

# 다짐공사에 대한 롤리의 효율적 품질관리 방안 연구

이수민\* · 이승수\*\* · 유상훈\*\*\* · 서종원\*\*\*\*

Lee, Soo Min\* · Lee, Seung Soo\*\* · Yu, Sang Hoon\*\*\* · Seo, Jong Won\*\*\*\*

## A Study on Analysis Method for Roller Compaction Work

### ABSTRACT

In this study, GPS (Global Positioning System) is applied to rollers for quality control problems caused by empirical judgment of compaction construction. In addition, database and 3D modeling of location information can eliminate unnecessary compaction or excessive compaction, thereby improving quality and shortening the time. This paper presents a methodology of ICMV (Intelligent Compaction Measurement Values) analysis by designing an intelligent compaction method using an accelerometer. Detailed method of ICMV analysis includes CMV (Compaction Meter Value) analysis which can quickly and conveniently evaluate the compaction of the compacted ground.

**Key words** : GPS, ICMV, Intelligent compaction, CMV

### 초 록

본 연구는 다짐공사의 경험적 판단에 의한 품질관리 문제점에 대하여 GPS (Global Positioning System)를 롤러에 적용하여 위치정보의 DB화 및 3D 모델링을 통해 불필요한 다짐작업 또는 과도한 다짐작업을 제거함으로써 품질향상과 공기단축을 할 수 있다. 또한, 가속도계를 이용한 연속다짐 방법을 설계하여 다짐작업 후 평판재하시험을 통한 품질측정이 아닌 ICMV (Intelligent Compaction Measurement Values) 분석을 이용하여 실시간 품질측정을 수행할 수 있는 연속다짐 방법론을 제시 한다. ICMV 분석의 세부 방법에는 CMV (Compaction Meter Value) 분석이 있으며 CMV는 다져진 지반의 다짐도를 빠르고 편리하게 평가할 수 있다.

**검색어** : GPS, ICMV, 연속다짐, CMV

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

토목 공사 중 특히 지반 기초 공사의 경우는 기존의 지반을 단단하고 평탄하게 하는 작업으로 일정한 크기 이상의 강도를 가지고 과도한 침하가 일어나지 않도록 하기 위한 정확한 다짐을 하는 공정이 필요하다. 이러한 다짐공정은 지반 기초 공사의 핵심이며 다짐작업이 불량한 경우 흙의 강도 약화, 투수성 증가, 침하 발생현상 등의 진행과정을 거쳐 지반의 붕괴와 같은 대형 사고로 이어질 수 있다(Yu, 2015). 그럼에도 불구하고 우리나라 토목공사 현장의 다짐공사에 대한 관리는 평판재하시험과 같은 현장시험을 실시함으로써 인해 현장의존도가 크며, 다짐 작업자 자신의 경험적인 판단에 의해 작업이 진행되고 있다. 이로 인해 지반 기초공사의 다짐시험 및

\* 정희원 · 한양대학교 건설환경공학과 석사과정 (Hanyang University · dltalsok@naver.com)

\*\* 한양대학교 건설환경공학과 박사과정 (Hanyang University · rokhonor99@hanmail.net)

\*\*\* 한양대학교 건설환경공학과 공학석사 (Hanyang University · road0618@ex.co.kr)

\*\*\*\* 종신회원 · 교신저자 · 한양대학교 건설환경공학과 교수, 공학박사 (Corresponding Author · Hanyang University · jseo@hanyang.ac.kr)

Received March 8, 2017/ revised March 17, 2017/ accepted March 20, 2017

작업관리가 형식적으로 이루어지고 있으며, 이는 시공 부실로 인한 피해발생시 작업의 구분에 따른 책임소재의 규명이 명확하지 못하게 되는 요인이 된다.

