

地震時盛土支持地盤の沈下量の算定

複合技術研究所 正会員 ○小椋 千夏 鍋田 由希 堀井 克己
鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝 室野 剛隆

1. はじめに

鉄道盛土の地震時変形は、盛土の滑動変位、揺すり込み沈下、支持地盤の沈下で構成される。各要因の算定方法は、耐震標準¹⁾で規定されている。本研究では、支持地盤の沈下量について典型的な地盤を対象として、地盤沈下量を算定した。なお、計算には応答変位法と動的解析法（SHAKE）の2法を適用した。また、地盤沈下量については、地震前後で剛性が軟化することにより発生するという考え方に基づいており、各方法で算定した水平変位量やせん断ひずみから、剛性軟化を評価して地盤沈下量を算定し、両手法の計算結果の比較検討を行った。

2. 計算条件

図-1に示す9個の地盤モデルを対象に解析を行った。各地盤モデルの地盤種別は、図中に併記した。

(1) 応答変位法

応答変位法は多層地盤におけるせん断振動の1次モードの解を用いて、地中の水平変位およびせん断歪を算定した。ここで、地表面最大変位量はL2地震動のスペクトル2の算定式、式(1)を用いた。

$$a_g = 0.344 \times T_g^{1.1} \quad \text{式(1)} \quad \text{ここに、} a_g \text{ : 地表面最大変位量(m), } T_g \text{ : 表層地盤の固有周期(sec).}$$

(2) 等価線形化法（SHAKE）

SHAKEの解析に用いる地盤の剛性率と減衰定数のひずみ依存性（ $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 関係）は、土質区分を沖積砂質土、沖積粘性土、洪積砂質土、洪積粘性土、砂礫の5種類と設定した。また、入力地震動は、基盤入力地震波としてG1地盤用¹⁾を用いた。解析条件は、最大ひずみ γ_{max} と γ_{eff} の比が0.65となる有効ひずみとし、繰返し計算の収束判定基準を5%とした。

(3) 沈下量の算定

地盤沈下量は式(1)により算定した。盛土荷重は盛土高6mを想定した。沈下量の算定には地震前後のEを評価する必要がある。地震前の変形係数 E_{bef} についてはN値から推定した G_0 から $E=2(1+\nu)G$ に換算して求めた。地震後の変形係数 E_{aft} は、地震時の解析で算定された最大ひずみに対応する $G \sim \gamma$ 曲線から求め、さらに横拘束を考慮した変形係数Eに換算式(3)して求めた。また盛土荷重による地盤内応力は、地中分散を考慮した。

