입되지 못하고 직접유출 되는 것을 의미한다.

3.3 경상도

의성안계-의성 지점은 어느 정도의 양수 등 인공적인 지하수 추출이 있는 것으로 추측되지만, 전체적인 지하수위는 자연적인 상승과 하강을 반복하고 있다. 또한, 상관계수도 상당히 높게 나왔고, 지하수위도 매년 증가하는 경향을 보이고 있다.

칠곡가산-고매 지점은 지속적인 꾸준한 양수를 하는 지역이다. 강우에 따른 지하수위 상승은 유기적으로 반응하지만, 홍수위를 유지하지 못하고 급격하게 감소하는 것이 특징이다. 강우이동평균일수는 10일로써 가장 짧고, 한계침투량은 280 mm로 높게 나타난 것으로 볼 때 이 지역은 강우사상이 발생할 경우 대부분의 강우가 지하수위로 즉시 유입된다는 것을 알 수 있다.

하동양보-산청 지점의 특이점은 지하수위의 갈수기와 성수기의 수위 차는 작으나 강우사상과의 상관계수가 매우 높고 특히 이동평균일수를 고려하였을 때 큰 상관계수를 얻을 수 있었다. 이는 지하수위의 잦은 양수로 판단되는 지하수위의 잦은 상승 하강에 비해 관측 기간 동안 지하수위는 꾸준히 상승하고 있어 앞으로 지하수 활용에 용이하다 판단된다.

진주일반성-진양 지점은 관측이 시작된 2003년도에 비해 2008년도는 갈수기와 풍수기간의 수위 차이가 크지 않다. 이는 최고 수위의 하강 현상뿐만 아니라 최저 수위의 상승 현상 또한 일어나고 있기 때문이다. 연구기간 중 2006년 7월 10일에 강우량이 178 mm를 기록하였고, 18일 후인 28일에 28.2 m의 수위를 기록하였다.

3.4 제주도

위미-서귀포 지점은 관측이 시작된 2006년부터 3개년도의 일 관측 자료 도시 결과 2008년도 최고 지하수위가 예년에 비해 높지 않은 것을 알 수 있다. 제주도의 지질 특성상 한계침투량이 270 mm로 다른 지역에 비해 높게 나타나고 있으며 강우강도가 높은 강우사상이 발생할 때도 지하수위 상승에 충분한 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론 및 논의

전국의 강우와 지하수위의 일 관측 자료를 이용하여 이동평균과 한계침투량의 개념을 도입하였고 지하수위와 강우이동평균의 상관관계를 분석해보았다. 지하수위의 변동과 이동평균 강우량과의 상관관계 분석에 있어서 양수량 등 강우를 제외하고 지하수위에 영향을 줄 수 있는 인위적인 인자에 관하여 일정하다고 가정하였다. 그 결과 강우이동평균과 지하수위와의 상관관계가 가장 높은 곳은 청원부용-부강 지점으로 90일의 이동평균일수를 가지고, 상관계수는 0.8142를 가진다. 그런데 한계침투량을 고려한 후 강우이동평균과 지하수위간의 상관관계 분석 시 가장 높은 상관관계를 가지는 곳은 양평개군-양평 지점으로 한계침투량은 40 mm이고 이동평균일수는 100일이며 상관계수는 0.8560을 가진다. 행정구역별로 봤을 때, 경기도가 4개소, 강원도가 4개소, 충청북도가 3개소, 충청남도가 2개소, 전라북도 1개소, 전라남도는 2개소, 경상북도 3개소, 경상남도 6개소, 제주도 1개소가 한계침투량 고려 시 상관계수를 0.6 이상의 값을 가지는 것을 알 수 있다. 관측기간이 비교적 오래 되고, 관측 지점이 많은 한강과 낙동강 유역에 위치한 강원도, 경기도, 경상도 지역이 타 지역에 비해 많은 지점을 가지는 것을 알 수 있다. 지하수위 관측 시작년도는 1999년도부터 2006년까지 다양했으며, 그 중 2003, 2004년도가 가장 많았다. 관측정별로는 암반층이 충적층에 비해 상관계수가 높은 지역이 1개소, 충적층이 암반층에 비해 상관계수가 높은 지역이 7개소로 나타났다. 암반층만 분석한 곳은 14개소이고, 제주도에 위치한 위미-서귀포 연구 지점의 경우 지질구조상 관측정의 분류가 없었다. 상관계수가 높을수록 강우량에 따른 지하수위 상승 폭이 비교적 일정하였고, 갈수기시의 지하수위는 양수와 같은 인공적인 요인에 의한 급격한 변화가 거의 없이 안정되어 있었다.

