

軽量置換による地耐力増加 + 液状化による噴砂抑制工法

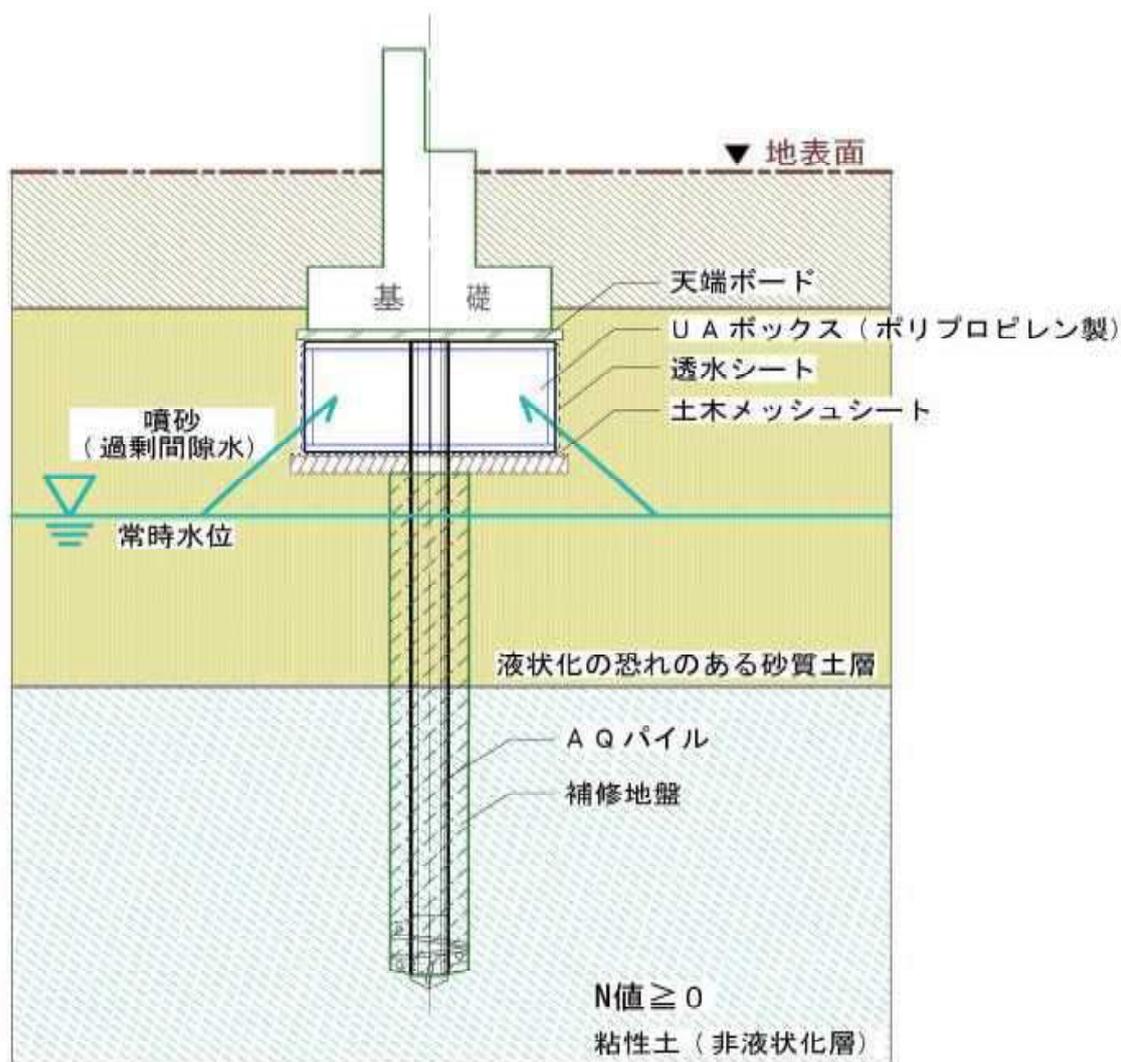
特許5468165号

# AQUAラフト工法

AQアンカー + UAボックス

による地盤補強工法

## 技術解説書



UAボックスは、プラスチック製等の雨水浸透施設等に用いる材料の総称です。

### AQパイル協会

【株式会社総合地質コンサルタント・㈱ピーステージ】

設計担当部署 株式会社 総合地質コンサルタント  
施工担当部署 有限会社 ピーステージ

2014/08/07改

# 1. AQUAラフト工法の概要

1. 本工法は、常時においては、UAボックスを用いた軽量置換工法による効果で、基礎に加わる上載荷重の低減、及び上載荷重が集中する箇所に施工したAQアンカーが、「地盤の不均一性及び上載荷重の偏心に伴う不同沈下」を防止します。

さらに、地震時においては「液状化による噴砂の抑制」により不同沈下を防止することを目的とします。

## 2. UAボックスとAQアンカーについて

2.1 UAボックスに使用している材料は、社団法人雨水貯留浸透技術協会にて技術評価認定を受けた製品です。

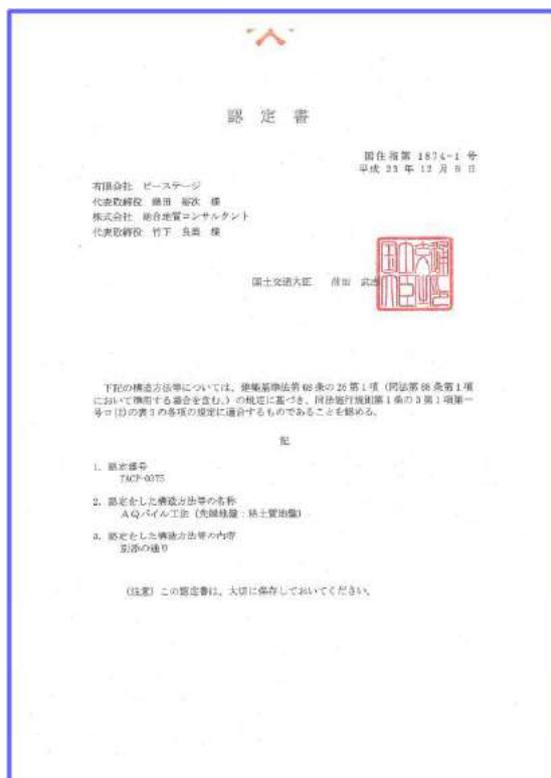
AQUAラフト工法では、軽量置換え材並びに噴砂抑制装置として地盤の支持力を増加させます。

