

土木構造物に用いられている人造石の物性と強度測定

名城大学 学生会員 ○竹内 幸輝
名城大学 正会員 藤井 幸泰

1. はじめに

愛知県をはじめとする中部地方には、人造石が用いられている土木構造物が多く現存している。これらのいくつかは修復・保全され、土木遺産として認定されているものもある。しかしそのような歴史的構造物に対して、文化的価値を損なうことなく、修復・保全するための技術が十分に研究されているとはいえない。

人造石はコンクリートと比較して持続可能性や環境に良いなどの観点から注目されており、いくつかの先行研究がなされている¹⁾。しかし、施工方法の記録が残っていないことや、材料で用いる真砂土は天然の材料のため、産地によって性質にバラツキがあり、その施工方法や性質については不明な点が多い。そこで人造石の強度や物性を明らかにするため、実験室で試験的に作成して一軸圧縮試験を実施した。

2. 人造石工法とは

人造石工法とは、コンクリート工法が普及するまでの明治から大正初期にかけて新田開発や築港、堤防などの土木工事に広く用いられた土木工法である¹⁾。日本古来の技術である「たたき」（三和土、敲き、叩き）を応用して用いられた工法であり、愛知県碧南市出身の服部長七が考案した。たたきとは消石灰と真砂土（サバ土）をにがり水で練り混ぜ、叩き締めたものである。使用場所としては、主に土間や床下など、湿気防止を要するところに用いられた。1900年代（明治30年代）になり、セメントを用いたコンクリートでの施工が広がり始めるが、当時、セメントは輸入品が多く、高価なものであった。そこで、コンクリートに近い強度を持つ人造石工法が、西日本を中心に用いられた。人造石の材料は、たたきでも用いられる消石灰と真砂土と割石である。割石は主に花崗岩が用いられた。なお、先行研究¹⁾によって歴史的構造物から採取された人造石の強度測定が行われており、強度は1~2N/mm²と推定されている。しかし、試験に用いたサンプル数が十分と

は言えず、さらなる検証が必要である。また、愛知県内38か所を対象に調査を行ったところ、おおよそ消石灰：真砂土=1：8~15であることが判明している¹⁾。添加する水の量は叩き締めた際に表面から水が染み出す程度であり、定量的に表すことができていない。また、叩き締める回数に関して、最適な回数は判明できていないが、叩く回数が多いと強度が出る傾向があると判明している。

3. 実験方法

3.1 実験に用いる真砂土の選定

真砂土の性質は、母材である花崗岩の性質や風化過程によって大きく異なる。そのため、現地採取した真砂土では、同一条件で実験するのが困難である。そこで入手可能な土質材料から人工真砂土を作成し、実験を行うこととした。人工真砂土は日本全国に分布する真砂土の粒径の平均とする²⁾。材料は切込砕石と三河珪砂4号、6号、8号、DLクレーを用いた。それぞれの材料の配合割合（重量比）は切込砕石：4号：6号：8号：DLクレー=22.6%：21.3%：26.5%：18.0%：11.6%とし、人工真砂土の粒度分布を図-1に示す。また、切り込み砕石は2mm以上、0.85mm以下は除いて用いた。

3.2 供試体の作成方法

一軸圧縮試験を行うにあたり、供試体を作成した。供試体の大きさは、φ50mm×100mmの円柱供試体を作成した。供試体は人工真砂土と石灰、海水もし

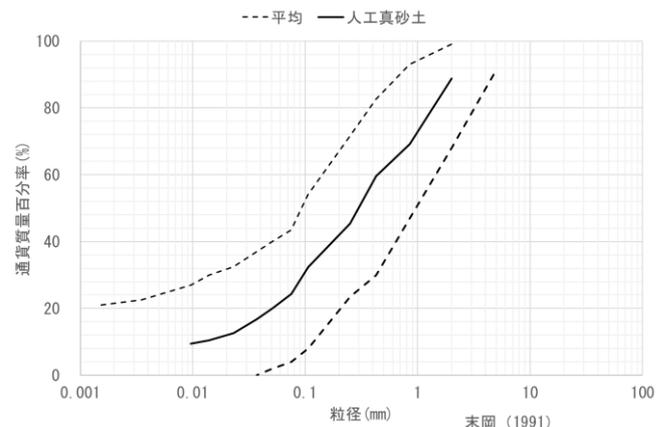


図-1 人工真砂土の粒度分布



図-2 人工真砂土を用いた供試体

くは水を混ぜて、たたき締めで作成した。海水は濃度 3.5% の海水を使用し、三層にわけて作成した。供試体を作成し、7 日間自然乾燥させたのち、強度測定を行った。作成した供試体を図-2 に示す。

