

地盤改良の現状と展望

一般財団法人ベターリビング

二木幹夫

2017年11月2日

地盤改良の種類

改良原理の分類	原理の概要	工法名
置換	要求する品質の自然土と置き換える(砂、礫など)	良質土への置き換え工法
圧縮	転圧、振動締固め、プレロードなどにより、土の密度を上げる	バイブロフローテーション、サンドコンパクション、ロッドコンパクション
排水	地盤からの排水性を改善する。主に、液状化や地下水、降雨対策	グラベルドレーン、パイプドレーン、ペーパドレーン
◎化学的固化	固化材による地盤の固化	浅層混合、深層混合処理、噴射攪拌混合、SMW、薬液注入
補強	補強材によって地盤の強度を増加させる(引っ張り、せん断)。	シート、ネット、網状鉄筋
軽量化	土の自重を軽くする	軽量盛土

地盤情報と基礎の設計

地盤情報は一般的には、設計の与条件であるが、地盤調査結果から地盤のモデル化を行い、そのモデルに使用する地盤定数などの詳細の決定は設計者が行わなければならない。

地盤を改良した場合、改良後の地盤の再調査結果に基づいて設計値の設定を行う場合と試験などによってそれらの推定と施工後の確認を行う場合がある。

例1 砂の締固め

原地盤のN値(液状化の危険性あり: $F_l < 1.0$)

-> 締め固めを行い、地盤調査を再度実施する。

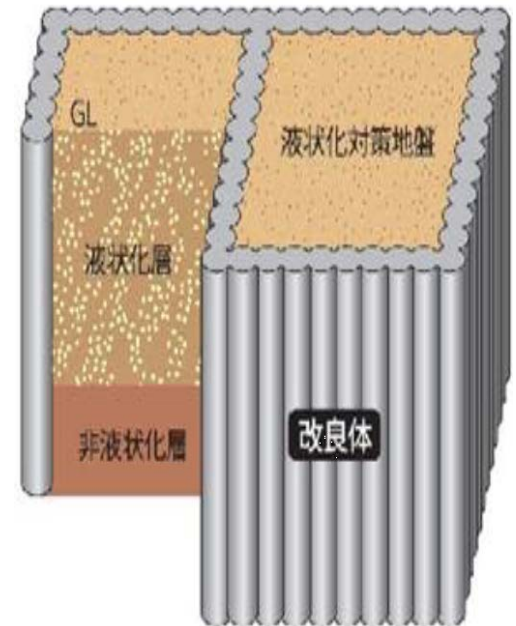
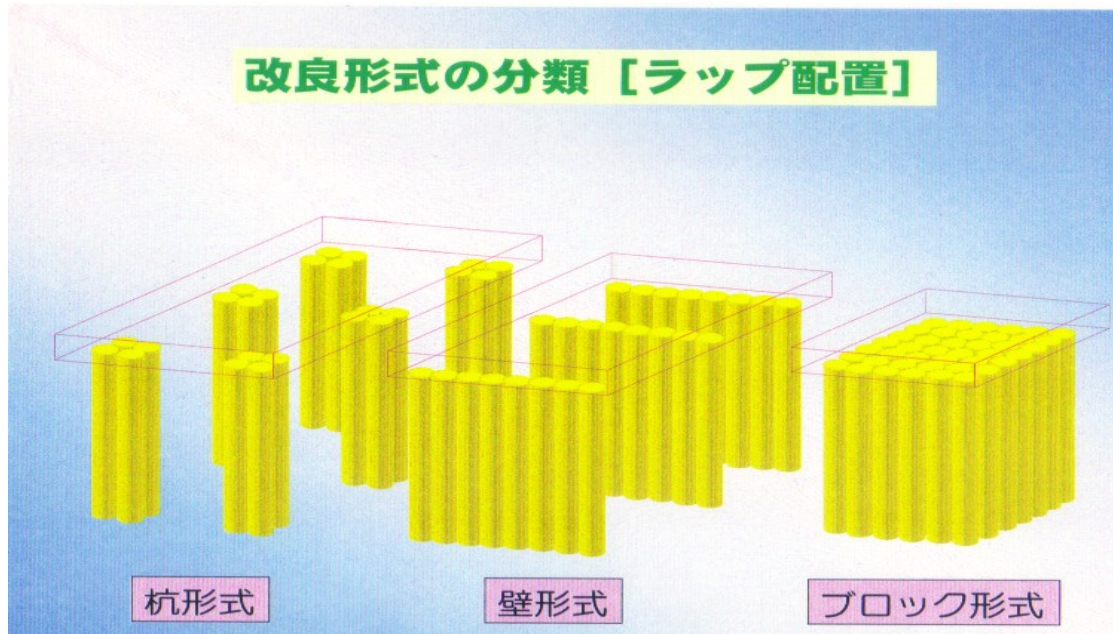
一> N値の上昇を、効果の少ない箇所で確認している($F_l > 1.0$)。

