

随筆 「私と補強土」

名城大学 小高猛司

30 年近く前、私が名古屋大学の博士課程の 3 年生になる前くらいに、師匠の浅岡顕教授（現、名古屋大学名誉教授）から藪から棒に「補強土をやれ」と命じられた。自分の博士論文とはもちろん別物で、4 月から来日する留学生のテーマにするので、その指導をせよという指示であった。また、地元のゼネコンとの共同研究でもあるという。その年は博士論文のまとめに専念できと思っていたので呆気にとられていたが、「博士論文なんて連休明けまでにさっさとまとめろ。」という耳を疑う命令がおまけに付いてきた。これが、私と「補強土」との出会いである。

補強土とは、土中に補強材と呼ぶ異物を入れて強化した土構造物である。切土斜面に鉄筋などを挿入する「地山補強土」と、盛土構築時に高分子材料のシートや、帯鋼・鉄筋など金属補強材を入れ込む「補強土壁」の 2 つがある。この時の開発は、地山補強土である。共同研究元のゼネコンが地山補強土の開発を始めたのは、プレキャストコンクリート板を大量に作りすぎて、その活用に困ったからだという、嘘か本当かわからないような理由を師匠から聞かされていた。いずれにしても、まずはプレキャストコンクリート板ありきで始まった地山補強土の開発研究であったが、我々名大チームが担ったのは理論的にその工法が有効であることの証明である。土木技術というものは、理論などあってもなくてもそれらしい物ができてしまうところがすごいところであるが、実際に、研究よりも先に試験施工の方が進んでいた。

土とは、パラパラの土粒子の集合体である。摩擦性材料とも呼ばれる通り、作用する拘束圧次第で、それに比例したせん断強さはどれだけでも大きくなる。土構造物の難しさは、その拘束圧を如何に維持し続けるかにある。切土斜面においては、掘削による地形の人工改変で生まれた斜面近傍の拘束圧は一様に低下している。これを応力解放と呼ぶが、摩擦性材料である土でできた斜面においては、これがせん断抵抗力の大きな低下につながる。

さて、開発した地山補強土は、プレキャストコンクリート板の中心から 1 本の異形棒鋼の鉄筋を地山に挿入する工法である。切土による地山の応力解放を極力防ぐ役割を果たすのが、挿入するその鉄筋である。鉄筋の引っ張り

剛性は土に比べて非常に高いため、鉄筋の周囲にある土は「伸びたいのに、伸びられない」状態となる。この鉄筋が、斜面内に一定の密度で沢山挿入されるので、鉄筋の長さの範囲の地山内部の拘束圧は一様に高くなる。一方、壁面工であるプレキャストコンクリート板の役割はさらに重要であった。鉄筋の根元に、曲げ剛性が非常に高いコンクリート板が存在することで、補強領域にある土は「伸びられない」のに加えて「曲がりたいたのに、曲がれない」状態になる。そのため、本来拘束圧がほとんど期待できない斜面表層の拘束圧までが高くなり、補強領域全体にわたってせん断抵抗力が大きい土構造物が出来上がる。要するに、土が自分自身の摩擦性によってコンクリートにも匹敵する高強度な材料となるのだが、その際の壁面工や鉄筋は、土の潜在能力を引き出すための道具にすぎない。以上のことを、ほぼ屋外に近いゼネコンのヤードで真冬に実施した大型模型実験や徹夜続きの数値解析によって「理論的」に示し、数本の論文にまとめた。今でもこれらは、補強土の本質を論じている数少ない研究の 1 つ（本音は唯一）と思っている。ただし、理論と設計は必ずしも一致するものではなく、設計法には、補強材の引張力を用いる「ありきたりな」理屈を使っている。本来、補強材力は、土と補強材の相互作用で生じる「内力」であり、アンカー緊張力のような「外力」として扱うのは不合理なのだが……。それはともかく、その後のこの地山補強土工法の成長は著しく、今や千件に迫る施工実績を誇っている。また、度重なる地震や豪雨災害にもびくともしていないのは、設計法が保守的かつ安全側の証であろう。

阪神大震災の年から 10 年以上名古屋を離れていたこともあり、この工法と疎遠な時期もあったが、名城大学に赴任してから再びこのゼネコンと共同研究をはじめた。今度は、同じプレキャストコンクリート板を用いる補強土壁工法である。盛土補強土としては後発であるためにやや苦戦を強いられているが、鉛直施工可能に進化を続けている先の地山補強土工法と併せて、切盛連続で一体化した補強土構造物を構築できる工法としても活用されている。以上、本誌 2016 年 9 月号*にて紹介させていただいた補強土工法の開発秘話?であった。

* 桐山・武藤・西尾・小高：UFC 製品や RC 製品を活用した新しい補強土、コンクリート工学, 54(9), pp.871-875, 2016