4. 実験結果

4.1 叩き締め回数の変化による強度測定

石灰：人工真砂土=1：9，

含水比 3%，三層で各層締固め回数を 20,30,40,50 回とする。ここでは、水を加えて供試体を作成した。また、人工真砂土と天然真砂土の強度差を比較するため、人工真砂土と南木曾の真砂土を用いて実験を行った。条件は同一とし、実験結果を図-3 に示す。

叩き締め回数の変化による強度測定を行ったところ、30～40 回程度で最も強度が高かった。また、人工真砂土と南木曾真砂土を比較したところ強度に大きな違いはなかった。

4.2 含水比の変化による強度測定

石灰：人工真砂土=1：10，三層で各層締固め回数を 30 回とし、含水比 5,8,10,15,20%とする。また、海水と水の強度差を把握するための実験も行った。条件は同一とし、実験結果を図-4 に示す。

含水比を変えて強度測定を行ったところ、含水比 10%の時に最も強度が高いことが判明した。また、含水比 10%時には、水に比べ海水の強度が高い傾向がみられた。

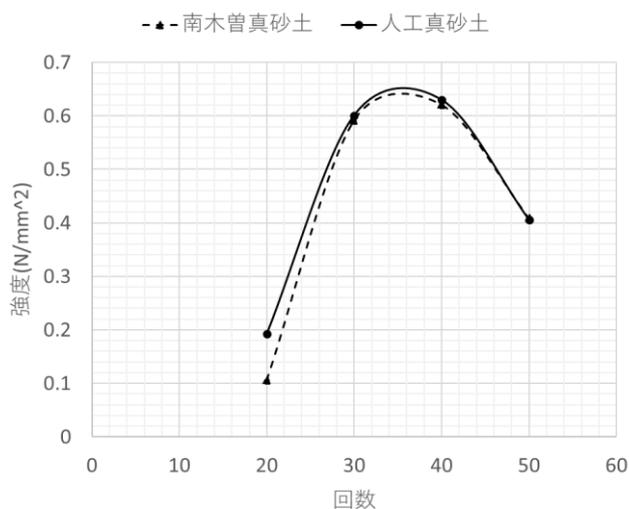


図-3 叩き締め回数の変化による強度測定

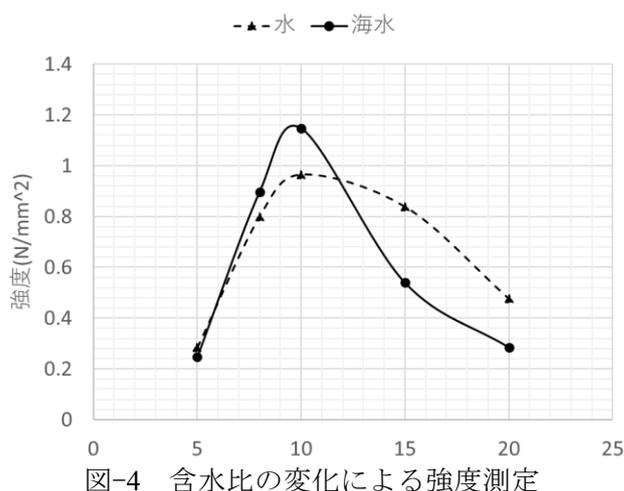


図-4 含水比の変化による強度測定

5. 考察

先行研究では、人造石の強度は $1\sim 2\text{N/mm}^2$ と推定されていた¹⁾。本研究の結果より、消石灰：人工真砂土=1：10，含水比 10%，叩き締め回数を 30 回にし、海水を用いた場合、強度が 1.15N/mm^2 となり、先行研究の強度とほぼ一致した。

叩き締め回数の変化においては、叩き締める回数が多いほど強度が高くなると推測されていたが、本研究の結果より、40 回以上叩き締めると強度が低くなることが明らかになった。原因として、叩き締め回数の増加により、人工真砂土の粒子が壊れて供試体の密度が低くなったと考えられる。また、海水と水の比較では、含水比 10%では水に比べ海水の強度が高くなったが、含水比 8,15,20%の時では、水を用いた供試体の強度が高くなった。原因は、現在判明していないため今後の研究材料としていきたい。

6. 結論

本研究では、人工真砂土を用いた人造石を作成し、強度測定を行った。この結果、最適叩き締め回数、最適含水比が推定できた。今後は消石灰と人工真砂土の最適配合比や海水の塩分濃度による強度への影響について検証していき、実際の修復・保全に用いることができるか検討していきたい。

参考文献

- 1) 天野武弘：服部長七没後 100 年にあたり歴史的土木工法（人造石工法）に再び光を、服部長七と人造石工法産業近代化の基礎づくりを担った土木技術，pp5-17, 2020
- 2) 末岡徹：地盤工学の立場からみた風化残積土に関する研究，p103, 1991 年 1 月