2.2 AQアンカーとは、国土交通省の大臣認定(国住指第1872-1,1873-1,1874-1号)を受けたAQパイル工法に用いる杭です。螺旋状の翼と、杭周辺の地盤を補修する機構を先端部に取り付けた鋼管杭を、施工時に直接周辺地盤にセメント・マイクロサンド・水からなる「地盤補修液」を添加、攪拌し「補修地盤」を築造しながら、回転圧入させて埋設する周面摩擦力が得られるハイブリッド杭です。

AQUAラフト工法では、集中荷重を応力分散させることにより沈下抑制の働きをします。



噴砂抑制(AQUA工法) 工法特許証  
第5468165号



AQパイル工法先端粘土質地盤TACP-0375  
先端礫質地盤TACP-0374  
先端砂質地盤TACP-0373

## 2. 基礎設計の考え方と施工に当たっての留意点

- ・ 本工法の目的は、1) 軽量置換材を用いた置換工法により、地盤の不均一性・建物偏心荷重に対する不同沈下を防止すること、排土重量及び置換え深度によるDf増加効果により、基礎直下の地盤の地耐力を相対的に増加させ、かつ圧密沈下を低減させることです。2) AQアンカーを荷重が集中する箇所に配置することによって、杭周面地盤による荷重分散効果により、不同沈下を抑制します。

そのため、本工法は国土交通省告示1113号で算出された基礎底面直下の在来**地盤強度が必要地耐力を満足していることが条件**になります。ただし、構造設計者がAQUA工法の支持力算定において、置換工法分St及びAQパイル工法Aq(長期)による地耐力増加を承認した場合はその限りでないとしています。

