

近年の地震記録に基づいたL2地震動の考え方とその設定方法

坂井公俊 室野剛隆 佐藤勉

鉄道構造物の耐震設計時に一般的に用いられるL2地震動は、主に兵庫県南部地震の記録をもとに設定されている。しかし新潟県中越地震等の近年発生した大規模地震の観測記録に基づく検討により、耐震設計上の基盤面以深の構造の差によってスペクトル特性が変化することが明らかになってきた。そこで本検討では、深部構造の違いを考慮したL2地震動の応答スペクトルについて検討を行った。

さらにL2地震動に対しては、構造物の応答は非線形領域に及ぶことが前提であり、この場合弾性加速度応答スペクトルだけでなく時刻歴波形が必要となる。そこでL2地震動の弾性加速度応答スペクトルに適合し、かつ構造物の非線形応答量を適切かつ安全側に算定することが可能な時刻歴波形の作成手法についても検討を行った。提案した時刻歴波形を用いて設計を行うことで、同一弾性加速度応答スペクトルを有する地震動に対してもある程度の安全余裕度を有する設計が可能となる。

(鉄道総研報告, 2011年9月号)

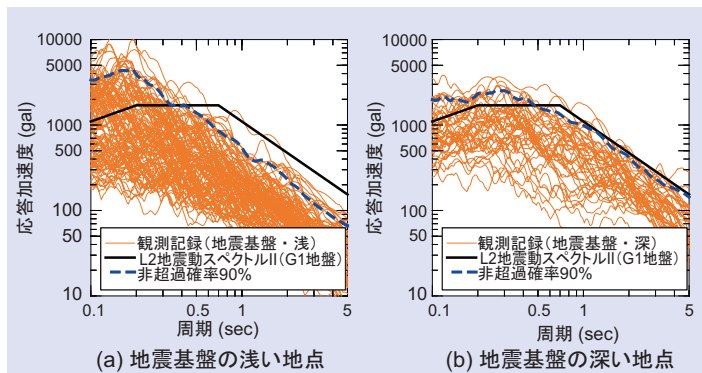


図1 地震基盤深度の違いによる応答スペクトルの変化

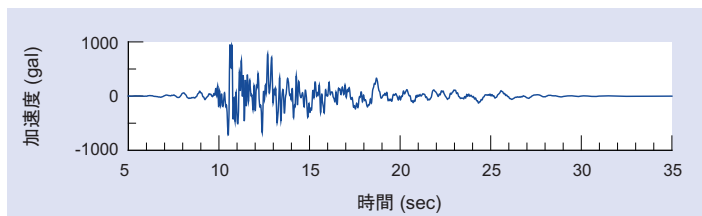


図2 選択された時刻歴波形

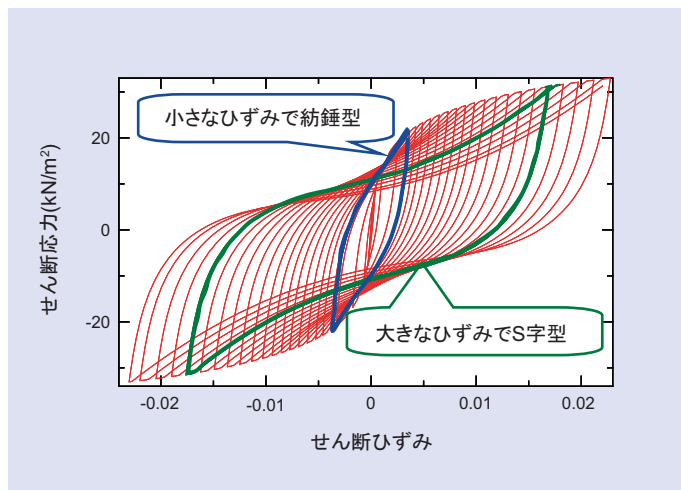
GHE-Sモデルによる土の動的非線形挙動の評価方法

室野剛隆 野上雄太 田上和也 坂井公俊

本研究では、地震時の表層地盤の非線形挙動を動的解析により評価するための土の非線形履歴モデルを提案した。具体的には、既往のほとんどのモデルで考慮できなかったS字型の履歴曲線を表現できるGHE-Sモデルを提案した。このモデルは、ひずみが小さい領域から大きい領域に至るまで、室内試験で得られた動的変形特性および強度特性を完全に満足することが可能である。これにより、中小地震から大地震まで、一つのパラメータで統一的に地盤の挙動を動的解析により評価できるようになった。また、必要な変形特性や強度特性が、実測値として得られない土層にもGHE-Sモデルを適用するために、過去に実施された室内試験結果から合計8つのパラメータの標準値を設定し、本モデルの実務での適用性を広げた。

