

## 路盤を杭で支持する補強盛土における頭部構造の評価

盛土, 杭, 路盤

(公財)鉄道総合技術研究所 国際会員 ○小島 謙一, 正会員 野中隆博  
(独)鉄道建設・運輸設備支援機構 正会員 米澤豊司, 森野達也, 丸山修, 鈴木喜彰  
(株)レールウェイエンジニアリング 青木一二三  
(株)複合技術研究所 太田剛弘

### 1.はじめに

産業廃棄物として処理されている建設発生土を盛土材として利用することは、環境面・経済面において非常に有効であると考えられる。しかし、新幹線のような高い性能が要求される盛土においては良質な材料であることが必要であるため、適用しにくいのが現状である。そこで、盛土体自身に直接軌道を支持させない構造とすることにより、建設発生土を盛土に用いることを可能とする工法の検討を行ってきた。具体的には盛土内に地盤改良杭を設置し、杭により路盤面を支持する新しい盛土構造を提案した。本工法により、列車の走行安全性を保つための路盤面の安定は盛土の性能によらないため、比較的品質の悪い材料も盛土材として用いることができる。本構造についてはこれまで振動実験を通して耐震性の検討を進めており、地震時においても所定の性能を有していることを確認してきた。本論文ではこの杭で路盤を支持する構造の盛土において、路盤の沈下に対して影響の大きいと考えられる杭頭部について実施した検討結果について述べる。

### 2.杭頭部の挙動

提案する構造を図-1に示す。コンクリート路盤を支持する盛土構造であるが、基本となる補強盛土の内部に地盤改良杭を設けることにより、盛土堤体と地盤改良杭でコンクリート路盤を支えるものである。特に大地震時においては杭体のみでコンクリート路盤を支持し、盛土堤体の変形が生じても軌道は変形しないため、盛土材が必ずしも良質なものである必要がなく、発生土が適用可能であり環境に対しても優れた構造である。大地震時においては杭体のみで軌道を支えることから開発にあたっては、模型振動実験を行い耐震性能の検討を行ってきた。模型振動実験の一例として、模型の概要図を図-2に示す。実験の詳細は参考文献<sup>1)2)</sup>に詳しい。図-3に実験後杭頭部付近の状況を示す。図-4に示す不規則波を入力動として、ピーク加速度を100gal毎に上昇させるステップ加振を行った。図-5は各加振終了時のコンクリート路盤と盛土のり面上部の沈下量である。コンクリート路盤では10mm、盛土のり面では12mm、盛土天端では27mmの沈下が生じた。図-6に盛土の変形図を示す。盛土は明確なすべりは生じなかったが、のり面方向への変位と揺すり込みによる変位により沈下が発生した。コンクリート路盤は杭体で支持されていることから盛土よりも小さな沈下であったが、当初想定しているよりは大きな沈下量であった。これはコンクリート路盤と杭体の間にある碎石層が盛土の沈下にともない杭頭部から抜け出してきたためである(図-7参照)。そのため、コンクリート路盤と杭頭部における構造が、本盛土構造の性能を左右する重要な個所であることが解った。

碎石の抜け出しを抑制する方法として、最も簡易で直接的な方法としてはコンクリート路盤と杭体をつなぐ構造である。図-8に示す頭部構造を有する盛土体の振動実験を行い挙動の評価を行った。図-9に結果として、実験後杭頭部の状況を示す。当然ではあるが、コンクリート路盤の沈下は全く生じていない。図-10は頭部を剛結した場合と碎石層を有している場合の加速度応答である。剛結した場合にはコンクリート路盤において2.6倍もの応答倍率となった。碎石を

Estimation of characteristic on top part of piles in reinforced soil embankment: KOJIMA Kenichi, NONAKA Takahiro(Railway Technical Research Institute), YONEZAWA Toyoji, MORINO Tatuya, MARUYAMA Osamu, SUZUKI Yoshiya(Japan Railway Construction,Transport and Technology Agency), AOKI Hifumi(Railway Technical Research Institute), OHTA Takahiro(Integrated Geotechnology Institute Limited)