現状では、この工法が使用されることは多くはないが、将来の利用の拡大には、大地震時の液状化への対応の是非などが影響することが考えられる。

締め固めた部分を含めた全体的な締め固め地盤の特性を設計で評価することは行われていない。

例2 固化による地盤改良

必要な固化体の設計基準強度を設定し、配合試験などによって適切なセメントミルク濃度(W/C)、固化材の量を決定して施工を行い、施工後の強度を確認する。



例3 その他、地盤補強

小規模建築物において、直接基礎を採用し、下部の地盤を小径杭（鋼管、コンクリート、木）、固化による地盤改良、砂礫の挿入・置換などを行い、支持力の不足を補うことを地盤補強と称している。

一本の杭や柱状改良は、広義には、鉛直方向の地盤の特性を改善する補強工法と考えることもできるが、補強（補強土工法）とは異なる考え方になっており、設計法は、従来の杭と同様である。

固化による地盤改良の利用

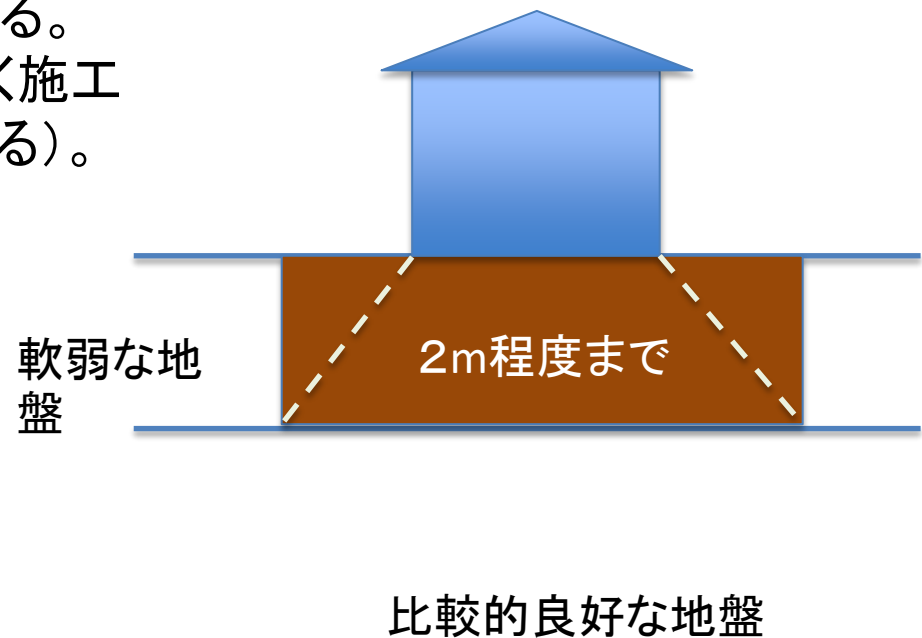
- 1960年代 港湾工事等公共工事(仮設から本設へ)
- 1988年 旧住宅公団による建築物への利用
- 1993年～総プロによる本格的に建築への適用研究
- 1997年 日本建築センター指針の発刊
- 2001年 告示1113号に規定
- 2001年 建築学会基礎構造設計指針に概要記載
- 2006年 建築学会建築基礎のための地盤改良設計指針案
- 2009年 日本建築センター指針のQ&A発刊
- 2016年～日本建築センター指針の改定中