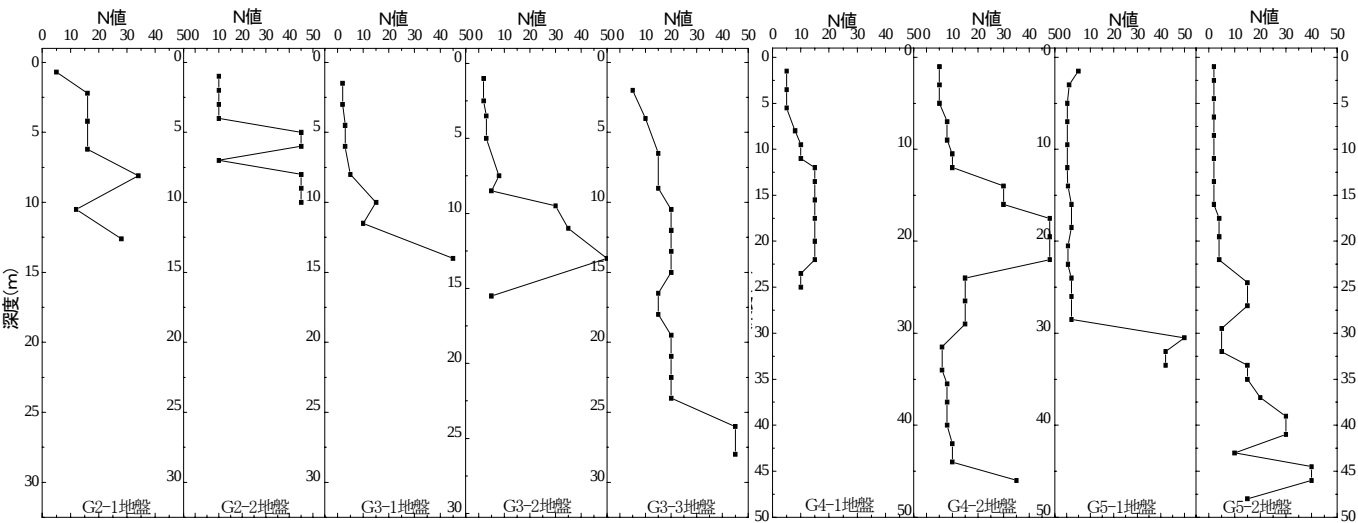


図-1 地盤条件(平均 N 値)

キーワード：地震時沈下量，応答変位法，SHAKE，水平変位量，地盤種別

連絡先：複合技術研究所 〒107-0052 東京都港区赤坂 2-15-16 TEL 03-3582-3373 FAX 03-3582-3509

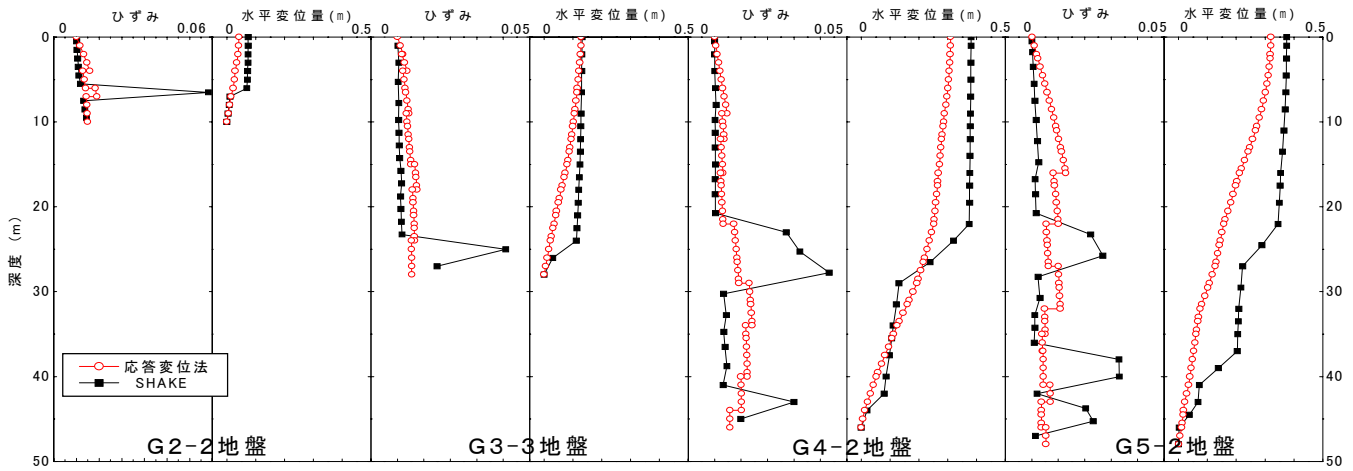


図-2 ひずみと最大水平変位量

$$S_g = \int_0^H \left(\frac{1}{E_{aft}} - \frac{1}{E_{bef}} \right) p dz \quad \text{式(2)} \quad E = \frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)} G \quad \text{式(3)}$$

ここに、 H ：盛土の深度、 E_{aft} ：地震後の変形係数、 E_{bef} ：地震前の変形係数、 P ：鉛直応力(土被り圧+盛土による鉛直応力)。

4. 計算結果

応答変位法および SHAKE の計算結果より、ひずみと最大水平変位量の深度分布を図-2 に示す。この図より、応答変位法に比べて、SHAKE では土質が変化するような層境でひずみが大きくでている結果となった。地盤種別と最大水平変位量の関係を図-3 に示す。応答変位法、SHAKE とともに地盤が軟弱になるに従い、水平変位量が大きくなり、ほぼ同じ結果を得た。SHAKE の結果で極端に大きな変形となっているケースでは、ひずみが 10%以上であり、適用限界を超えているため、沈下量の算出の際には除外した。