현재까지 제시되었던 타 연구에 비해 자료의 길이도 길어졌으며, 전국적인 지하수위와 강우이동평균간의 상관관계를 분석하였지만 아직 관측 자료에 결측일이 많고 관측 기간이 강우 자료에 비하여 현저히 짧은 현실이다. 그러나 향후 매년 추가되는 자료를 이용하여 관측기간과 관측지점을 늘려 분석한다면 더욱 좋은 연구 결과를 얻을 수 있을 것이다. 이와 더불어 연구 지점 선정에 있어 적정수의 연구지점을 확보하기 위하여 강우 및 지하수위 관측소간의 거리를 최대 10 km로 설정하였는데 이는 각 지형마다 다양한 분포를 가지는 비균질한 지하매질에 따라 한계침투량이 틀려질 수 있고 이는 수문학적 동질성이 거리가 멀어질수록 낮아지기 때문이다. 이에 관측지점의 증가 또한 관측기간과 더불어 연구에 있어 중요한 요소라고 할 수 있겠다.

결론적으로 상관계수가 높게 분석되었다는 것은 강우량에 따른 지하수위 변동특성이 보다 뚜렷하게 나타난다는 것을 의미하고 강우사상이 발생하지 않을 경우 지하수위의 변화 폭이 크지 않다는 것을 의미한다. 상관관계 분석에 있어 한계침투량을 고려한 강우이동평균과 지하수위간의 회귀식을 얻을 수 있고 상관계수가 큰 지역에 한해서 이러한 회귀식을 이용하여 강우 예측 시나리오에 의해 생성된 강우자료를 활용한다면, 신뢰성 높은 지하수위의 예측이 가능할 것으로 판단된다.

향후 연구 과제로는 지질특성 등 강우와 더불어 지하수위에 영향을 미치는 요인들에 대한 고려를 하면서 지역별로 물리적 요인들을 고려한 연구를 시행한다면 더욱 신빙성이 있는 연구 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한 최근 기후변화의 영향에 따른 올바른 대체수자원 선정 및 활용을 위하여 지하수위 관측과 더불어 지하수위 변동 예측에 관한 연구가 향후 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2008년 교육인적자원부 학술연구조성사업비로 학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-331-D00614).

참고문헌

- 국가 수자원관리정보 시스템(<http://www.wamis.go.kr>)
 국가 지하수 정보센터(<http://www.gims.go.kr>)
 기상청(<http://www.kma.go.kr>)
 박재현, 최용선, 김대근, 박창근, 양정석(2005) 일 강우자료를 이용한 지하담 운영지표의 개발, **한국수자원학회 발표논문집**, 한국수자원학회, p. 60.
 서울특별시 한강사업본부(<http://hangang.seoul.go.kr>)
 양정석, 김남기(2009) 용설효과와 한계침투량을 고려한 한강유역의 지하수위와 강우이동평균간의 상관관계, **지질공학**, 대한지질공학회, Vol. 19, No. 3, pp. 313-321.
 양정석, 박재현, 최용선, 박창근(2006a) IHP유역의 한계침투량을 고려한 강수량 이동평균과 지하수위의 상관관계, **한국수자원학회 발표논문집**, 한국수자원학회.
 양정석, 임창화, 박재현, 박창근(2006b) 쌍천유역의 지하수위와 용설 효과를 고려한 GOI의 상관관계, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권 제2호, pp. 121-125.
 양정석, 임창화, 박재현, 박창근, 정교철(2005) 한계침투량을 고려한 쌍천유역의 강수량과 지하수위의 관계, **지질공학**, 대한지질공학회, 제15권 제3호, pp. 303-307.
 제주특별자치도 상하수도본부(<http://www.jeuwater.go.kr>)
 한강홍수통제소(<http://www.hrfco.go.kr>)
 Guttman, Nathaniel B. (1999) Accepting the standardized precipitation index : a calculation algorithm., *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 35, No. 2, pp. 311-322.
 Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. (1985) Understanding the drought phenomenon : the role of definition., *Water international*, Vol. 10, pp. 111-120.

