

振動機械 基礎 設計에 있어서 地盤의 動的 剪斷 係數에 대한 考察

任 壽 彬*

1. 序 論

國內 重化學 工業의 급성장으로 重化學의 Plant 建設이 급증하고 있으며, Plant 에 있어서는 Process 上 왕복동 엔진(reciprocating engine), 회전기계(rotating machine) Press 등과 같은 振動機械(vibrating machine)가 大型化되고 또한 數量이 증가하고 있어, 振動機械를 지지하는 基礎가 매우 重要한 課題로 大두되고 있다.

1980 年代에 들어서면서 國內의 ENG'G 社에서는 動的解析(dynamic analysis)을 위한 研究가 활발히 進行되어 基礎의 構造的 解析에 있어서는 Computer 를 利用하여 손쉽게 處理되고 있으나, 基礎의 精確한 解析에 要求되는 地盤의 動的 剪斷係數(dynamic shear modulus)는 쉽게 얻을 수 없고, 또한 認識 不足으로 靜的 剪斷係數를 修正없이 使用하는 境遇가 종종 있었다.

動的 係數가 靜的 係數의 約 10 倍 以上 크게 나타남은 여러 論文⁵⁾에서 發表된 事實이며, 靜的 係數를 使用할 때는 充分한 檢討가 있어야 하고, 實驗室의 動的 試驗이 振動機械 基礎의 解析을 위한 境遇에는 地震 解析의 境遇와 구별되어 10^{-5} 以下의 變率率에서 구해진 動的 剪斷係數(dynamic shear modulus)를 使用해야 함은 여러 文獻^{2,3,6)}에서 發表했다.

2. 本 論

2.1 研究 目的 및 接近 方法

一般的으로 動的 剪斷係數(G_d)를 구하기 위해서는 Up-Hole, Down-Hole, Cross-Hole 과 같은 現場 彈性波 試驗으로부터 S 波를 測定한다.

그러나 이러한 動的 測定을 위해서는 많은 經費와 高度의 技術 및 時間, 裝備가 要求된다.

振動機械 基礎 設計時 地盤의 動的 Parameter 없이 부적합한 靜的 Parameter 만 提供받고 責任있는 設計를 해야 할 境遇가 隨時로 發生한다. 대부분의 地盤調查 報告書에는 標準貫入試驗에 의한 N 값이 거의 包含되어 있다. 動的 Parameter 와 N 값과의 함수 關係를 얻기 위해서 현재 國內에서 彈性波의 S 波 測定과 標準貫入試驗의 N 값 測定이 同時에 行해진 Data 를 蒐集하여 통계학적인 側面에서 比較 分析했다.

동적 전달계수는 S 波速의 함수관계이므로 S 波速을 구하는 여러가지 방법에 따라 차이날 수 있으나 수집된 자료는 거의 Down-Hole 과 Cross Hole 의 방법으로 측정된 것이었고 S 波로부터 직접 G_d 를 구한 값을 이용했다.

2.2 動的 剪斷係數(G_d)와 N 값의 資料

日本에서는 대규모 重化學 Plant 나 高層建物, 橋梁, Dam 등을 設計할 때 構造物 基礎의 耐震 設計를 위해 필히 現場 彈性波試驗과 同時에 標準貫入試驗을 행하도록 建設法에 規定되어 있다