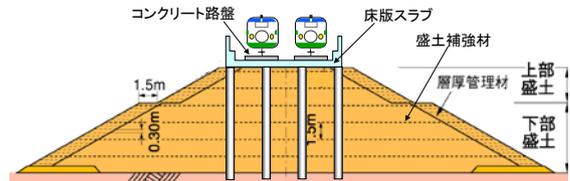


図-1 パイルスラブ式盛土概要図

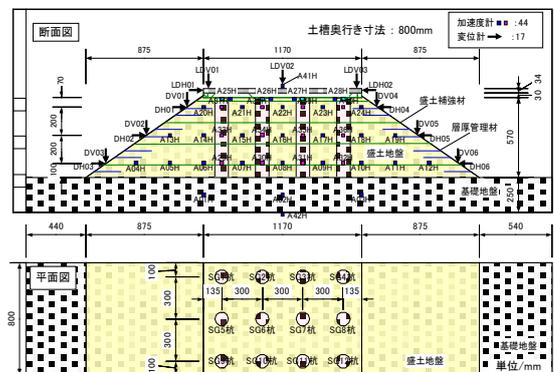


図-2 全断面模型概要図



図-3 実験後杭頭部付近の状況

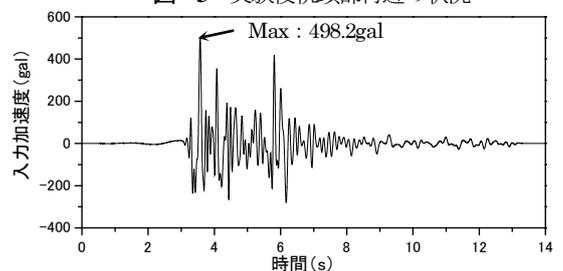


図-4 入力波の一例 (500gal)

挟んでいる場合のコンクリート路盤の応答倍率は1.2倍程度であり、これと比較すると剛結の場合にはかなり大きな応答が生じることとなり、杭頭部に大きな応力がかかることや列車走行安定性に対して課題が残ることが確認された。これらの結果から、本盛土において杭頭部の構造としては、施工が容易であり特殊な構造ではない、経済的であるという基本的な要求に加えて、コンクリート路盤の沈下を抑える、地盤改良杭の損傷を極力防ぐ、コンクリート路盤の応答をあまり増幅させないという要求性能を満たすものが適切であり、コンクリート路盤と地盤改良杭の間の砕石の抜け出しが生じず、またコンクリート路盤と杭体を結合させない工法が要求された。

### 3.新構造の検討

力を伝えない点では、土や砕石は効果的である。また、施工性やメンテナンス、経済性を考えると新たな物質や特殊な工法を用いるよりは、現状の砕石を有効利用することが最適である。そこで、上記の要求を満たす構造として杭頭部の砕石を土のうで包む工法を提案した。土のうで包むことにより砕石が杭頭部から抜け出すことを防ぐことができる。また、土のうは土を拘束することができるため、支持性能も飛躍的に向上させる効果があることから、コンクリート路盤を支持する機構としては最適であると考えられる。路盤と杭頭部を剛結した時のような応答を直接伝えることなく、杭への負担や路盤の応答を減らすことができる。さらに、砕石層と同じ材料を用いるため、同一の施工の中で構築ができ経済性や施工性に対して優れている。実際に想定される土のうのイメージを図-11に示す。土のうは杭頭部全体覆い載せる大きさとし、材料には比較的強度の強いジオシンセティクスを用いることとした。

### 4.おわりに

これまで行った模型実験から路盤を杭で支持する新しいタイプの盛土について、コンクリート路盤の変形を大きく左右するコンクリート路盤と杭頭部の構造形式について評価し、要求させる性能について整理を行った。また、この性能を満たすべき新しい構造として土のうを利用した構造を提案した。土のうについては従来から適用されているものであり、特殊なものではない。しかし、コンクリート路盤直下に設置され、また比較的少ない杭（改良率10%程度）で支持することとなる点、沈下に対する制限値も厳しい性能の高い鉄道構造物である点から、列車荷重に対する圧縮沈下の評価<sup>4)</sup>が重要である。また、大地震時においては周囲の盛土が沈下し、土のうと地盤改良杭のみでコンクリート路盤を支持する構造となることから、大きな水平力を受けたときの挙動の把握が必要と考えられる。今後は、これらの変形特性を把握することにより、土のうによる頭部構造を確立させる予定である。

