

プレローディッド・プレストレスト補強土橋脚

橋脚や橋台は、橋桁の自重や列車荷重などが集中して作用するため、土で直接支持することは困難となります。このため、コンクリート製のものが用いられます。稀に良く締固めた碎石で盛土を構築し、その上に小橋台を設置する(小橋台)方式が採用される場合もありましたが、桁設置時の即時沈下と長期に亘る列車の繰返し載荷による沈下が問題となるため、長大な橋桁を支持することは困難でありました。また兵庫県南部地震以降、設計地震動が大きくなったこともあり、耐震性の小さな盛土で支持される小橋台方式は、現在ではほとんど使われなくなりました。そこで、より大きな地震動や集中荷重が作用した場合でも盛土の即時沈下・残留沈下が抜本的に小さくなり、加えて耐震性も向上するプレローディッド・プレストレスト(以降、PL・PSと呼ぶ)補強土工法を考案しました。この工法は、補強盛土内に鉛直緊張材(タイロッド)を配置し、盛土に一時

的に著大な荷重履歴(プレロード)を与え、十分に塑性沈下を生じさせた上で半分程度の荷重を除荷し、残りの荷重を長期的に緊張荷重(プレストレスト)として保持することによって高品質な盛土構造物を造る工法です。

図1に、本工法が初めて適用されたJR九州篠栗線の補強土橋脚の構造と構築中の状況を示します。ここでは、地盤改良杭に定着した4本の鉛直緊張材を予め設置し、ジオテキスタイルと碎石を用いて橋脚本体を補強土工法で構築し、ジャッキによりプレロードを与え、ナットで締め付けてプレストレストを保持することによって構築しました。図2は緊張力と盛土沈下量の長期計測結果を示します。緊張力の時刻歴からプレロードを作用させ、その後プレストレスト状態で荷重保持した状況が分かります。この橋梁は仮線ではありますが、約4年間に亘り営業線として使用されました。桁を設置して供用中に生じた残留変形量は、驚くべきことに僅か1mm弱でありました。また、列車通過時の盛土の圧縮ひずみは、盛土高さに対して 1×10^{-5} 程度の弾性範囲に収まっており残留変形も生じませんでした。これによって、盛土でもあってもコンクリートなみの優れた変形性能を有することが確認されました。また、コンクリート橋台と比べて材料費は安く、基礎も地盤改良による簡便な処理で済むことから、大幅なコストダウンが可能であることが確認されました。