따라서 본 연구는 현장 테스트를 시행하여 GPS (Global Positioning System)를 활용한 물리의 위치정보를 획득하고 다짐 횟수 및 경로를 기존의 3D 프로그램 작업공간에 색상에 따라 DB화하였다. 또한, 횟수와 경로를 통한 품질예측 방법의 추가 연구방향을 확인하여 이를 보완할 수 있는 연속다짐 방법인 가속도계를 활용한 ICMV (Intelligent Compaction Measurement Values)분석 방법론을 제시하였다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 토목공사 현장의 지반 기초공사 품질관리 측면에서 GPS를 활용한 물리의 품질예측 방안에 관한 연구이다. GPS로부터 NMEA-0183 (National Marine Electronics Association-0183) 프로토콜의 데이터 해석을 시행한다. 또한, 위치정보를 획득하여 작업자에게 제공할 수 있게 다짐 횟수 및 다짐 경로를 색상별로 DB화하였다. 그리고 획득된 경로 및 다짐횟수 DB에 다짐품질을 신뢰적으로 예측하기 위한 모델을 제안하는 것으로 본 논문의 범위를 한정하였다. 본 연구의 범위 및 순서는 Fig. 1과 같다.

위치추적에 필요한 위도, 경도, 고도 값을 획득하였으며, 이를 3차원 지형 정보와 정합을 위해 평면직각 좌표계로 변환하였다. 국토지리정보원에서 발표한 좌표계 변환 수식을 이용하여 지형도의 일치여부를 판단하였으며 평면직각 좌표계로 변환하였다. 도출된 결과물을 바탕으로 물리를 이용한 다짐공사의 GPS 도입을 방안을 마련한다.

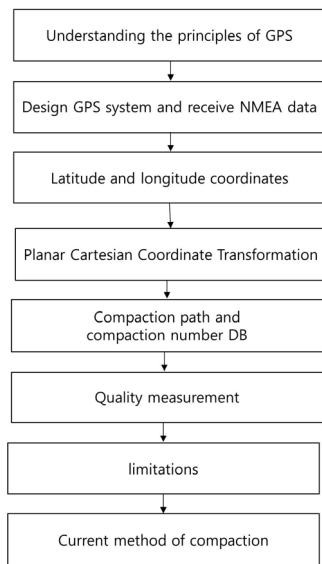


Fig. 1. Research Scope and Procedure

또한, GPS를 활용한 물리 다짐공사 품질예측의 한계점을 도출하여 이를 보완할 수 있는 연속다짐 방법인 가속도계를 이용한 ICMV 분석 방법론을 제시하였다. 물리에 설치되어 지는 가속도계의 대략적인 위치 구성도와 가속도계로부터 얻는 데이터의 FFT (Fast Fourier Transform)변환 및 변환된 데이터를 이용한 ICMV분석의 지반 연속다짐 품질예측 방법론을 제시하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 다짐공사의 품질측정 현황

일반적으로 토목공사 내에서 다짐공사 현장이 결정되면 동일현장 토양에 대한 실내시험을 실시하여 최대건조단위중량을 얻게 된다. 이렇게 실내시험을 통하여 결정된 최대건조단위중량의 몇 퍼센트로 현장에 실현할 것인가를 결정하는 것이 현장 다짐도를 결정하는 방법이다. 물론, 이러한 다짐도는 지반의 중요도에 따라 다르게 되며 중요도에 비례하여 다짐도가 높아야 한다.

현재 다짐공사는 작업자가 정해진 다짐횟수, 두께, 속도, 진동여부 등을 자신의 경험에 의해 개별적으로 판단하고 감독자의 육안 검사에 의해 다짐공사의 품질측정이 이루어지고 있으며, 작업 후 대표성이 떨어지는 일부지역만의 시험과정을 통하여 후속 단계의 작업을 진행하고 있는 실정이다. 따라서 다짐작업결과에 대한 문제점이 제기될 가능성은 상존하고 있다.

현재 시공확인 방법은 결과론적인 품질측정 방법으로 부실다짐을 사전에 예방하지 못하므로, 중복작업의 가능성 및 이로 인한 후속 작업의 지체를 유발할 가능성이 있다. 또한, 시험현장에서 현재 시행되고 있는 품질관리 방식은 주로 KSF2311(한국산업규격, 1986)에서 제안하고 있는 ‘현장에서 모래치환법에 의한 흙의 단위중량 시험방법’에 의거하고 있으며 이 시험법은 현장 전역의 다짐도를 반영하지 못하므로 현재 수십 차례의 층 다짐이 시행되는 다짐공사 현실을 감안하면 다짐 횟수마다 수차례의 시험을 수행해야 하기 때문에 매우 비능률적이다.

