耐震設計上の基盤面が深い地盤の設計地震動に関する一考察

JR九州コンサルタンツ(株) 正会員 〇加藤 尚

宮川 弥生

1. はじめに

鉄道構造物の耐震設計において、適切に耐震設計上の基盤面を設定することは、応答値を算定する上で重要な要 素である。耐震標準¹⁾では、耐震設計上の基盤面として、以下の二つの条件を満足する必要がある。

①せん断弾性波速度 Vs が 400m/s 以上の比較的強固な連続地層

②上層とのせん断弾性波速度 Vs の差が十分に大きく、下層とのせん断弾性波速度の差が小さい地層

深度(m)

0.00

3.10

3.65

4.70

5 6 5

10.90

層上面 層下面

しかしながら、場所によっては地表面からはるかに深い地層(例えば、GL-100m)においても上記2つの条件を満 足する地盤が確認できず、耐震設計上の基盤面の設定に苦慮するような地層も存在する。本稿では、そのような地 盤条件に対して、対象地盤の動的解析を実施することで耐震設計上の基盤面を設定することを試みた。

3.10

3.65

4.70

5.65

10.90

11.75

16 15

層厚

(m)

0.55

1.05 Ac2 С

0.85 As

十質 土質

As S

3.10 Ac1

0.95 As

5.25 Ac2

4.40 4=2

表1 対象地盤

С

S

С

S

平均

N値

0

6

0

4

2

12

-4

Vs

(m/s)

110

130

130

130

130

160

160

 γ (kN/m3)

湿潤 飽和 水中

16

19

16

19

16

19

16

16

18

16

18

16

18

16

GO

19755

9 31041

6 27592

9 31041

6 27592

9 47020

2. 検討内容

今回対象とする地盤条件を表1に示す。前 述した耐震設計上の基盤面の条件に近い地 層はいくつか存在するものの、GL-100m の 地層においてもどちらの条件にも合致する 地層が確認できなかった。よって, 前述した 耐震設計上の基盤面の条件に近い以下の地 層を耐震設計上の基盤面と仮定した。

①Dg1 層(GL-16.15m):

Vs が 400m/s に近い, 層厚は厚いが下層に 300m/s 未満の地層有。

②Dg2層(GL-62.40m):

Vs が 400m/s 以上, 層厚は薄く, 下層は 350m/s 未満の地層が連続している。

③Ds3 層(GL-84.55m):

上記②と似たような条件。

④Fa 層 (GL-140.00m) :

Vs が 400m/s 以上の連続地層。

その上で,それぞれの地盤面上面を耐震設 計の基盤面として地震動を入力し, 地盤の応 答値について比較検討を行った。本来であれ ば、地盤の動的解析を行う際は、動的解析に 必要な地盤調査を実施することが望ましい が,本検討の目的は,算定された応答値その

11,75 41706 **(D**Dg1 7.25 Dg1 16.15 23.40 G 34 350 18 19 9 225000 GL-16.15m 23.40 24.60 С 24 16 17 7 156898 1.20 Dc1 310 1.15 Dg1 24 60 25 75 G 18 310 18 19 9 176510 25.75 27.25 1.50 Dc1 С 11 310 16 17 7 156898 17651 27.25 28.15 0.90 Ds1 30.70 28 1 2 5 5 Ds1 270 1.9 19 25144 30.70 31.60 0.90 Dc1 С 13 16 17 7 146939 300 31.60 32.5 0.90 Ds1 19 16530 32.50 35.60 3.10 Dc1 С 12 310 16 17 7 156898 1.30 Ds1 19 9 176510 35.60 36.90 24 18 310 36.90 37.55 0.65 Dc1 С 13 16 17 7 156898 16 119020 37 55 41.75 4.20 Dc1 270 16 6 С 8 7 137306 41 75 44 95 3.20 Dc1 С 13 290 16 17 44.95 50.05 5.10 Dc1 С 12 310 16 17 7 156898 50.05 54.00 3.95 Dc1 С 13 310 16 17 7 156898 12 7 54.00 60.95 6.95 Dc1 С 320 16 17 167184 (2)Dg2 9 188082 60.95 62.40 1.45 Ds2 18 19 10 446694 GL-62.40m 62.40 66.30 3.90 Dg2 G 50 480 19 20 66.30 69.85 3.55 Dc2 С 13 16 17 188735 340 69.85 70.6 0.80 Ds2 18 19 9 21232 4.95 Dc2 17 70.65 75.60 С 16 350 16 7 200000 22500 75 60 77 10 1 50 Ds3 9 7 223510 77.10 79.85 2.75 Dc2 С 17 370 16 17 80.50 0.65 19 27936 79.8 Ds3 18 17 80.50 81.90 1.40 Dc2 С 21 390 16 7 248327 27936 83.2 .30 Ds3 83.20 <mark>04 5</mark>5 1.35 Do2 3Ds3 7 248327 <mark>1</mark>4 16 17 390 84.5 88.8 4.30 Ds3 19 9 371939 GL-84.55m 17 88.85 98.60 9.75 Dc3 С 21 380 16 235755 0.90 Ds3 98.60 99 50 18 19 q 26522 36 **(4)Fa** 99.50 140.00 40.50 De3 0 21 380 7 235755 16 GL-140.00m