応答変位法と SHAKE の最大水平変位における相関関係を、図-4 に示す。SHAKE の方がやや大きめの水平変位量となったが、1:1 の直線上にのっている結果もあった。

地盤種別と最大沈下量の関係を図-5 に示した。地盤種別と地盤沈下量の関係についても、最大水平変位の場合と同様に、地盤が軟弱になるに従い、変形量が大きくなった。応答変位法と SHAKE でほぼ同じ傾向となった。

5. まとめ

地震時の地盤沈下量を 2 法で比較検討を行った。この結果、地盤沈下量は、SHAKE と応答変位法で比較すると、両方法で同程度、前者がやや大きめの結果を得た。なお、SHAKE の解析では、土質が変化する層境にひずみが集中して大きなひずみが発生して、解が収束しない場合があり、L2 地震動に適合した結果をうるには、大きなひずみレベルの範囲までをカバーした $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 関係の試験結果が必要である。これに対して、応答変位法は、線形解析であるため、解が発散するという問題がないこと、1 次モードにしか着目していないという課題が残るが、計算法としては実用的であると考えられる。なお、実際の地盤条件は、土質、層序、基盤深度、硬さ分布など多くの要因を有して複雑であるため、より多くの地盤条件に対する解析の蓄積が必要である。

参考文献：1)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・解説 耐震設計、丸善株式会社、pp100～367,1999。

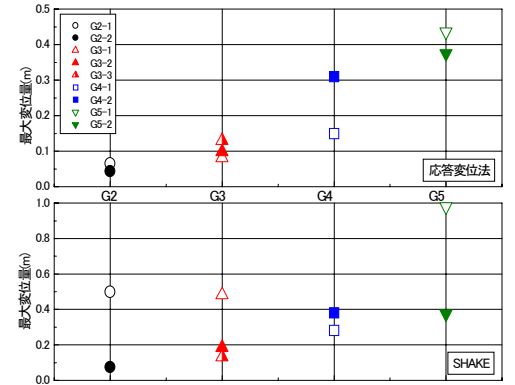


図-3 地盤種別と最大水平変位量の関係

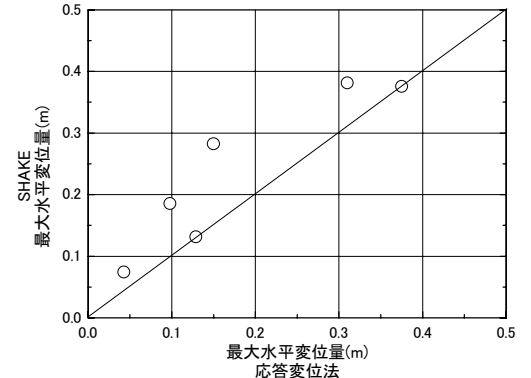


図-4 応答水平変位の相関関係

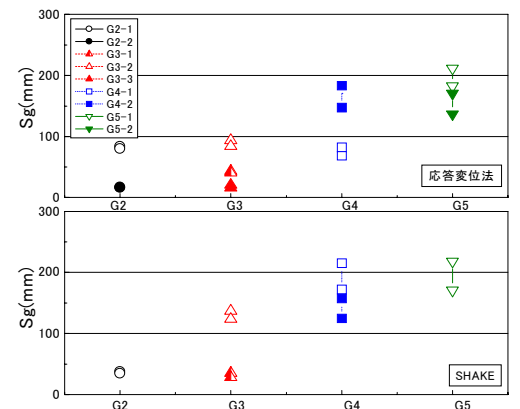


図-5 地盤種別と最大沈下量の関係