* 正會員, 코리아엔지니어링(株) 次長

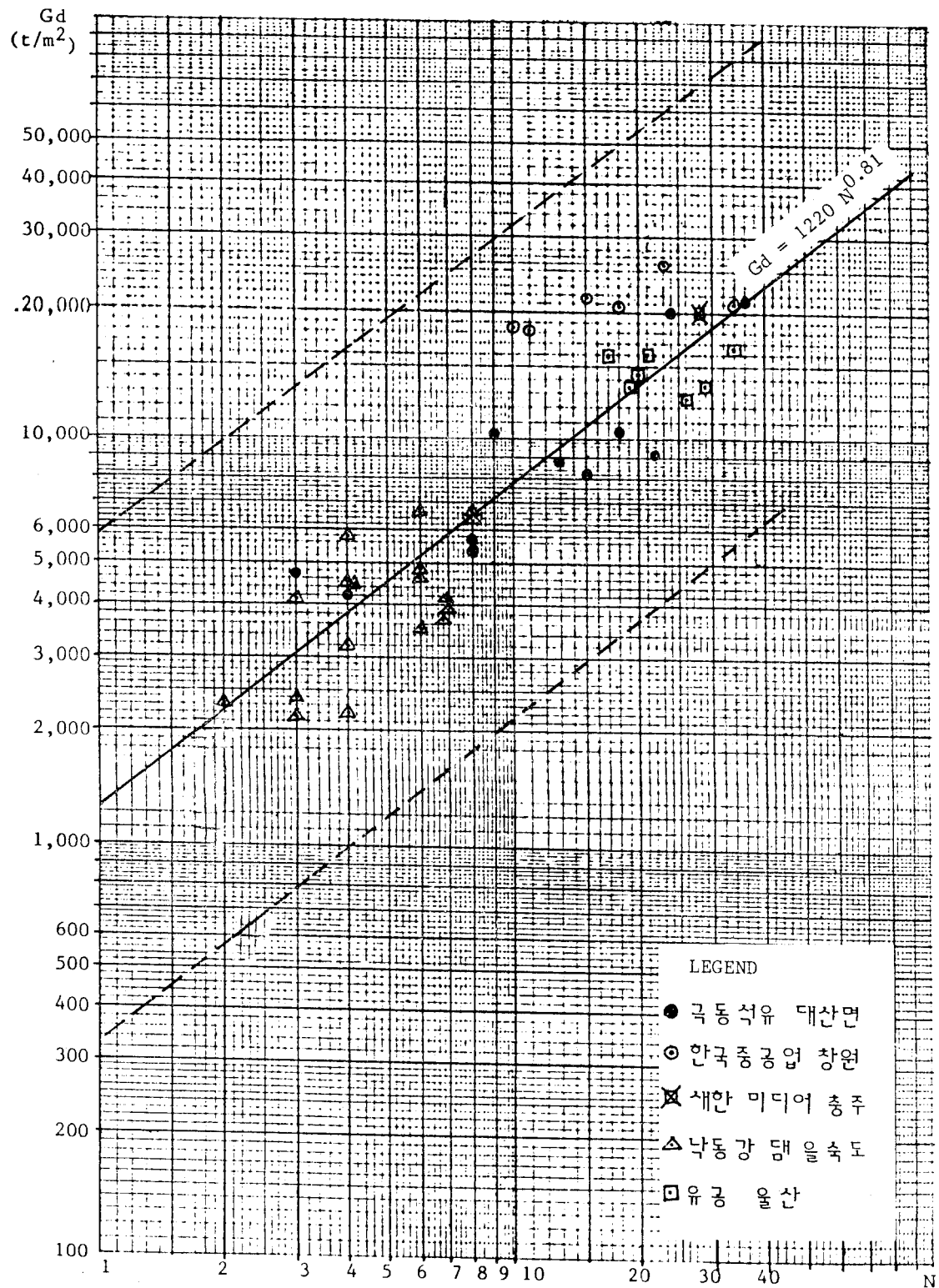


Fig. 1 Scatter diagram for dynamic shear moduli and N values.

國內의 境遇 強力한 法條項이 없어 Data 가 많지 않았으나, 蒐集된 地盤調査 報告書는 충남 대산면의 극동석유, 경남 창원외 한국중공업, 경남 온산의 낙동강 橋梁, 경기도 김포의 제일제당 등이며 이들 Data 들을 Plot 하면 Fig. 1과 같다. $\log G$ 와 $\log N$ 의 關係는 統計學的 側面에서 $G=YN$ 의 방정식으로 假定하여 最小자승법을 利用하여 Y, X 값을 구했다. 그 결과 $Y=1, 220, X=0.81$ 로서

$$Gd=1, 220N^{0.81}t/m^2$$

를 얻었다.