さらに、GHE-Sモデルを用いた表層地盤の1次元時刻歴動的解析を例にとり、地震時の表層地盤の挙動評価方法を紹介した。

(鉄道総研報告, 2011年9月号)



表面波に起因する地震動波長を用いた軌道の角折れの評価方法

羅休 坂井公俊 曾我部正道

地震時における軌道面の不同変位は、列車の走行安全性に大きな影響を与えるため、鉄道構造物の耐震設計を行う際、その影響を適切に考慮することが重要である。本研究では、軌道面の不同変位の照査に用いられる地表面波の波長に関し、Haskellのマトリックス法を用いて、レイリー波の分散性を反映した位相速度の特性を検討した。分散性の影響を考慮した波長の算定方法を提案した。また、多数の実地盤の諸パラメータに基づいて、耐震設計に用いる表面波の波長算定の経験式を作成した。さらに、この経験式を用いて、耐震標準に定めているG3とG4地盤に建設される高架橋を対象に、L1地震動による角折れに対する地盤の固有周期および波長による影響を検討した。その結果、一般的な設計条件の下で、G3地盤における不同変位の

照査に及ぼす地盤の影響は小さく、G4地盤の場合ではその影響は大きくなったことが分かった。

(鉄道総研報告, 2011年9月号)

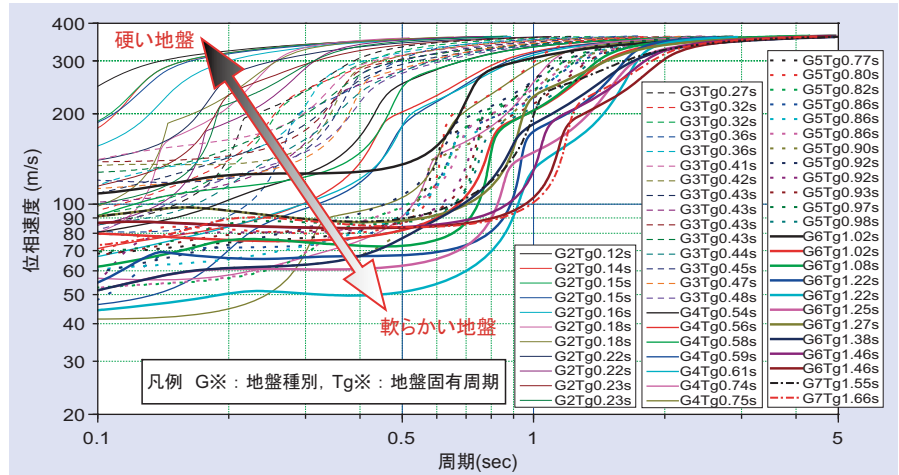


図 各地盤種別における地表面波の位相速度と周期の関係の一例

トータルコストを照査指標とした鉄筋コンクリート構造物の復旧性照査法

岡本大 室野剛隆 坂井公俊

想定される地震動に対して構造物を短期間で機能回復可能な状態に保つためには、構造物周辺の環境状況を考慮し、適用可能な技術により、妥当な経費の範囲内で機能回復できるように構造物の損傷等の程度をコントロールすることが必要である。構造物が供用期間中に想定される複数の地震動を受けた場合に、復旧期間や経費等が供用期間を通じて妥当な範囲内となることは、初期費用と地震損失費用等から直接照査することが可能である。