- ・ 本工法は**直接(ベタ等)基礎形式**の地盤補強を**基本**とします。
  - ・ AQアンカー及びUAボックスの配置は、最低限基礎外周部とし、必要に応じて内部にも配置します。すなわち、UAボックスに囲まれたそれぞれの支配面積における許容沈下量以下になるように配置します。AQアンカーは最低限四隅に配置し、UAボックス100Setに1箇所以上になるように中間及び内部にも配置します。そのため、地中梁形式の場合においても上記を満足している構造であれば使用できます。なお、配置における誤差は50mm以下とします。
  - ・ 直接基礎形式による置換工法であるため、地震時等の水平力は、基礎と在来地盤の摩擦抵抗に期待し、AQアンカーに**水平力は負担させない**こととします。
  - ・ 地震時の液状化による地表面(基礎部)に与える影響は、液状化層の深度及び厚さによって異なりますが、地震時の揺れによる荷重の傾斜も考慮して在来地盤の地耐力を安全側に**地震時(短期)の1/2以下**として、液状化時の地耐力を算定します。
  - ・ 本工法による最大地耐力はUAボックスの許容強度で決定されるため、許容鉛直応力は製品によってことなりますが最大**85kN/m<sup>2</sup>(材料長期支持力の1/3)**とします。また、施工時にUAボックスの設置に間隙が発生した場合には、同一強度の材料で充填します。
  - ・ UAボックスを梱包する透水シートは、噴砂時の過剰間隙水の透水性を考慮して透水性の良い**10<sup>-1</sup>cm/s以上(砂礫層以上の透水性)**を有する材料を使用します。
  - ・ 個々のUAボックス上面の間隙及び不陸を修正するために**リプラボード® t=3mm又は(同等品)以上の強度**を有する材料を使用します。
  - ・ 支持力管理は、必要に応じて載荷試験等で確認します。
  - ・ 施工に関しては、AQUAラフト工法(AQパイル工法管理者兼務)の施工管理者の指導の元を実施していただきます。
- 注)本工法において、AQアンカーまたはUAボックスの単独使用はできません。

### 3. AQUAラフト工法による地耐力算定方法

$$qa1 = Sa + St \quad (\text{常時})$$

$$qa2 = \alpha Sa + St + Aq \quad (\text{液状化による噴砂時})$$

qa: AQUAラフト工法による地耐力

qa1: 常時      qa2: 液状化による噴砂時

Sa: 在来地盤の常時の地耐力 (kN/m<sup>2</sup>)

土質試験(一軸・三軸圧縮)・载荷試験及びスウェーデン式サウンディング標準貫入試験等によって算定された値。(国土交通省告示1113号の式に準拠)

$\alpha$ : 地震時安全率の1/2 液状化による噴砂の影響が少ないと予測される場合

: 地震時安全率の1/3 液状化による噴砂の影響が高いと予測される場合

St: 常時においてはUAボックスによる地盤の置換により荷重減少となる地耐力増加分St1及びDf増加による地耐力増加分St2の合計(kN/m<sup>2</sup>)

(国土交通省告示1113号の式及び建築基礎構造設計指針に準拠。)

液状化によるの噴砂時は、排土重量の2/3を地耐力の増加分St3を考慮する。

Aq: AQパイルによる短期地耐力 (kN/m<sup>2</sup>)

下記で求めた杭一本あたりの支持力から算定する。

AQパイル工法(国土交通省大臣認定工法)

長期並びに短期に生ずる力に対する地盤の許容支持力算出式。

1) 長期に生ずる力に対する地盤の許容支持力 (kN)

$$RaL = \frac{1}{3} \{ \alpha \bar{N} A_p + (\beta \bar{N}_s L_s + \gamma \bar{q}_u L_c) \psi \} \quad \dots (i)$$

2) 短期に生ずる力に対する地盤の許容支持力 (kN)

$$Ras = \frac{2}{3} \{ \alpha \bar{N} A_p + (\beta \bar{N}_s L_s + \gamma \bar{q}_u L_c) \psi \} \quad \dots (ii)$$