### 2.2 GPS와 가속도계를 활용한 연속다짐 물리

최근 유럽, 미국과 일본의 건설 시장에서 사용하는 새로운 기술인 연속다짐 기술은 실시간으로 흙의 다짐을 제어하는 기술로 다짐과정과 품질평가를 분리하여 진행하던 공정을 다짐 진행과 동시에 다짐에 따른 품질평가를 연속적으로 수행할 수 있는 다짐방법이다 (Qinwu et al., 2011).

특히, 연속다짐 기술은 현재 미연방 도로 관리국(FHWA, Federal Highway Administration)에서 실시간 다짐상태를 확인할 만큼 중요한 기술로 분류되며, 기술 사용을 널리 확장시키기 위해 기술 개발, 교육 등과 같은 많은 투자가 이루어지고 있다(Lee, 2015).

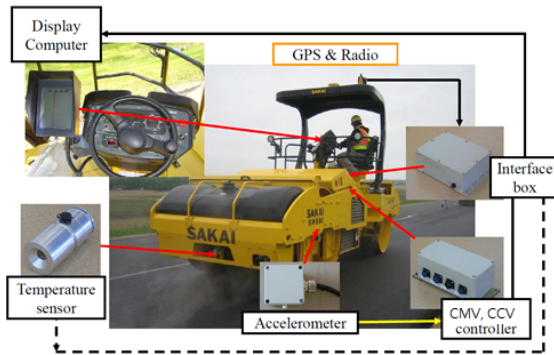


Fig. 2. Components for Intelligent Compaction Roller

```
$GPGGA,141113.999,3730.0308,N,12655.2369,E,1.06,1.7,98.9,M,0.0000*3E
$GPGSA,A,3,02,07,01,20,04,13,.....,3.7,1.7,3.2*31
$GPRMC,141113.999,A,3730.0308,N,12655.2369,E,19.77,195.23,101200,.*3C
$GPGGA,141114.999,3730.0264,N,12655.2351,E,1.07,1.2,98.8,M,0.0000*3C
$GPGSA,A,3,02,07,01,20,24,04,13,.....,2.3,1.2,1.9*3E
$GPRMC,141114.999,A,3730.0264,N,12655.2351,E,15.51,202.12,101200,.*3C
$GPGGA,141115.999,3730.0231,N,12655.2345,E,1.07,1.2,98.7,M,0.0000*37
$GPGSA,A,3,02,07,01,20,24,04,13,.....,2.3,1.2,1.9*3E
$GPGSV,2,1,07,07,84,025,47,04,51,289,48,20,40,048,47,02,32,203,46*74
$GPGSV,2,2,07,01,23,101,47,13,20,131,32,24,19,268,40*49
$GPRMC,141115.999,A,3730.0231,N,12655.2345,E,12.14,194.75,101200,.*33
$GPGGA,141116.999,3730.0210,N,12655.2330,E,1.07,1.2,98.5,M,0.0000*37
$GPGSA,A,3,02,07,01,20,24,04,13,.....,2.3,1.2,1.9*3E
$GPRMC,141116.999,A,3730.0210,N,12655.2330,E,8.01,194.65,101200,.*0F
$GPGGA,141117.998,3730.0199,N,12655.2320,E,1.06,1.3,98.2,M,0.0000*33
$GPGSA,A,3,02,07,01,20,24,04,.....,2.4,1.3,2.0*30
```

Fig. 3. Examples of NMEA Protocol (GGA)

연속다짐 기술은 해외에서 많이 연구되어져 왔으며 기술의 핵심적인 부분 중 하나는 가속도계를 이용하여 측정 결과의 ICMV 분석을 통한 지반의 다짐도를 실시간으로 구하며, 3D 설계정보에 시각화가 가능하다. GPS를 통해 위치정보를 획득하여 다짐 경로를 영역정보로 입력 가능하여 설계 목표치에 만족하는 영역 식별이 가능한 롤러다. 해당 연속다짐 롤러의 구성은 Fig. 2와 같다.

