

수치해석을 통한 반복평판재하시험의 Scale effect에 관한 연구

A Study on Scale effect of Cyclic Loading Test Using Numerical Analysis

손민*, 정혁상*[†], 윤환희*, 김우선**

Min Son*, Hyuk Sang Jung*[†], Hwan Hee Yoon*, Woo Sun Kim**

초 록 반복평판재하시험은 주로 동하중에 적용되는 대상구조물의 탄성계수를 파악하기 위한 시험으로서 주로 철도노반에 적용되고 있으나, 그 실험방법이 유사한 평판재하시험과 비교하여 재하판의 크기에 대한 Scale effect를 고려하지 않아 결과에 대한 신뢰성이 결여되고 있는 실정이다. 이에 현장적용이 가능한 Scale effect를 제안하기 위해 수치해석적 연구를 수행하였다. 재하판의 직경에 대한 매개변수연구를 통해 재하판의 크기변화에 따른 변형계수의 변화를 지반조건 별로 확인하였으며, 이러한 결과로 762mm 이하의 모든 직경의 재하판 사용 시 적용 가능한 Scale effect를 제안하였다.

주요어 : 반복평판재하시험, Scale effect, 수치해석, 지반조건

1. 서 론

현재 현장에서는 토공의 품질관리 방법으로 도로에서는 평판재하시험, 철도에서는 반복평판재하시험이 실시되고 있다. 두 시험 모두 재료의 강성을 평가하기 위한 탄성계수를 이와 유사한 개념의 지지력 계수로 산출하기 위한 평가방법으로 평판재하시험의 경우 재하판의 크기에 따라 Scale effect를 적용하고 있다[1]. 하지만 반복평판재하시험의 경우 재하판의 Scale effect가 고려되고 있지 않아 그 결과의 신뢰성이 결여되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 반복평판재하시험에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다. 재하판의 직경에 대한 매개변수연구를 통해 반복평판재하시험 재하판의 Scale effect를 제안하였으며, 토질을 분류하여 지반조건에 따른 Scale effect의 변화를 확인하였다.

2. 본 론

2.1 수치해석 조건 및 해석 방법

본 연구에서는 반복평판재하시험의 수치해석적 모사를 위해 3차원 범용 유한요소해석 프로그램인 PLAXIS 3D를 사용하였다. 재하판 직경의 크기를 제외한 모든 조건을 동일하게 하였으며 Fig. 1은 수치해석 모델, Table 1은 해석 case와 적용된 지반 물성을 나타내고 있다. 도로설계 편람(2012)을 참고하여 4가지 종류의 성토노반으로 지반을 분류하고 물성을 적용하였으며, 각각의 지반에 대해 재하판의 크기를 달리하여 해석을 수행하였다.

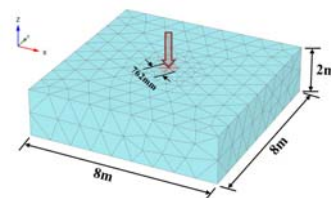


Fig. 1 Numerical model

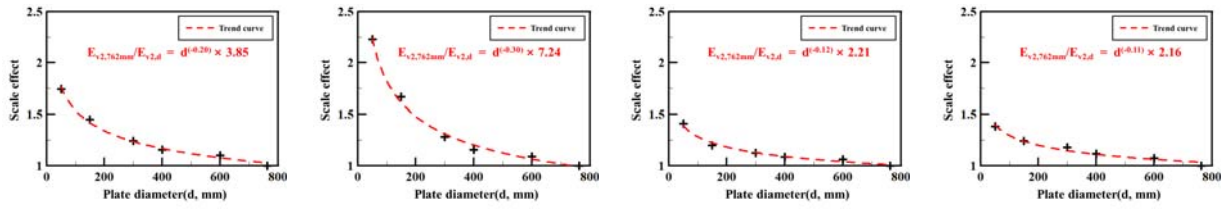
2.2 해석 결과

동일한 지반조건에서 Table 2에서와 같이 재

[†] 교신저자: 동양대학교 철도대학 철도건설안전공학과(yoricom@dyu.ac.kr)

* 동양대학교 철도대학 철도건설안전공학과

** (주)유신 철도부/터널



(a) Gravel and fine gravel

(b) Sand

(c) Sandy soil

(d) Cohesive soil

Fig. 2 Regression analysis of the scale effect results according to the subgrade condition**Table 1** Values of the parameters used in analysis

Subgrade type[2]	Friction angle (°)	Dilation angle[3] (°)	Cohesion (kPa)	Elastic modulus (MPa)	Plate dia. (mm)
Gravel and fine gravel	40	10	1	10~200	50, 150, 300, 400, 600, 762
Sand	35	5	3		
Sandy soil	25	0	15		
Cohesive soil	15	0	25		

Table 2 Strain modulus according to the loading plate diameter(Subgrade type : Sand)

Elastic modulus (MPa)	Strain modulus, E_{v2} (MPa)					
	50mm plate	150mm plate	300mm plate	400mm plate	600mm plate	762mm plate
20	8.8	11.1	13.1	14.1	14.8	16.3
40	19.3	22.5	26.5	28.5	29.8	32.8
60	29.4	35.0	39.4	42.8	44.8	49.4
80	36.9	45.2	53.1	57.0	59.8	66.0
100	46.3	56.6	66.4	71.4	74.8	82.4
120	56.1	68.2	79.7	85.6	89.8	99.0
140	66.7	79.5	92.9	99.9	104.6	115.5
160	76.1	91.2	106.2	114.2	119.7	132.0
180	87.0	102.5	119.6	128.6	134.6	148.4
200	98.7	114.0	132.7	142.7	149.5	165.0

재하판의 크기가 감소함에 따라 측정되는 변형계수의 값이 감소하였으며, 762mm 재하판의 결과를 기준으로 Scale effect를 산출하였다. 또한 지반조건에 따라 재하판의 Scale effect의 값이 달라지는 것을 확인하였으며, Fig. 2는 본 연구에서 수행한 6가지 직경 재하판의 지반조건에 따른 Scale effect 결과를 추세선으로 나타낸 그래프이다. 이러한 결과로 재하판의 직경에 따라 적용 가능한 Scale effect를 추정할 수 있는 추세식을 도출하였다.

3. 결론

본 연구에서는 반복평판재하시험 시 고려해야 할 Scale effect를 제안하기 위한 수치해석적 연구를 수행하였다. 그 결과, 동일한 지반조건에서 재하판의 크기가 감소할수록 변형계수의 값이 감소하여 반복평판재하 시험 시, Scale effect가 고려되어야 할 것으로 판단되었다. 또한 지반의 조건에 따라 Scale effect가 달라짐을 확인하였으며, 이에 지반 조건 별 적용 가능한 Scale effect 산정식을 도출하여 본 연구에서 선정하지 않은 직경의 재하판 사용 시 적용 가능한 Scale effect를 대략적으로 추정하는데 활용 가능할 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업 "선제적 장애예방 및 유지보수 효율화를 위한 궤도 상태평가 시스템 및 유지보수 기술개발 (19RTRP-B113566-04)" 과제의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] D. S. Kim, C. Y. Choi, S. J. Kim, J. Y. Yu, S. C. Yang (2007), Study on The Subgrade Reaction Modulus(K30) and Strain Modulus(Ev), Journal of the Korean Society for Railway, 10(3), pp. 264-270.
- [2] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, (2012), The Road Design Manual; Book III, Earthwork and Drainage, pp. 300-313
- [3] M. D. Bolton (1986), The strength and dilatancy of sands, Geotechnique, Vol. 36, No. 1, pp. 65-78.