本論文では、構造物に損傷が生じたことを想定して、初期建設コスト、復旧コスト、および営業損失を合計したトータルコストが最小となるように構造物の諸元を設定することが合理的な復旧性の照査となるという考え方を示した。そして、トータルコスト最小の考え方に基づいた復旧性照査方法について、RCラーメン高架橋を例に試算を行った結果を示した。

(鉄道総研報告, 2011年9月号)

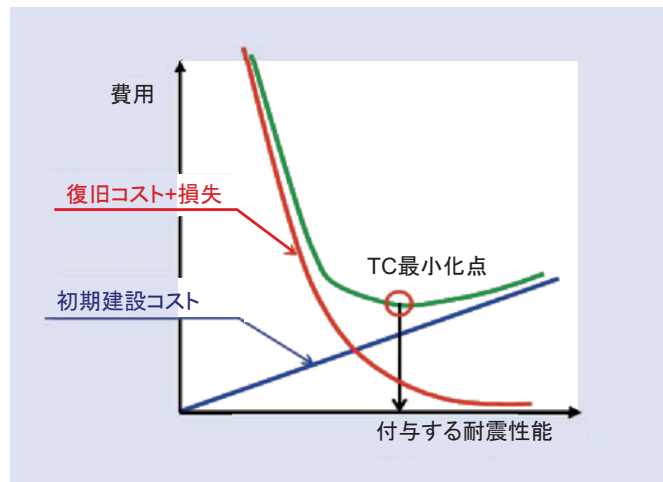


図 トータルコスト最小の概念

動的応答特性の違いを考慮した擁壁および橋台の耐震設計法

渡辺健治 西岡英俊 神田政幸 古関潤一

従来、鉄道構造物等設計標準では、抗土圧擁壁、抗土圧橋台は「抗土圧構造物」として分類され、同じ耐震設計法が適用されていた。しかしながら、擁壁と橋台は地震時の動的応答特性等が異なるため、設計時にはそれぞれの特性に応じた地震時応答値算定法が適用されることが望ましい。また、擁壁と橋台では適用位置が異なり前者は盛土端に、後者は橋梁端に位置し、耐震設計上設定される照査項目、設計限界値も一方は盛土に、他方は橋梁に一致させた方が連続的な鉄道構造物の耐震設計として有効と考えられる。以上を踏まえ本論文では、擁壁模型、橋台模型の振動実験を行い、それぞれの地震時応答特性を比較し、設計モデル、応答値の算定方法を提案した。これらの成果は新しく制定される鉄道構造物等設計標準（土留め構造物）において、補強土擁壁、補強土橋台とともに性能照査型設計法として示される。

(鉄道総研報告, 2011年9月号)