위 式은 日本의 Ohsaki & Iwasaki(1973)가 提案한 $Ga=1, 200N^{0.8}t/m^2$ 보다 약간 위에 位置한다.

일반적으로 점성분이 많을 경우 Gd 의 값이 높게 나타나기 때문에 Ohsaki & Iwasaki 式으로만 비교한다면 國內의 퇴적토는 대체적으로 일본의 퇴적토보다 점토성분이 많은 흙이라 판단되나 앞으로 더욱 많은 Data 를 Engineering 차원에서 수집, 분석되어야 할 것으로 思料된다.

3. 結 論

國內의 퇴적토를 中心으로 한 動的 剪斷係數(Gd)와 標準貫入試驗의 N 값을 考察해본 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 動的 剪斷係數(Gd)는 國內의 一般의인 퇴적토에서 標準貫入試驗의 N 값으로 나타낼 수 있다.

$$\text{즉 } Gd=1, 220N^{0.81}t/m^2$$

- 2) 1)의 式은 日本의 Ohsaki & Iwasaki(1973)가 提案한 公式과 잘 맞으며, 美 海軍 施設局에서 提案한 Graph 의 範圍에 들어간다.
- 3) 1)의 式이 日本의 Ohsaki & Iwasaki(1973) 式보다 약간 위에 있는 것은 日本 퇴적토보다 Clay 質이 더 많은 것으로 나타나나 더욱 많은 Data 를 가지고 再考할 必要가 있다.
- 4) 1)의 式은 Field 나 Laboratory 에서 Dynamic Shear Modulus(Gd)를 얻지 못할 경우 유용하게 쓰일 수 있다.

- 5) 振動機械 基礎 設計를 위한 地盤의 動的 Parameter 를 구하기 위해서는 [現場 彈性波試驗과 標準貫入試驗이 同時에 遂行되어 Data 를 相互 補完해야 한다.
- 6) 振動機械 基礎 設計時 부득이 地盤의 靜的 Parameter 를 使用할 때는 필히 修正하여 使用해야 한다.

4. 感謝의 글

業務의 폭주속에서도 自身의 專攻에 대한 自信感을 갖고 Specialist 로서의 研究 機會를 社會社와 本 資料가 完成될 수 있도록 흔치 않은 資料蒐集에 協力해 주신 中央開發의 김수업씨, 동원토질의 이재현 專務, 셀프엔지니어링의 정현욱 專務, 태우기초의 이신영 常務, 제철엔지니어링의 이장오 常務, 대우엔지니어링의 김경곤 課長께 지면을 통해 感謝드립니다.