### 3. GPS를 이용한 롤러의 위치 값 획득

#### 3.1 좌표계 변환

GPS는 미국방성에서 자국의 군사목적에 위하여 개발한 것으로 지구상 어디에서나 기후에 영향을 받지 않고 표준좌표계에서의

위치, 속도, 시간 측정을 가능하게 해주는 첨단 항법체계이다 (Wikipedia, 2017). 통신 프로토콜은 NMEA-0183을 사용하며 NMEA는 해양 전자공학 산업의 발달과 교육을 위해 모인 비영리 단체이다. 그에 따라 NMEA 표준은 해양 전자 장비들의 통신을 위해 정의된 인터페이스 프로토콜의 표준이며 일반적으로 GPS 수신기를 통해 수신 받은 데이터는 NMEA 프로토콜에 따라 표시되며 Fig. 3과 같다.

NMEA의 문장의 시작은 \$로 시작되며, 콤마는 각 필드를 구분하는 역할을 한다. C는 체크섬(CheckSum)이며 16진수이다. 체크섬은 통신 시 데이터가 올바르게 전송 되었는지 여부를 확인할 수 있는 값이며, \$다음 5자리는 그 문장이 어떤 데이터 값을 가지고 있는지 나타낸다. 또한, 5자리중 앞의 두 자리는 디바이스 ID

Table 1. GGA Data Field Description

Field	Example	Details
Sentence ID	GGA	Global Positioning System Fix Data
UTC	123519	hhmmss.sss
Latitude	4807.038	ddmm.mmmm
N/S indicator	N	N = North, S = South
Longitude	01131.324	dddmm.mmmm
E/W indicator	E	E = East, W = West
Position Fix	1	0 = Invalid, 1 = Valid SPS, 2 = Valid DGPS, 3 = Valid PPS
Satellite Used	08	Satellite being used (0~12)
HDOP	0.9	Horizontal dilution of precision
Altitude	545.4	Altitude in meters according to WGS-84 ellipsoid
Altitude Unit	M	M = Meters
Geoid Separation	46.9	Geoid separation in meters according to WGS-84 ellipsoid
Separation Units	M	M = Meters
DGPS Age	(empty field)	Age of DGPS data in seconds
DGPS Station ID	(empty field)	-
Checksum	*42	-
Terminator	(CR)/(LF)	-

(Talker ID)이며, 나머지 3자리는 Sentence ID (Sentence Name) 로 다바이스ID는 장치를 구분하는 데이터 이고, Sentence ID는 문장을 구분하는 데이터이다(Yu, 2015).

GPS를 활용한 물리를 도입하기 위하여 사용하는 Sentence ID는 GGA이며, GGA 데이터 각 필드 값에 대한 설명은 Table 1과 같다.

GGA를 통해 장비의 경·위도를 추출할 수 있으나, 물리 적용을 위해서는 경위도 좌표를 평면 직각좌표로 변환하여 활용해야 하며 국토지리정보원에서 발표하는 수식(국토지리정보원, 2005) Eq. (1) 에 따른다.

$$Y(E) = \Delta Y + k_0 \cdot N \cdot \left[ A + \frac{A^3}{6}(1 - T + C) + \frac{A^5}{120}(5 - 18T + T^2 + 72C - 58e'^2) \right] \quad (1)$$

$$X(N) = \Delta X + k_0 \cdot \left\{ \begin{aligned} &M - M_0 + N \tan \phi \cdot \\ &\left( \frac{A^2}{2} + \frac{A^4}{24}(5 - T + 9C + 4C^2) \right. \\ &\left. + \frac{A^6}{720}(61 - 58T + T^2 + 600C - 330e'^2) \right) \end{aligned} \right\}$$

- ①  $T = \tan^2 \phi$
- ②  $C = \frac{e^2}{1 - e^2} \cos^2 \phi$
- ③  $A = (\lambda - \lambda_0) \cos \phi$  (여기서,  $\lambda$ 와  $\lambda_0$ 는 radian 값임)
- ④  $N$ (위도  $\phi$ 에서의 묘유선의 곡률 반경)  

$$= \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}}$$
- ⑤  $M$ (자오선장)  

$$= a \cdot \left\{ \begin{aligned} &\left( 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} \right) \phi \\ &- \left( \frac{3e^2}{8} + \frac{3e^4}{32} + \frac{45e^6}{1024} \right) \sin 2\phi \\ &+ \left( \frac{15e^4}{256} + \frac{45e^6}{1024} \right) \sin 4\phi - \frac{35e^6}{3072} \sin 6\phi \end{aligned} \right\}$$
- ⑥  $e^2$ (제1이심률) =  $\frac{a^2 - b^2}{a^2}$
- ⑦  $e'^2$ (제2이심률) =  $\frac{a^2 - b^2}{b^2}$