ここで、(i)、(ii)式において

$\alpha$ : <い先端支持力係数(砂質地盤、礫質地盤  $\alpha = 195$ ) (粘土質地盤  $\alpha = 190$ )

$\beta$ : 砂質地盤における<い周面摩擦係数 ( $\beta = 3.5$ )

$\gamma$ : 粘土質地盤における<い周面摩擦係数 ( $\gamma = 0.4$ )

$N$ : 基礎<い先端付近(<い先端位置より下方に1Dw (Dw: 拡底翼径)、上方に1Dwの範囲)の地盤の標準貫入試験による打撃回数(回) ただし、Nの範囲は  $N \leq 50$  とする。

また、 $N \leq 2$  の地盤に適用する場合は、3階建て以下、高さ13m以下、延べ床面積500m<sup>2</sup>以下の小規模な建築物や建築基準法施行令第138条第1項の規定に該当しない小規模な工作物。

$A_p$ : 基礎<い先端の有効断面積(m<sup>2</sup>)

$$A_p = \pi \cdot D^2 / 4 + 0.5 \cdot (\pi \cdot D w^2 / 4 - \pi \cdot D^2 / 4)$$

ここで、Dは<い径、Dwは先端翼径。

$N_s$ : 基礎<い周囲の地盤のうち砂質地盤の標準貫入試験による打撃回数(回)

但し、 $N_s$  の範囲は  $5 \leq N_s \leq 20$  とする。5未満のときは摩擦力を考慮しない。

$L_s$ : 基礎<い周囲の地盤のうち砂質地盤に接する有効長さの合計(m)

$q_u$ : 基礎<い周囲の地盤のうち粘土質地盤の一軸圧縮強度の平均値(kN/m<sup>2</sup>)

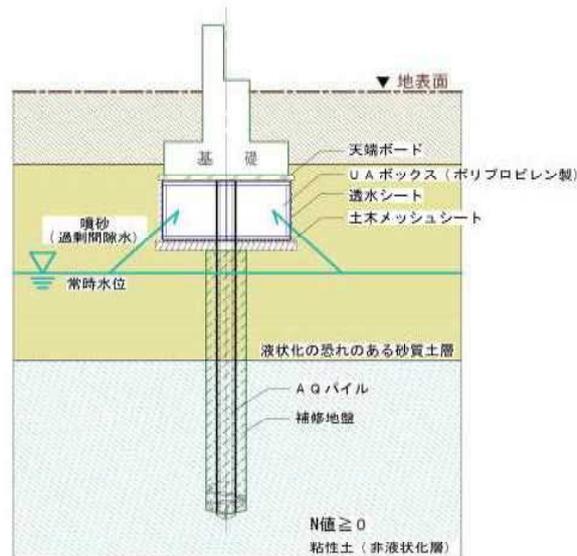
但し、 $q_u$  の範囲は  $25 \leq q_u \leq 60$  (kN/m<sup>2</sup>) とする。25 (kN/m<sup>2</sup>) 未満のときは摩擦力を考慮しない。

$L_c$ : 基礎<い周囲の地盤のうち粘土質地盤に接する有効長さの合計(m)

$\psi$ : 基礎<い周囲の有効長さ(m)  $\psi = \pi \cdot D$

(注: この条件以外では、認定工法と同じ施工管理で行いますが、支持力については非認定扱いになります。)

## 4. AQUAラフト工法による液状化時の噴砂抑制の考え方



AQUAラフト工法による噴砂抑制のモデル図

※ 図は施工図と異なります。

地震時の液状化による噴砂の被害は、次のようなメカニズムにより起こると考えられます。

地震時の揺れによって、基礎より深部の砂層で液状化が生じると、過剰間隙水の発生に伴い泥土化した土塊(砂+水)が発生します。泥土化した土塊(噴砂の元)はより圧力が小さな部分を経路として地表に向かいます。そのため、地震により発生した地表部付近の亀裂や割れ目、時に液状化層に接した杭周囲の乱れた部分等から地表に現れ、噴砂として確認されます。

