

## コロッセオの地震観測加速度データから算定した積分変位による動画

中村 豊 (SDR)

2022年10月11日

記録された加速度地震波形を二回積分して変位波形を算出した。具体的な算出手順は以下の通りである。500Hz サンプリング波形を 40Hz で 40dB 減の LPF で平滑化して後、100Hz サンプリングにデシメーションして、0.2Hz の HPF (4 次のバターワース) の後に 2 回積分した。先に検討した歪はこの変位波形を元にして算定したものである。ここでは、この変位波形を用いて、地震時の各点の動きを動画にして、その動きを観察検討した。まず、動画について説明する。

画面の最上部に当該地震の諸元を示した。動画部分の左部分と中間部分は、それぞれ R 方向成分と T 方向成分について、#40 (橙) と #51 (青) を比較して示したものである。右の部分は、上からコロッセオを見たもので、点群は北側の外側柱群の初期位置を示しており、#40 や #51 に相当する点は白抜きにしている。また、左下には、#51 におけるリアルタイム震度の消長を示し、動画の現在時を赤線で示した。なお、動画の現在時は動画の左部分と中間部分の間に表示されており、この時間の起点についてはその上に記されている。下段の中間には、#40 と #51 での R 方向断面と観測点位置を示し、併せて記録の方向を示している。下段右はコロッセオの北壁を北西側から見たもので、#40 と #51 の位置および観測点位置を示している。この動画を検討した結果、以下のことが分かった。

- ① #40 と #51 の動きには明らかな違いがあり、#40 の縦方向に並んだ測点は、概ね違和感なく連続して振動しているが、#51 では不自然な屈曲などを生じながら振動している。
- ② #51 ではいずれの地震でも 3H や 4H、2F を屈曲点とした動きが目立つ。#40 では、注意深く観察しなければわからないが、1F を屈曲点とする動きがみられることがある。

#40 の動きが自然であるのに対し、#51 の動きがぎこちないのは、#40 周辺に設置されたファスナーの効果を示すものかもしれない。また、GF と 1F の間の R 方向は #40 が柱のみであるのに対し #51 では壁が含まれているために、その剛性は #51 の方が大きく屈曲しにくいと考えられる。このほか、#40 と #51 の動きの相違は、石積みの状況を反映しているものと考えられ、この分析のように変位挙動を把握することが健全性を分析する有力な手段となる可能性がある。(以上)



図 #40周辺に設置されたファスナー(赤丸内)  
Figure: Fasteners around #40

# On a video movie of displacement derived from integration of seismic acceleration data at Colosseum

Yutaka Nakamura (System and Data Research)

October 2022

The displacement waveform was calculated by double integration of the recorded acceleration seismic waveform. The specific calculation procedure is as follows: the 500 Hz sampled waveform was smoothed with a 40 dB reduction LPF at 40 Hz, then decimated to 100 Hz sampling and double integrated after a 0.2 Hz HPF (4th order Butterworth). The strain discussed previously was calculated based on this displacement waveform. Here, I use this displacement waveform to make a video of the movement of each point during the earthquake and to observe and consider its movement. First, I explain the video.

The top part of the video shows the parameters of the earthquake. The left and middle sections in the video show a comparison of #40 (orange) and #51 (blue) for the R and T directions, respectively. The right portion is a view of Colosseum from above, with the point group showing the initial position of northern outer pillars, and the points corresponding to pillars #40 and #51 are highlighted in white. The change of the realtime seismic intensity at #51 is shown in the lower left corner, and red line indicates the current time of the video. The current time of the video is shown between the left and middle portions of the video, and the starting point of this time is noted above it. The middle of the bottom portion shows the section of R direction and the locations of the observation points at #40 and #51, together with the direction of the record. The right side of the bottom section shows the north wall of Colosseum from the northwest side indicating the location of pillars #40 and #51 with their observation points.

After considering this video, I have found the following.

- (a) There is an obvious difference in the motion of pillars #40 and #51. The vertically aligned measuring points in #40 vibrate continuously and generally without unusual behavior, while those in #51 vibrate with unnatural bending and other irregularities.
- (b) In #51, the movement is noticeable with 3H, 4H, and 2F as bending points in all earthquakes. In #40, movements with a bending point at 1F can be seen, although it is not clear without careful observation.

The natural movement of #40 while the movement of #51 is unnatural may show an effect of the fasteners installed around #40. The stiffness in the R direction between GF and 1F is greater in #51 due to the inclusion of walls in #51, whereas #40 has only a pillar, and #51 is less likely to bend. In addition, the difference in movement between #40 and #51 may reflect the condition of the masonry, and understanding the behavior of displacement, as in this analysis, may be a powerful tool for analyzing the health of the structure. (end of text)