$\phi$  : 위도  
 $\lambda$  : 경도  
 $\phi_0$  : 투영원점 위도  
 $\lambda_0$  : 투영원점 경도

$a$  : 타원체 장반경  
 $f$  : 편평률  
 $b$  : 타원체 단반경 (=  $a(1 - f)$ )  
 $k_0$  : 원점축척계수  
 $\Delta Y$ : Y축(East) 원점가산값  
 $\Delta X$ : X축(North) 원점 가산값

### 3.2 GPS 기반 물리의 위치정보 DB화 방안

전체적인 시스템의 동작진행은 건설장비의 위치 및 움직임을 정확하게 추적하고, 작업관리자와 장비 간 통신상태 정보를 취득한다. 취득된 각각의 데이터는 인터넷 상의 GPS 데이터 서버에 저장하고 관리자에게 전달되며 축적된 GPS 데이터는 국토지리정보원의 수식을 기반으로 평면직각좌표로 변환 후 DB화하여 3D 모델링을 통해 물리의 경로, 속도, 움직임 등의 결과를 작업관리자가 확인할 수 있도록 한다.

따라서 해당 물리의 위치정보를 DB화하기 위하여 현장 실험을 계획해야 하므로 고속도로 건설공사가 진행 중인 삼척-동해간 제3공구 다짐공정 중 Lamp-B, Lamp-C구간을 선정하였으며 Fig. 4와 같다.

또한, GPS 신호를 현장 관리자에게 수신할 수 있는 환경을 구축하기 위하여 지형정보 취득 후 현장 근처에 GPS 기준국을 위치시키고 송수신기, 안테나를 물리에 설치하여 물리의 위치정보를 획득한다. Fig. 5와 같은 실험 환경을 구성하였다.

물리의 실험 현장 선정과 GPS 시스템 구축을 완료하고 지속적인 신호 전송여부와 다짐 영역상의 실제 좌표에 대한 디스플레이 상의 좌표 일치여부를 확인한다. 다짐작업의 사전 정보를 입력하고,

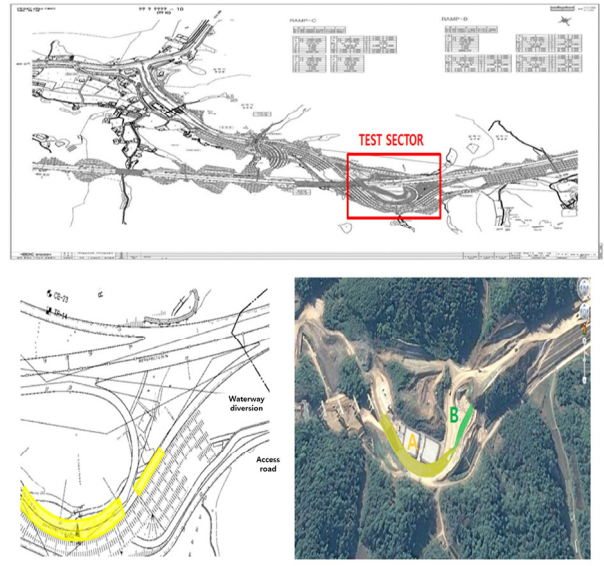


Fig. 4. Site Information for Field Test

이 정보를 이용한 설계를 진행하는데 초점을 맞춘 Civil 3D 모델링 툴을 이용하여 Fig. 6과 같이 위치좌표 데이터를 입력 후 이를 이용하여 객체 모델을 디스플레이 하고 다짐장비의 속도 및 경로 중첩구간을 확인하였다.