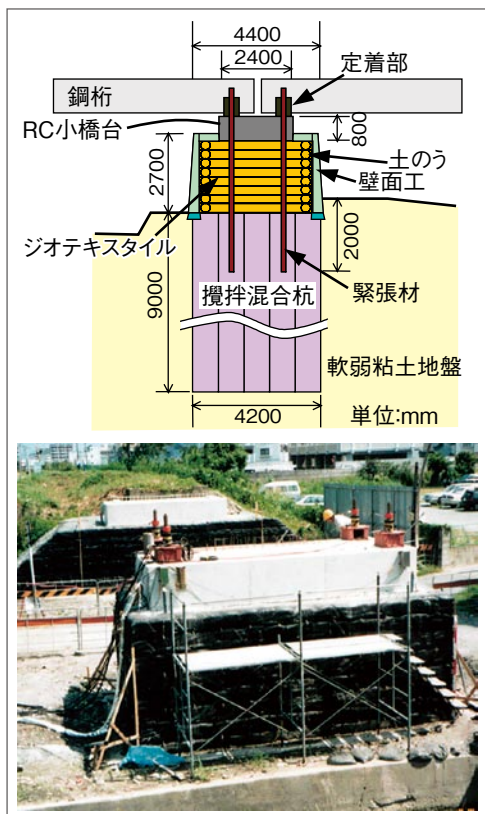


図1 PL・PS補強土橋脚の構造と全景

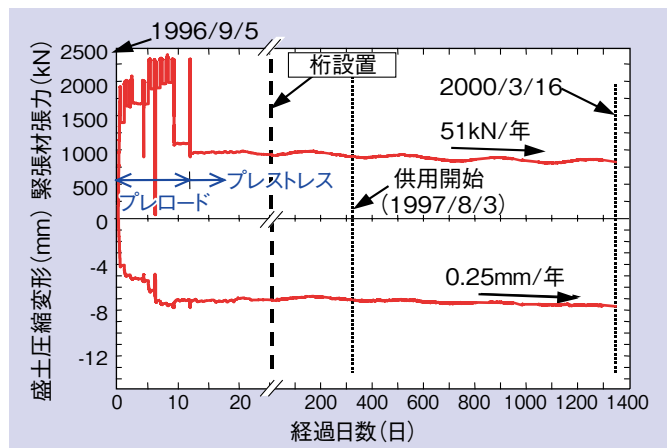


図2 緊張力と盛土沈下量の長期計測結果

発明余話

土は、コンクリートや鉄などの土木材料と比べると「弱くて柔らかくて信頼できない」と通常見なされます。しかしながら近年の補強土工法の進展に伴い、土構造物であっても適切に強化・補強すれば、コンクリートや鋼構造物に劣らず十分に信頼性が高い構造物となることが実証されてきました。特に、「元々、クラックだらけではあるが、拘束圧が高くなればなるほど、強く、硬くなる」と言う、土、本来の特長を有効に活用できれば、地震に対しても非常に強い構造物が構築できます。本発明は、このような特性を活用して提案したものです。しかしながらこのような思想は、当時は（今でも？）、受け入れられるものではありませんでした。例えば、プレストレストコンクリートでは、圧縮性の小さいコンクリートにプレプレストレスをかけた場合でも、多少のリラクゼーション（応力緩和）が生じてプレストレスが抜けることがあります。ましてや、コンクリートに比べれば圧倒的に圧縮性やクリープ変形が大きな土にプレストレスを加えても、直ぐにプレストレスが抜けて効果を発揮しないと考えてしまうためです。しかしながら土は、一旦大きな圧力を加えて応力を開放した場合には膨張することが知られております。地盤の掘削時に見られるリバウンドはこの現象です。そこでこの発明では、ただ単にプレストレスを加えるのではなく、一旦、大きなプレロードを与えた後に荷重を半分程度除荷しプレストレス状態を保持することにしました。なおこの効果は、図2の計測結果により証明されました。

4年間の実績はあるものの、この工法の弱点は依然として応力緩和であり、供用期間中（数十年～百年）の長期に亘って緊張力を管理しプレストレスを維持することは保守の立場から敬遠されます。そこで、万が一、沈下が生じた場合でも、緊張材締結部にバネを取り付け、沈下に追従して載荷版を押しつける方法を提案しました。しかしバネだけの場合には、大地震時において補強土橋脚が曲げ変形し、

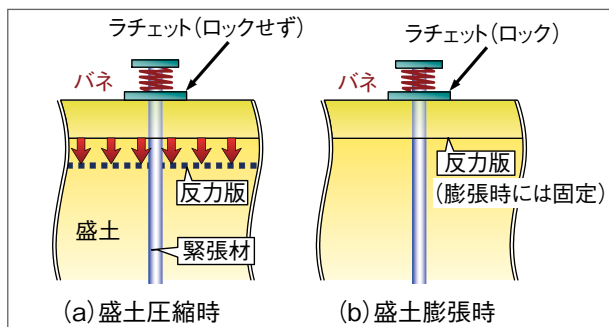


図3 ラチェット式緊張材締結装置

《権利メモ》

発明の名称：補強土体の構築方法及びその構造物

概要：盛土の上下に載荷版を配置し、鉛直緊張材にプレロードを加え、必要に応じて荷重の一部を開放して緊張材を固定することによって構築する高品質な盛土構造物。

出願番号：特願平 6-189216 (1994. 8.11)

公開番号：特開平 8- 53842 (1996. 2.27)

登録番号：特許第2895401号 (1999. 3. 5)

総発明者：館山勝、龍岡文夫

盛土にダイラタンシーが生じて上方に膨張しようとする場合に、バネが上向きの変形を拘束できなくなってしまいます。盛土の上方への膨張は土の拘束圧が減る方向であるため、盛土の安定にとって極めて危険な変形モードとなります。そこで、常時の盛土の沈下に対してはバネによって支圧版を押し付け、地震時に盛土が上方に膨張しようとする場合には、それを阻止できる図3の機能を有するラチェット装置付き締結装置を考案しました。この締結装置を用いて模型振動実験を実施しましたが、従来形式の橋台模型では500gal加振で橋台天端の水平変位量が大きく増加したのに対して、PL・PS橋台は、1000gal加振に対してもほとんど変形することはなく十分に高い耐震性を示しました。また、コンクリート橋台では部材に損傷が生じた場合の修復に手間がかかりますが、本構造では緊張材を締め直すだけで再利用できるため、地震時の復旧性においても優れた構造といえます。

このような全く新しい技術は、実務者の理解が得られなければ実用化に至らないものです。実用化に結びつけるためには、よき理解者の出現と、一つ一つの研究の積み重ねが重要です。幸い、篠栗線は4年間の仮線使用であったこと、JR九州によき理解者がたくさん居たことによって採用されましたが、その後、本格的採用に至っていないのが残念です。今後、より完成度を高めて、理解者を増やす必要があると考えています。ちなみにこの発明は、共同発明者である龍岡文夫教授（当時、東京大学）と新橋の飲み屋の帰りの電車の中で考え付いたものであります。これに限らず龍岡先生とは、飲んだ時の議論の中から有力な特許が生まれます。お互いに、アルコールによって常識が吹き飛ばされる効果なのかもしれません。今後も大いに飲み、大いに議論したいと考えています。

（構造物技術研究部 館山勝）

※記事に関するお問合せ先：情報管理部（知的財産）

NTT：042-573-7220 JR：053-7220