その結果、噴砂分の土塊の体積が地表面下の地盤から減少することによって、地表面が陥没するように不同沈下が発生します。

それに対して、基礎下に設置されたUAボックスは有効間隙率(体積の95%が空隙)が大きくかつ噴砂発生位置に近いので、泥土化した土塊(砂+水)の経路はUAボックスを通過することになります。この時、「砂+水」の内、「砂」は透水性の土木シートで遮断され、過剰間隙水のみが濾過されてUAボックスの空間部に滞留し、過剰間隙水圧は大幅にその圧力を失うと同時に「砂」の移動は妨げられ、少なくとも地表部には達しないと考えられます。

その後、UAボックス内の滞留水は液状化の収束とともに、重力の作用により再び本来の地下水の深度に下降しますので、結果として地表面以下での絶対的土量の変化が短時間でかつ少なくなるため、地表面(地盤)の沈下量が非常に少なくなります。

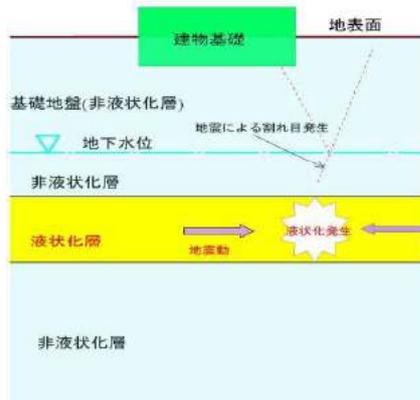
さらに、地震時の揺れに伴うUAボックスの変位(横・縦移動)をAQパイルがアースアンカーとして防ぎ、また、非液状化層まで達しているAQパイル周辺の地盤が周面摩擦力でAQパイルを拘束し、砂地盤が液状化した場合でも不同沈下の発生を抑制します。

また、翼杭等によく見られる杭と周面地盤との間隙を経路とする噴砂は、AQパイルの特徴であるモルタル系の補修地盤が抑止します。

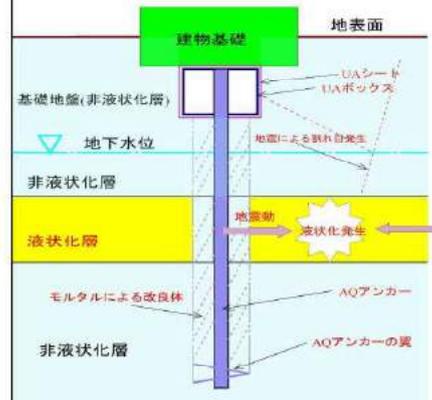
# AQUAラフト工法の噴砂抑制に対する有効性模式図

註この図は模式図です。実際の現象とは異なります

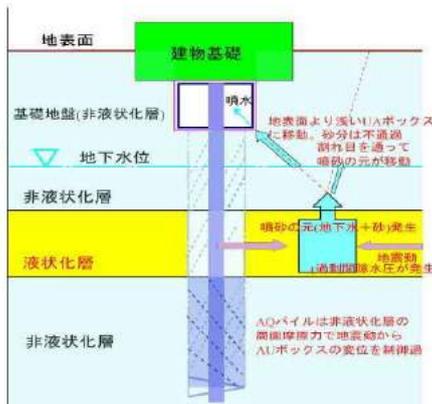
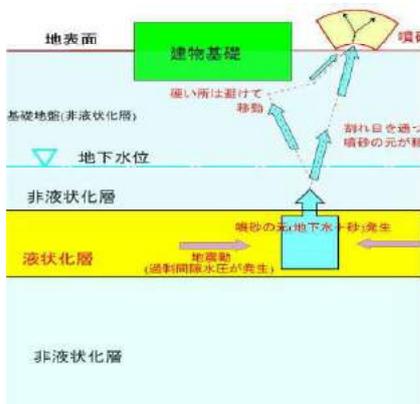
## 直接基礎形式(無対策)