작업시점부터 작업종료 시점까지에 대한 GPS의 NMEA 데이터는 높은 정밀도를 달성하였고 경위도 좌표와 일치 하였으며 설계도 면상의 좌표 또한 일치한 것으로 나타났다. 이번 실험으로 수집된 데이터는 작업시간 동안 손실부가 없어 데이터 분석을 통해 다짐률

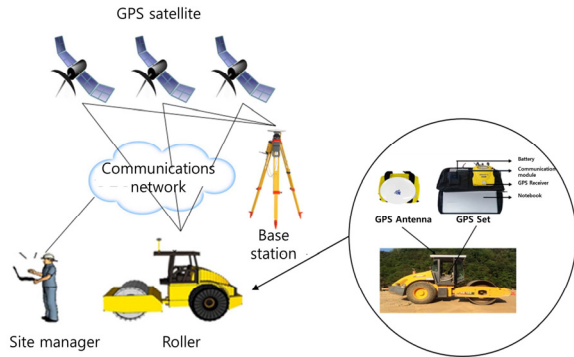


Fig. 5. Basic Concept for GPS Based Location Tracking of Roller

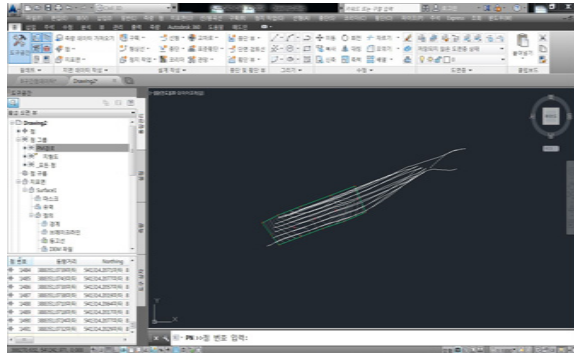


Fig. 6. Moving Route Monitoring of Roller

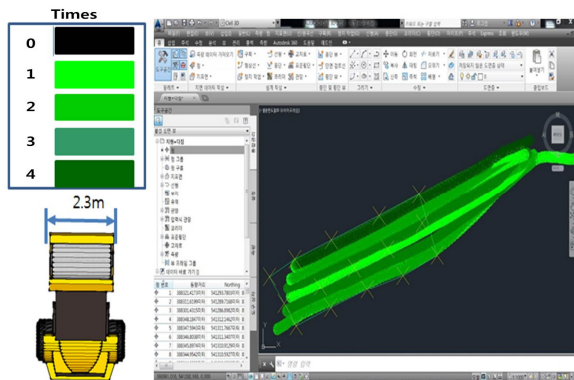


Fig. 7. Analyzing the Number of Compaction by Path

리의 최저 이동속도, 다짐구간 분석을 통한 중첩구간 확인 및 구간별 다짐 횟수에 대한 판단이 가능 하였다.

본 실험을 통해 취득된 데이터 분석결과를 경로에 따라 횡수별 색상으로 디스플레이하면 Fig. 7과 같이 나타낼 수 있는데 다짐 누락부분은 거의 발생하지 않았으나 롤러의 진동 유/무, 속도 관리 미흡이 발생하여 정확한 다짐도를 얻을 수 없다. 또한, 경로에 따른 다짐 횟수만으로는 추가적인 품질시험이 필요하기 때문에 다짐도에 대한 정확한 판단은 불가능하므로 추가 연구방안이 필요하다.

#### 4. 가속도계를 활용한 품질예측 방법론 제시

GPS 기반 롤러의 위치정보를 이용하여 경로 및 다짐 횟수를 파악하는 지반의 품질 예측 방법은 최종적으로 평판재하시험을 통해 품질측정을 실시해야 되므로 작업공정의 지체를 유발 할 수 있다. 따라서 실시간 지반의 다짐도를 확인할 수 있는 연속다짐 기술을 적용할 방법을 고안할 필요가 있으며, 나아가 실시간 다짐작업의 진척도를 확인할 수 있는 연속다짐 시스템을 도입하여 작업자의 경험적 판단에 의한 작업이 아닌 실시간 디스플레이가 가능한 롤러의 개발이 필요하다.

연속다짐 기술을 사용하는 경우 가속도계 센서를 통해 ICM분석이 가능하여 이전 다짐도 측정 기술인 평판재하시험을 사용하는 것보다 공용성 측면에서 보다 높은 상관관계를 가질 수 있다. 연속다짐 품질측정 방법인 ICM분석의 세부 방법에는 CMV (Compaction Meter Value)분석이 있으며 이는 롤러의 드럼 지름과 무게 및 롤러 작동 매개 변수인 주파수, 진폭, 속도에 따라 다짐의 정도가 결정된다. Table 2는 해외의 연속다짐 기술을 도입한 업체의 CMV분석 방법에 대한 세부 수식을 나타낸다. 여기서, C = 지반과 관련 있는 상수로 300으로 주로 사용,  $A_{\Omega}$  = 첫 번째 조화성분의 가속도 크기,  $A_{2\Omega}$  = 기본주파수 성분의 가속도 크기(Mooney and Adam, 2007).