參 考 文 獻

1. Richart, F.E., and Whitman, R.V.(1967) "Comparison of Footing Vibration Tests With Theory" J. Soil Mech. and Fdn., Div., Proc. Asce, Vol. 93, pp. 143~168.
2. Joseph. E. Bowles. (1979) "Physical and Geotechnical Properties of Soils" 2nd Ed., McGraw-Hill Book Co., pp. 483~497.
3. Navfac(1972) "Design Manual: Soil Mechanics", DM-7.1, Department of the Navy, U.S.A, pp. 7.1, 85~92.
4. Ohaski, Y., and Iwasaki, R.(1973) "On Dynamic Shear Moduli and Poission's Ratio of Soil Deposits" Soil and Fnd., Japan, Vol. 13, No. 4, pp. 61~73.
5. 今井常雄, 吉村正義, "軟弱地盤における 彈性波速度と 力學 特性" 土と 基礎, Vol. 18, No. 1 (1970. January) pp. 17~22.
6. F.E. Richart, "Field and Laboratory Measurements of Dynamic Soil Properties", Proceedings of Dmsr 77 Vol. 1, pp. 3~36.

```

C   STATISTIC ANALYSIS BY THE LEAST SQUARE METHOD
C   PROGRAMMED BY IM SOO BEEN
    DIMENSION X(100), Y(100), A(11,12)
    DIMENSION X1(100), Y1(100)
    OPEN (5, FILE='FOR 005. DAT', STATUS='OLD')
    OPEN (6, FILE='FOR 006. OUT', STATUS='NEW')
    PRINT 5
5   FORMAT ('DO YOU USE THE INPUT FILE? YES=1')
    READ 10, IPF
    IF (IPF. EQ. 1) GO TO 75
    PRINT 9
9   FORMAT('NO. OF DATA PAIRS=?')
    READ 10,N
10  FORMAT(12)
    DO 50 I=1,N
    PRINT 30,I,I
30  FORMAT('DATA X(',12,')', 'DATA Y(',12,')')
    READ 31, X1(I), Y1(I)
31  FORMAT(F15.0, F15.0)
    X(I)=ALOG10(X1(I))
    Y(I)=ALOG10(Y1(I))
50  CONTINUE
    M=1
    GO TO 90
C.....FOR INPUT FILE.....
75  WRITE (6,76)
76  FORMAT(1X,'** INPUT FORMAT' /1X,
*' 12=NO OF DATA' /1X,
*' X(I) F15.0 Y(I) F15.0' /1X,
*' " " " /1X,
*' " " " /1X,
*' " " " /1X,
*' " " " )
    READ(5,*) N
    DO 80 I=1,N
    READ(5,*) X1(I), Y1(I)
    X(I)=ALOG10(X1(I))
80  Y(I)=ALOG10(Y1(I))
    M=1
C.....
C   REM 'MATRIX FORMULATION'
90  DO 100 I=1, M+1
    DO 1175 J=1, M+2
    IF(I.EQ.1.AND.J.EQ.1) GO TO 1170
    A(I,J)=0

```

DO 1155 K=1, N	23.	25800.
IF(I.EQ.1.AND.J.EQ.M+2) GO TO 1150	20.	14500.
IF(J.EQ.M+2) GO TO 1145	15.	21700.
A(I,J)=A(I,J)+X(K)**(I+J-2)	28.	20500.
GO TO 1155	7.	3870.
1145 A(I,J)=A(I,J)+Y(K)*X(K)**(I-1)	7.	3780.
GO TO 1155	7.	3900.
1150 A(I,J)=A(I,J)+Y(K)	2.	2330.
1155 CONTINUE	4.	2200.
GO TO 1175	3.	2240.
1170 A(I,J)=N	3.	2400.
1175 CONTINUE	6.	4860.
100 CONTINUE	8.	6080.
C REM 'MATRIX SOLUTION'	3.	4160.
DO 200 K=1, M+1	4.	5880.
I=K	4.	4580.
DO 210 JJ=K, M+2	6.	6620.
J=M+2+K-JJ	4.	4510.
A(I,J)=A(K,J)/A(K,K)	6.	4770.
210 CONTINUE	4.	3160.
DO 1255 I=1, M+1	6.	3580.
IF(I.EQ.K) GO TO 1255	8.	5380.
DO 220 J=K+1, M+2	8.	5460.
A(I,J)=A(I,J)-A(I,K)*A(K,J)	37.	21360.
220 CONTINUE	15.	8200.
1255 CONTINUE	4.	4340.
200 CONTINUE	8.	6060.
C REM 'SOLUTION'	13.	8950.
WRITE (6,500)	9.	10260.
500 FORMAT(1X/' =====	24.	20200.
RESULTS=====')	33.	22400.
A(1,M+2)=10.0**A(1,M+2)	3.	4790.
WRITE (6,510) A(1,M+2), A(2,M+2)	22.	9100.
510 FORMAT('GD=Y*N**X' // ' Y=',G12.6,' X=	18.	10200.
END	38.	24900.
**INPUT FORMAT	19.	13900.
I2=NO OF DATA	17.	15600.
X(I) F15.0 Y(I) F15.0	29.	13500.
" "	26.	12500.
" "	32.	16400.
" "		===== RESULTS =====
42		GD=Y*N**X
11.	18100.	Y=1218.75 X=0.812694
18.	20700.	