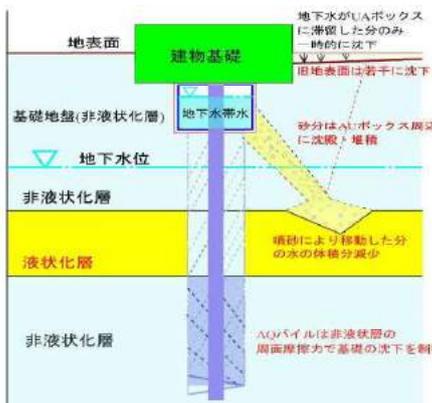
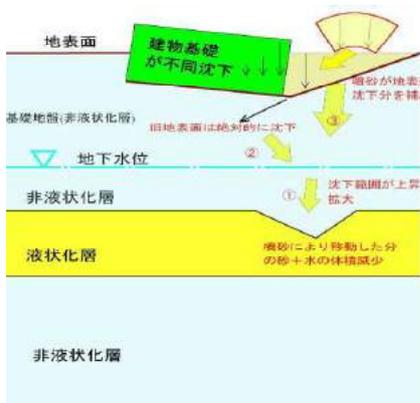
## AQUAラフト工法



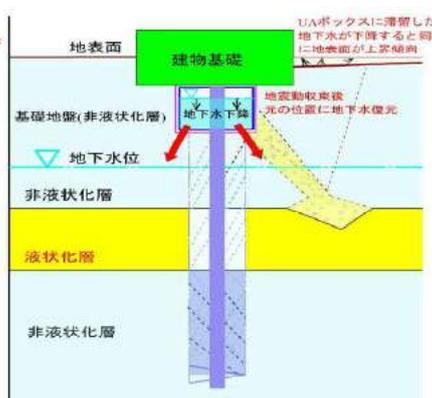
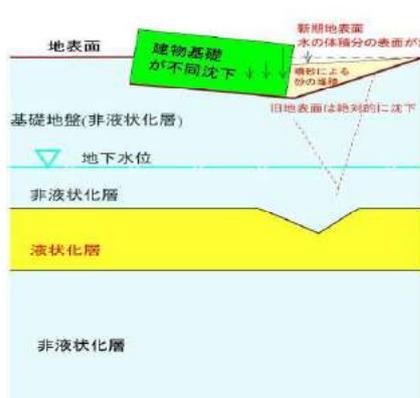
### 液状化が発生



### 液状化により噴砂が発生



### 噴砂により地表面に変位発生



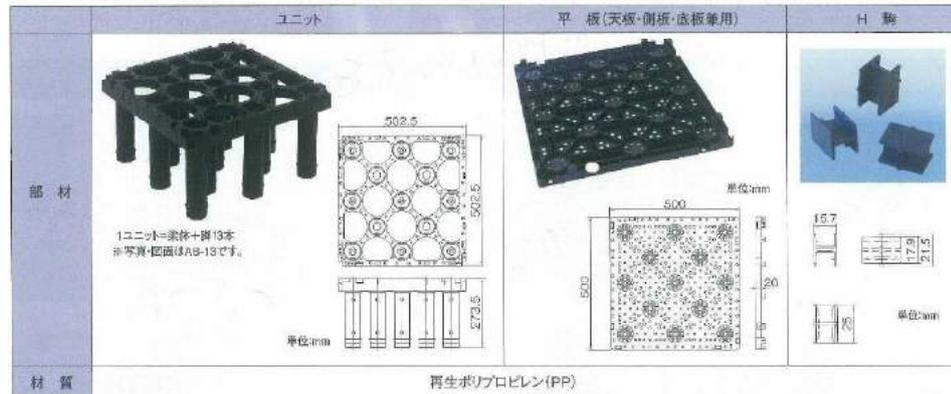
地震が揺れが収束した後の建物基礎

## 5. AQUAラフト工法に用いるUAボックス等

### ・材料

#### UAボックスの一例

UAボックスは、社団法人雨水貯留浸透技術協会にて技術評価認定を受けた製品とし、それに基づいた強度設定とします。



#### 透水(土木)シートの一例

| 項目   | 単位               | 試験方法                    | 規格値                           |
|------|------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 材質   | —                | —                       | 合成繊維および合成樹脂                   |
| 目付量  | g/m <sup>2</sup> | —                       | 400 以上                        |
| 厚さ   | mm               | —                       | 4mm 以上                        |
| 引張強さ | N/5cm(N/cm)      | JIS L1908               | 925 以上(185 以上)                |
| 貫入抵抗 | N                | ASTM D4833              | 500 以上                        |
| 溶出性  | —                | 昭和48年環告第13号<br>総理府令第35号 | 溶出試験において水質汚濁防止法に基づく排水基準の基準値以下 |
| 透水係数 | cm/s             | JIS L3204               | 1.0×10 <sup>-1</sup> 以上       |