CMV는 힘과 변위의 비율로 분석에 주요 필요장비는 가속도계로써, 시간 가속도 결과를 이용해 고속푸리에변환(FFT, Fast Fourier Transform)을 사용한다. 지반의 다짐도는 응력의 변화량과 지반의 침하량에 의해 결정되는데 응력의 변화량은 가속도계에서 측정되는 수직가속도에 비례하기 때문에 롤러에 가속도계를

Table 2. Typical Quality Measurement Method of Roller Compaction

Measurements	Units	Systems	Model Definition
Compaction Meter Value - CMV	None	Caterpillar, Dynapac	$CMV = C \cdot \frac{A_{2\Omega}}{A_{\Omega}}$

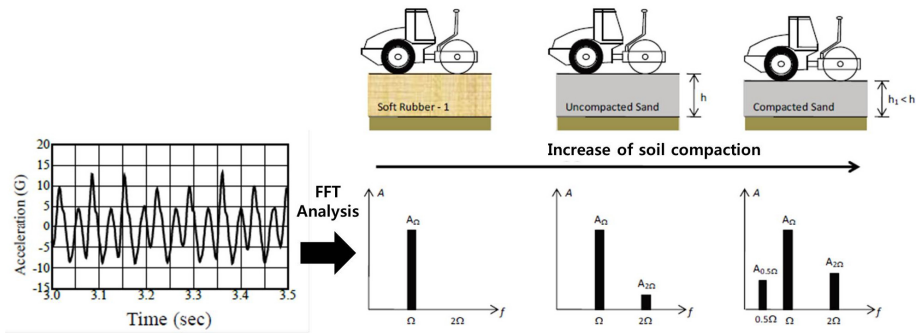


Fig. 8. Example of Ground Compaction Measurement by FFT

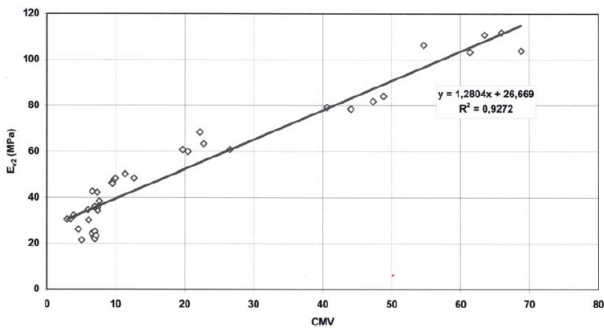


Fig. 9. Correlation Analysis between CMV and Plate Load Test

장착하여 각 진동원에 의한 가속도를 측정하고 FFT 변환을 통한 진폭과 주파수를 산정하여 CMV분석을 거쳐 지반 다짐도를 간접적으로 측정한다(Park et al., 2010). 평균 0.5 s의 가속도 결과를 적용하며 1%의 가속도 오차는 3±1.5의 CMV 오차로 발생한다. Fig. 8은 시간, 가속도의 고속푸리의변환에 따른 주파수, 진폭의 그래프와 지반 다짐도 증가 관계를 나타내는 예시이다.

CMV분석을 이용한 연속다짐 시험의 적용 방법으로는 다음과 같다.

첫째, 물리의 드럼통에 가속도계를 장착하여 센서로부터 전송되는 데이터를 수신기에 저장하고 각 진동원의 가속도를 측정한다.

둘째, 시간에 따른 진동 가속도 값에 대해 고속푸리의변환을 적용하여 주파수에 따른 진폭을 구한다. 여기서 물리의 진동은 일정한 주파수를 갖으며 진폭을 통하여 지반에서 발생하는 반발력의 크기를 측정할 수 있다.

셋째, 고속푸리의변환을 통하여 CMV분석을 진행하고 시간에 따른 지반의 다짐도를 측정한다. DB화된 GPS 경로정보와 실시간 CMV분석을 통하여 도출한 경로에 따른 다짐 정보를 매칭하여 연속다짐 작업의 경로를 파악한다. 해당지반에 대한 CMV분석의 적합성을 평가하기 위하여 우리나라의 표준 다짐도 기준 평가 시험인 평판재하시험을 실시하고 평판재하시험과 CMV분석 결과의 상관관계를 도출시킨다. Fig. 9는 평판재하시험과 CMV분석의

상관관계 도출에 대한 예시이며 R은 표본 상관계수이다. 각각의 계수간에 상관관계가 양호할수록 해당 지반에 CMV 분석을 적용하기 적합하다.