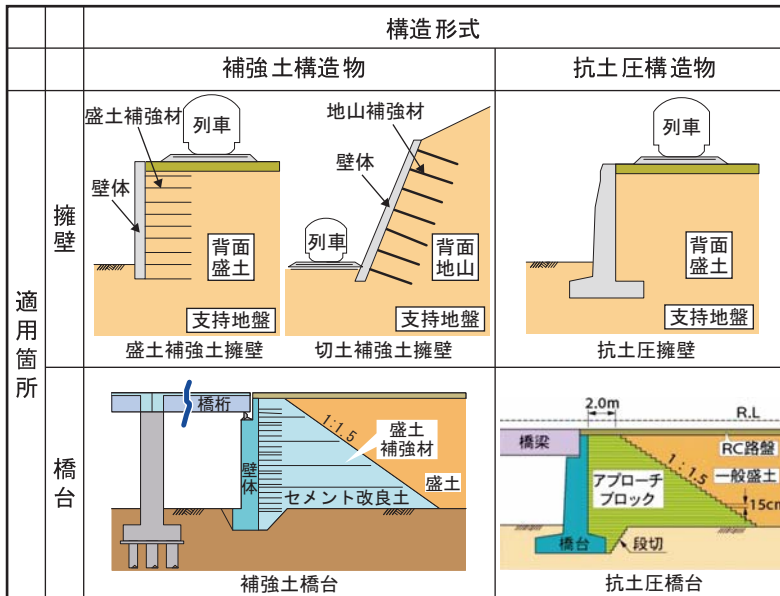


図 土留め標準における土留め構造物の分類

地盤の非線形性を考慮した開削トンネルの破壊形態の確認方法

井澤淳 西山誠治 川西智浩 室野剛隆

開削トンネルの破壊形態の確認では、設計地震動に対して求める地震作用を、ある倍率まで増加させた時点を終局状態と仮定して、応答変位法を用いたプッシュ・オーバー解析を行う。しかし、地盤ばねを等価線形とするため、過大な荷重が構造物に作用する可能性がある。そこで、従来法をベースとして地盤の非線形性を考慮できる手法を提案した。

図に従来法と提案法の比較を示す。提案法では地震作用を漸増荷重させず、設計地震動を増加させた地盤応答解析を複数回行い、地震作用と地盤ばねを評価した上で、各地震動に対する応答値を算定し、仮定した終局時点で部材がせん断破壊しないことを確認する。このため、地盤変位に対応した地盤ばねを用いることができ、現実に近い挙動を再現できると考えられる。

3層2径間の開削トンネルに対する試算から、提案法を用いることにより構造物に作用する荷重を低減でき、発生断面力も精度良く算定できることが分かった。

(鉄道総研報告, 2011年9月号)

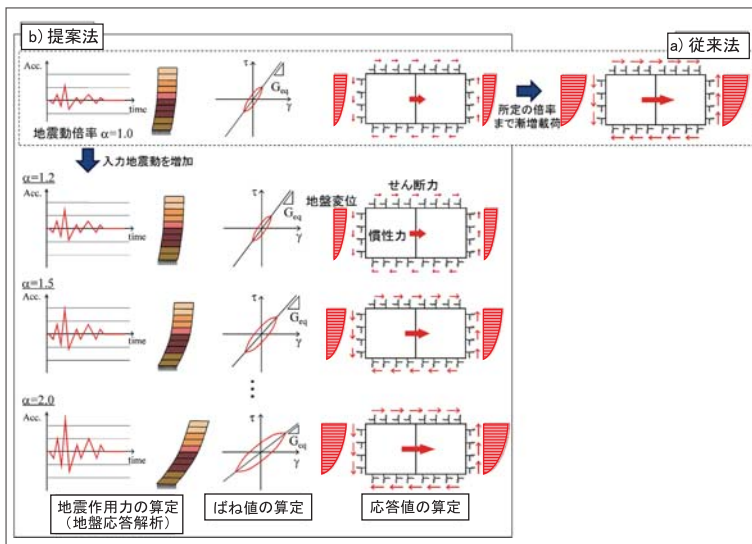


図 開削トンネルの破壊形態の確認における従来法と提案法の比較

周辺地盤の液状化による開削トンネルの浮上がり量の評価法

渡辺健治 澤田亮 舘山勝 古関潤一

従来の鉄道構造物等設計標準（耐震設計）では、液状化による地中構造物の浮上がり挙動については浮上がり安全率によって評価されている。浮上がり安全率は鉄道以外の構造物でも広く用いられている手法であるが、周辺地盤の液状化の程度、構造物の浮上がり易さ等が勘案されず、安全率1以下になると抜本的な対策が必要となるなどの問題がある。

本研究では、開削トンネル模型を用いた系統的な振動実験を行った。実験ではトンネルに作用する荷重や周辺地盤の変形量を計測した。その結果、浮上がり安全率は地中構造物の浮上がりの可能性を評価できるものの、浮上がり量を評価できないことが分かった。そこで、周辺地盤の液状化程度、地中構造物の上載土被り厚の程度を考慮した「浮上がり判定用の P_L 値」を提案し、簡易に浮上がり量を評価できる手法を提案した。