400

ものを用いることではなく、耐震設計上の基盤面の深度によって、当該地盤の応答値にどのような変化が生じるか を確認し、耐震設計上の基盤を設定することを目的としているため、その点は考慮しないこととする。よって、動 的解析を実施する際の設計条件を以下のように設定した。

140.00

①土の変形特性モデル:対象地盤深度が深いため、土の拘束圧を考慮することができる安田・山口モデルとした。

キーワード 耐震設計上の基盤面, 地盤の動的解析 連絡先 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 1-1-14 JR九州コンサルタンツ(株)技術本部 TEL092-413-1035



表 2 各ケースの Tg と地盤種別

図2 地表面の加速度応答スペクトル

②土の動力学特性のモデル化:土の動力学特性のモデ ル化は、微小ひずみからピーク強度に至るまで広いひず み領域で、骨格曲線と履歴曲線を表現可能な GHE-S モデ ルを用いることとし、標準パラメータを用いた。

③入力地震動:入力地震動には、耐震標準の標準応答 スペクトル(スペクトルⅡ)を用いた。

④減衰:減衰には汎用性の高いレーリー減衰を用いた。

3. 検討結果

各ケースの地盤の固有周期,および地盤種別を**表2**に 示す。当然ながら,耐震設計上の基盤面が深いケースの 方が地盤の固有周期が大きくなる傾向となり,ケースご とに地盤種別には異なる結果となった。

図 1-1, 1-2 に各ケースの地表面の時刻歴応答加速度と 応答変位の結果を,図2には算定された地表面の応答加 速度より算定した加速度応答スペクトルとともに,耐震 標準に示されている G4 地盤と G5 地盤の加速度応答スペ クトルを示す。図1-1, 1-2 より若干の相違は見られるも のの,どのケースの基盤面においても,地表面の応答値



因1-2 地农面仍时刻虚心合复位

はほぼ同位相で応答していることが確認できる。また、耐震設計上の基盤面が深くなるほど、地表面の最大加速度 は小さくなり、応答変位は大きくなることを確認した。また、図2よりケース2、3、4は基盤面深度や地盤種別が 異なるものの、地表面の応答加速度の加速度応答スペクトルはほぼ同じであり、これは、Dg2 層以深の地層は Vs が 400m/s に満たないものの、300m/s 以上と比較的強固であったことが要因と考えられる。

4. まとめ

当該箇所は基礎形式として周面支持杭を採用しており、杭長が最大でも35m程度であることから、設計の簡略化 を図る意味でも、ケース2のDg2層を耐震設計上の基盤面に設定することとした。今後も今回と同様に耐震設計上 の基盤面の設定に苦慮するような場合には、地盤の動的解析を行う等により耐震設計上の基盤面を設定することが できるのではないかと考えている。

参考文献 1)(公財)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準·同解説 耐震設計,丸善, 2012.9.

-670-