CMV와 평판재하시험의 계수간에 상관관계를 회기분석 하여 지반재료가 균질한 경우 통계적으로 매우 양호한 상관관계식을 얻을 수 있을 것으로 판단되며, 기존의 평판재하시험에 의한 지지력 계수를 연속다짐 평가 방법인 CMV로 변환하여 품질측정에 활용할 수 있다.

## 5. 결론

종래의 다짐공사는 작업자의 경험에 따라 다짐의 횟수와 속도에 대한 관리가 이루어짐으로 인해 부실다짐의 가능성 및 부실다짐구간의 미확인 가능성이 있으며, 지반의 층별 두께 및 이력 관리가 형식적으로 이루어지고 있다. 또한, 종래의 다짐 방법은 결론론적인 품질측정 방법으로 부실 다짐을 사전에 예방하지 못하므로, 중복작업의 가능성 및 이로 인한 후속 작업의 지체를 유발할 수 있으며, 많은 인원과 장비가 소요되고 시험결과를 얻기까지 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다.

본 연구는 GPS를 이용하여 물리의 위치정보를 획득하고 이를 설계도면과 비교하여 다짐 횟수 및 다짐 경로의 이탈 정보를 DB화 하는데 목표가 있으며, 나아가 이러한 DB 정보를 작업자에게 제공함으로써 육안 검사에 의한 다짐공사의 품질예측이 아닌 정량화된 데이터를 적용한 다짐공사의 품질예측을 기대할 수 있다.

또한, GPS 적용의 한계점을 파악하여 이를 보완한 간접적 품질 측정 방법인 연속다짐의 적용 방법론을 향후 연구방안으로 제시한다. 적용 방법론은 물리에 가속도계의 적용 위치나 데이터 획득 방안을 설계하고 해당 데이터에 고속푸리의변환을 적용하여 주파수에 따른 진폭을 통한 ICMV분석을 실시한다. 그리고 ICMV분석의 적합성을 평가하기 위하여 획득한 지반다짐정보를 우리나라의 다짐평가기준인 평판재하시험과 회기분석 후 비교하여 그 상관관계를 도출한다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술연구사업(과제번호 : 14SCIPB 079344-01)의 지원에 의하여 수행 되었습니다.

## References

- George Chang, P. E., Qinwu, X. and Jennifer, R. (2011). "Accelerated implementation of intelligent compaction technology for embankment subgrade soils, aggregate base, and asphalt pavement materials-final report." *FHWA-IF-12-002*, Transtec Group, Austin.
- Kim, J. H. and Park, G. B. (2010). "Development of intelligent compaction control system." *Proc. of Conf.*, KSCE, pp. 2196-2199.
- Kim, J. H. and Park, G. B. (2010). "Development of user centered the intelligent compaction evaluation." *Proc. of Conf.*, KSCE, pp. 2220-2223.
- Kim, S. G. (2014). "Development of an intelligent compaction system for an automated earthwork." *Proc. of Conf.*, KSCE, pp. 1539-1540.
- Kim, Y. Y. (2012). "Consideration on quality control criteria of RCD concrete." *Korea Concrete Institute*, pp. 201-202 (in Korean).
- Lee, J. S. (2015). "Status of intelligent compaction applied to asphalt pavement construction." *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, Korean Society of Road Engineers, Vol. 17, No. 2, pp. 67-69 (in Korean).
- Park, K. B. and Kim, J. H. (2012). "Application of the new degree of compaction evaluation method." *Journal of the Korean Geotechnical Society*, Korean Geotechnical Society, Vol. 28, No. 2, pp. 5-14 (in Korean).
- Sung, H. J. and Kim, K. D. (2005). "GPS application production with NMEA-0183." *Micro Software*, Micro Software Interactive, No. 259, pp. 285-291.
- Yu, S. H. (2015). *Study on introduction of machine guidance and machine control in quality control of compaction process*, Master Course, Hanyang University.