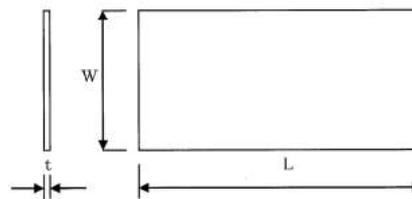
#### 天板の一例(リプラボード)

ア. 名称:リプラボード

イ. 材質:ポリエチレン、ポリプロピレンを主とした再生樹脂材料(色:グレー)

ウ. 製造方法:押出成形

エ. 製品寸法:付図の通り



| 項目     | t (mm) | W (mm)   | L (mm) |        |
|--------|--------|----------|--------|--------|
| リプラボード | 3mm    | 3+0.5 以下 | 910±5  | 1820±5 |

表 2.1.5 天板の標準仕様

| 項目        | 単位                   | 規格値       | 測定値  | 測定方法            |
|-----------|----------------------|-----------|------|-----------------|
| 曲げ強さ      | 縦方向 (MPa)            | 24.8~37.2 | 31.0 | JIS K 7171:2008 |
|           | 横方向 (MPa)            | 17.9~26.9 | 22.4 | JIS K 7171:2008 |
| 曲げ弾性率     | 縦方向 (MPa)            | 928~1302  | 1160 | JIS K 7171:2008 |
|           | 横方向 (MPa)            | 786~1180  | 983  | JIS K 7171:2008 |
| シャルピー衝撃試験 | (kJ/m <sup>2</sup> ) | 3.4~5.0   | 4.2  | JIS K 7197:2006 |
| 耐荷重性試験    | (N)                  | 128~192   | 160  | —               |

・AQパイルについては、別添資料を参照してください。

改良・改善により詳細仕様・色や素材感が実際の商品と異なる場合があります。

## 6. AQUAラフト工法施工順序



所定位置にAQパイロ施工



モルタル突出状況確認



AQパイロ杭頭高さ確認



AQパイロ施工確認



床堀完了



AQパイロ杭頭錆止め処理



透水シート敷設後UAボックス設置



UAボックスを透水シートで梱包



天板(リプラボード®)設置



AQUAラフト工法完了

### 施工期間

|          |     |
|----------|-----|
| AQパイロ打設  | 約半日 |
| 根切り・砕石転圧 | 約1日 |
| UAボックス設置 | 約半日 |

施工に伴う誤差は配列・高さとも±50mmとします。

## 注意事項

- ・ 製品・工法改良のため、または各仕様、施工機械の仕様等は予告なしに変更することがありますので予めご了承ください。
- ・ 地域により地盤、土質性状が異なるため、全ての場所で本工法の性能を発揮できない場合があります。必要に応じて再度地盤調査を行います
- ・ 本カタログの記載内容の詳細については、設計担当部署に直接お問い合わせください。
- ・ 本カタログの記載されている「リゾラト®」は大東衛生株式会社様の商標登録製品です。

なお、本カタログに記載された事項に反した場合の設計・施工等及び設計時に想定された以上の不可抗力の荷重・製品以外の外的要因等により問題が発生した場合は、免責とさせていただきます。

詳細については、お問い合わせください。



**AQパイル協会**

〒130-0021

東京都墨田区緑二丁目10番13号

(ピーステージ内)

TEL 03-5638-0918

FAX 03-5638-0919

**設計担当 連絡先**

**株式会社 総合地質コンサルタント**

〒333-0802

埼玉県川口市戸塚東一丁目25番33号

TEL048(294)6976 FAX048(294)8823

mail : [info@tg-con.net](mailto:info@tg-con.net)