（鉄道総研報告，2011年9月号）

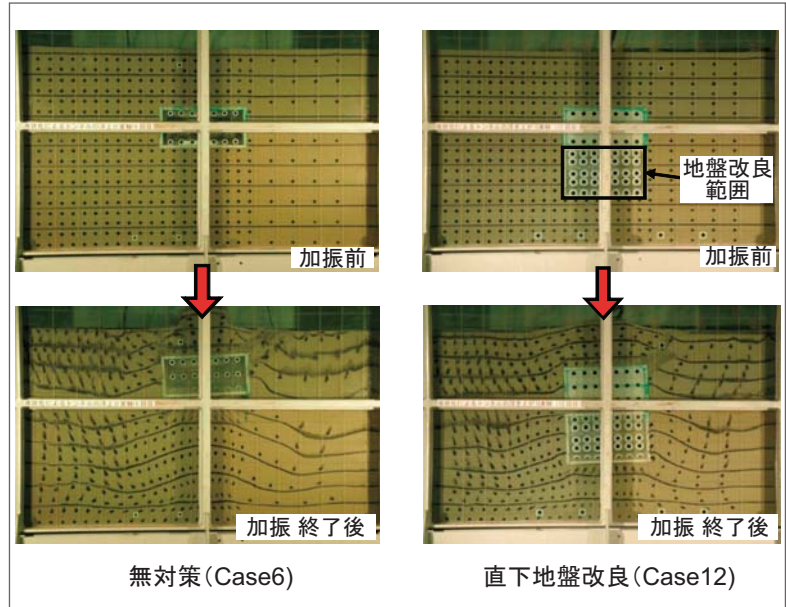


図 トンネル模型の浮上がりと周辺地盤の変形の様子

構造形式の差異に着目した慣性力および地盤変位の影響評価

豊岡亮洋 室野剛隆 野上雄太 西村隆義

現行の耐震標準では、杭基礎の地震時応答に及ぼす地盤変位の影響は、地盤固有周期から定まる地盤条件が比較的良好な場合には設計上無視し得るとされている。しかしこのような地盤でも、地層構成や上部構造物の慣性力によっては、地盤変位が基礎の応答に大きく影響する場合があることが指摘されている。そこで本論文では、地盤変位の影響が小さいとされるG3地盤中の杭基礎構造物を対象に、構造物の検討方向や形式を変えることで上部構造物の慣性力の大きさと地盤変位の関係を変化させ、両者が構造物応答に与える影響を検討した。その結果、G3地盤においても地盤変位が基礎の応答に対して支配的となる可能性があることを示した。この傾向は、慣性力を低減させた免震構造において、地盤変位の影響が相対的に卓越する場合に特に明確に現れた。このことから、良好

な地盤であっても地盤変位による相互作用を適切にモデル化して考慮する必要があることを示した。

（鉄道総研報告，2011年9月号）

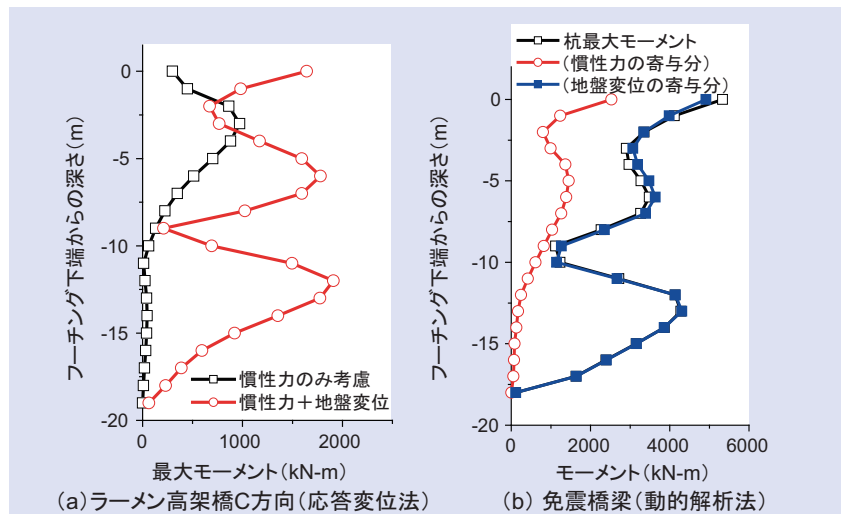


図 杭最大曲げモーメントに及ぼす地盤変位の影響