<参考文献>

- 1)米澤豊司, 丸山修, 森野達也, 武田栄広, 小島謙一, 坂本寛章: パイルスラブ式盛土の模型振動台実験—地盤改良杭の効果—, 第65回年次学術講演会, 土木学会, 2010
- 2)森野達也, 丸山修, 米澤豊司, 武田栄広, 青木一二三, 小島謙一, 坂本寛章: パイルスラブ式盛土の模型振動台実験—粘性土盛土—, 第46回地盤工学会研究発表会, 地盤工学会, 2011
- 3)坂本寛章, 渡辺健治, 丸山修, 米澤豊司, 森野達也, 清田三四郎, 青木一二三: パイルスラブ式盛土の模型振動台実験—杭頭部の構造比較—, 第46回地盤工学会研究発表会, 地盤工学会, 2011
- 4) 森野達也, 米澤豊司, 丸山修, 青木一二三, 小島謙一, 野中隆博, 佐藤貴史: 路盤を杭で支持する補強盛土における土のうを用いた杭頭部の動的鉛直荷試験, 第47回地盤工学会研究発表会, 地盤工学会, 2012

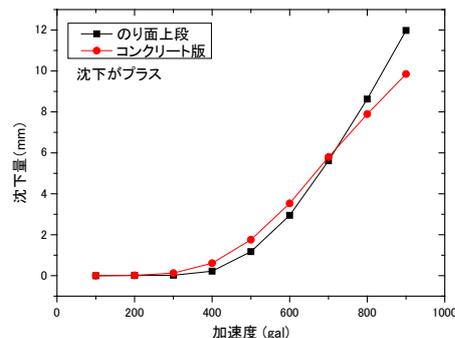


図-5 各加振時における沈下量

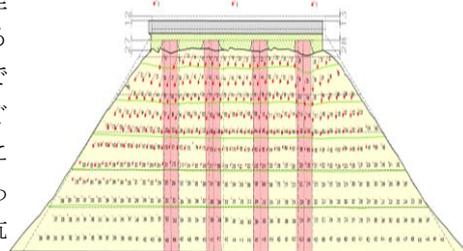


図-6 実験後の盛土の変形図

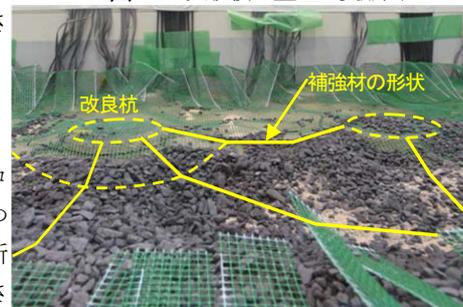


図-7 コンクリート版撤去後杭頭周辺

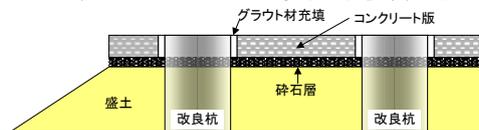


図-8 コンクリート版剛結概要図

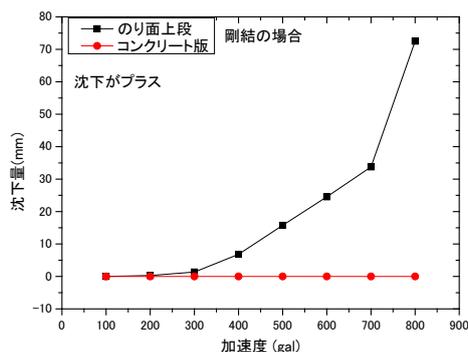


図-9 各加振における沈下量(剛結)

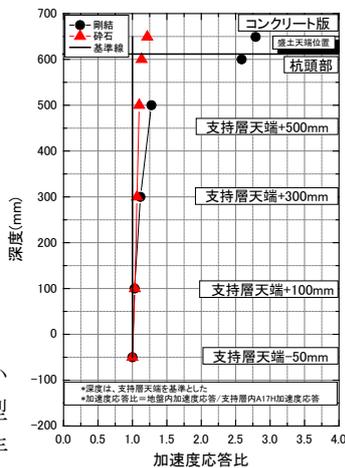


図-10 加速度応答比

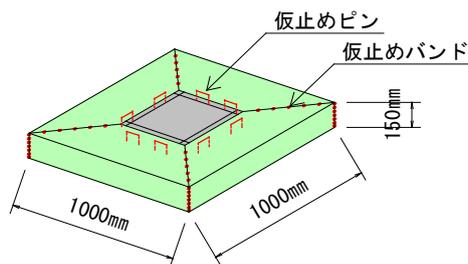


図-11 土のう概要図