(접수일: 2010.12.23/심사일: 2011.1.28/심사완료일: 2011.3.7)

부록. 연구 지점의 정호구조도

Ground Water Level	Administrative District	Ground Water Level	Geological Stratum	Depth	Geological Features
1	Gyeonggi-do	Gapyeong-Gapyeong	Rock	0 m~7 m	모래자갈층
				7 m~8.1 m	풍화암층
				8.1 m~38.5 m	연암층
				38.5 m~130 m	경암층
			Alluvium	0 m~7 m	모래자갈층
				7 m~7.5 m	풍화암층
2	Gunpo-Dangeong	Rock	0 m~6 m	점토	
			6 m~11 m	풍화암	
			11 m~40 m	연암	
			40 m~70 m	경암	
3	Yangpyeong-Gagun	Rock	0 m~3 m	점토	
			3 m~5 m	모래	
			5 m~9 m	모래질 자갈	
			9 m~11 m	풍화암	
			11 m~52 m	연암	
			52 m~70 m	경암	
		Alluvium	0 m~3 m	점토	
			3 m~5 m	모래	
4	Ansung-Simmo MT.	Rock	0 m~0.5 m	점토	
			0.5 m~5 m	풍화암	
			5 m~46 m	연암	
			46 m~70 m	경암	
5	Wonju-Munmak	Rock	0 m~1.5 m	모래	
			1.5 m~12 m	전석	
			12 m~17.3 m	연암	
			17.3 m~63 m	경암	
6	Jeongseon-Jeongseon	Rock	0 m~15 m	점토	
			15 m~27 m	자갈	
			27 m~30 m	전석	
			30 m~38 m	풍화암	
			38 m~48.5 m	연암	
			48.5 m~70 m	경암	
7	Yeongwol-Yeongwol	Rock	0 m~3 m	점토	
			3 m~9 m	모래	
			9 m~13.5 m	풍화암	
			13.5 m~46.7 m	연암	
			46.7 m~70 m	경암	
8	Taebaek-Hwangjj	Rock	10 m~1.2 m	실트	
			1.2 m~5 m	풍화대	
			5 m~70 m	연암	
			70 m~80 m	경암	

9	Chungcheong-do	Eumseong-Daeso	Rock	0 m~1 m	점토		
				1 m~20 m	모래		
				20 m~35.9 m	풍화암		
				35.9 m~54.5 m	연암		
				54.5 m~68 m	경암		
			Alluvium	0 m~1 m	점토		
				1 m~20 m	모래		
10		Chungcheong-do	Jincheon-Jincheon	Rock	20 m~21.2 m	풍화암	
					0 m~1 m	실트	
					1 m~3 m	모래	
					3 m~7 m	자갈	
					7m ~10 m	전석	
					10 m~10.5 m	풍화암	
					10.5 m~45 m	연암	
11	Chungcheong-do		Cheongwon-gadeok	Rock	45 m~71 m	경암	
					0 m~5.2 m	모래질 점토층	
					5.2 m~6.8 m	점토질 모래층	
					6.8 m~18 m	풍화암층	
					18 m~44.1 m	연암층	
				44.1 m~65 m	경암층		
				Alluvium	0 m~5.2 m	모래질 점토층	
5.2 m~6.8 m		점토질 모래층					
6.8 m~18 m		풍화암층					
18 m~25 m		연암층					
12		Chungcheong-do	Cheongwon-Buyong	Rock	0 m~2 m	점토층	
					2 m~6 m	모래층	
					6 m~11.6 m	자갈층	
					11.6 m~13.1 m	전석층	
	13.1 m~13.8 m				풍화암		
	13.8 m~46 m				연암층		
	46 m~70 m				경암층		
13	Chungcheong-do		Gongju-Banpo	Rock	0 m~1.5 m	자갈층	
					1.5 m~11.8 m	전석층	
					11.8 m~14.8 c	풍화암	
					14.8 m~48.8 m	연암	
					48.8 m~68 m	경암	
14			Jeolla-do	Jinan-Maryeong	Rock	0 m~5 m	점토층
						5 m~5.5 m	자갈층
		5.5 m~12 m				풍화암	
		12 m~37 m				연암	
		37 m~71 m				경암	
15		Jeolla-do		Suncheon-Oeseo	Rock	0 m~3 m	실트질 모래층
						3 m~7 m	모래자갈층
						7 m~12 m	풍화암층
						12 m~32 m	연암층
	32 m~60 m					경암층	
	Alluvium				0 m~4 m	실트질 모래층	
					0.4 m~9 m	모래자갈층	
						9 m~10 m	풍화암층

16	Jeolla-do	Suncheon-Sangsa	Rock	0 m ~ 3 m	점토		
				3 m~4 m	모래		
				4 m~6 m	자갈		
				6 m~8 m	전석		
				8 m~10.2 m	풍화암		
				10.2 m~53.2 m	연암		
				53.2 m~70 m	경암		
17		Uiseong-Angye	Rock	0 m~1.5 m	점토층		
				1.5 m~3.5 m	모래층		
				3.5 m~6 m	풍화암		
				6 m~43.1 m	연암층		
				43.1 m~70 m	경암층		
18		Chilgok-Gasan	Rock	0 m~4 m	점토층		
				4 m~6.5 m	모래층		
				6.5 m~7.5 m	자갈층		
				7.5 m~12 m	풍화암		
				12 m~50.8 m	연암층		
				50.8 m~70 m	경암층		
					Alluvium	0 m~4 m	점토층
						4 m~6.5 m	모래층
6.5 m~7.5 m	자갈층						
7.5 m~10 m	풍화암						
19		Goryeong-Goryeong	Alluvium	0 m~1 m	점토층		
				1 m~6 m	자갈층		
				6 m~7 m	전석층		
20	Gyeongsang-do	Geochang-Geochang	Rock	0 m~1 m	점토층		
				1 m~7 m	충적층		
				7 m~9 m	모래층		
				9 m~40 m	연암		
				40 m~69 m	경암층		
					Alluvium	0 m~1 m	점토층
						1 m~7 m	자갈층
7 m~9 m	모래층						
21		Uiryong-Nakseo	Rock	0 m~8 m	점토층		
				8 m~28 m	모래층		
				28 m~38 m	자갈 / 전석층		
				38 m~40 m	풍화암		
				40 m~51 m	연암		
				51 m~70 m	경암		
					Alluvium	0 m~8 m	점토층
8 m~20 m	모래층						
22		Miryang-Hanam	Rock	0 m~9 m	점토층		
				9 m~30 m	모래층		
				30 m~45 m	자갈층		
				45 m~50 m	전석층		
				50 m~60 m	연암층		
				60 m~70 m	경암층		

23	Gyeongsang-do	Hadong-Yangbo	Rock	0 m~3 m					점토층
				3 m~10 m					풍화암
				10 m~56.2 m					연암층
				56.2 m~70 m					경암층
24		Jinju-Chojeon	Rock	0 m~1.5 m					실트질 점토층
				1.5 m~6.5 m					실트질 모래층
				6.5 m~9 m					모래자갈층
				9 m~9.5 m					전석층
				9.5 m~21 m					풍화암
				21 m~51 m					연암층
				51 m~70 m					경암
				Alluvium	0 m~3.8 m				
3.8 m~12 m					모래자갈층				
25	Jinju-Ilbanseong	Rock	0 m~1.5 m					점토층	
			1.5 m~5 m					모래층	
			5 m~6.4 m					자갈층	
			6.4 m~9.6 m					풍화암	
			9.6 m~49.1 m					연암층	
			49.1 m~70 m					경암층	
26	Jeju	Wimi	-	-	-	-	-		