固化による地盤改良(1)

表層地盤改良

表層の浅い部分のみを改良し、直接基礎とする。下部地盤の判断を誤らなければ、長期的に安定し問題は少ない。

戸建てを中心に2m程度までを改良する。
最近では、特殊機械を使い、さらに深く施工する場合がある(中層改良と呼んでいる)。

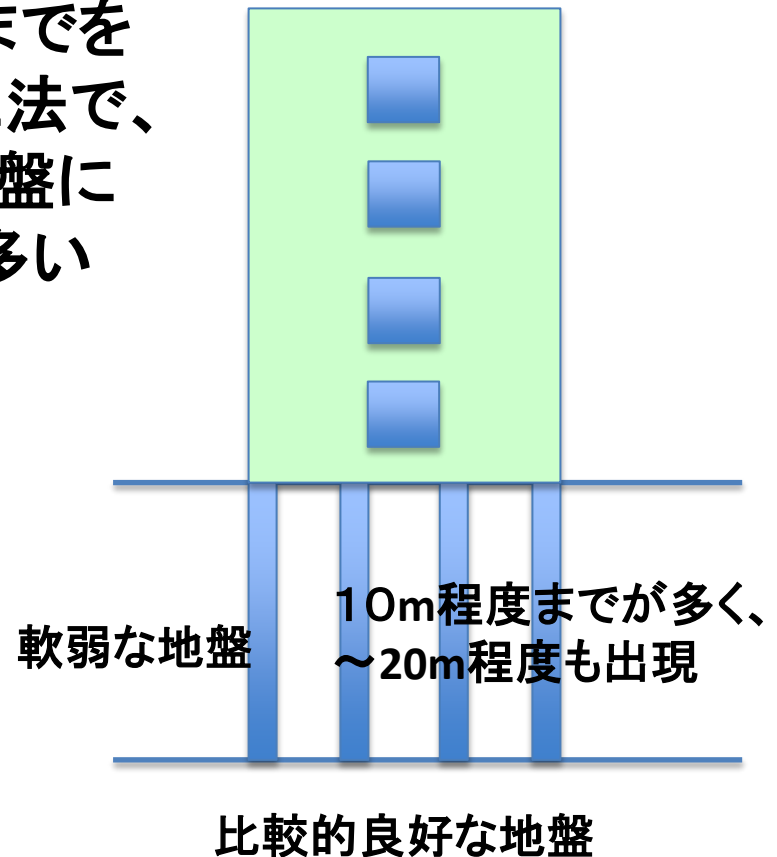
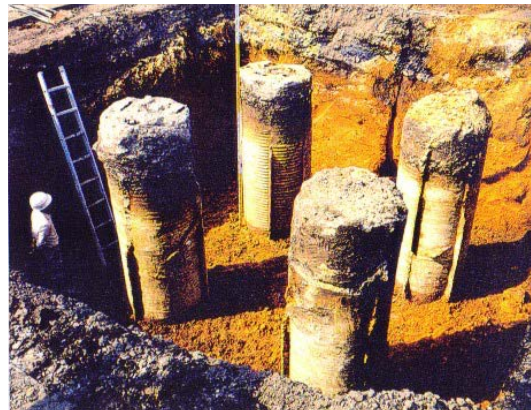


固化による地盤改良(2)

深層混合処理工法(柱状地盤改良)



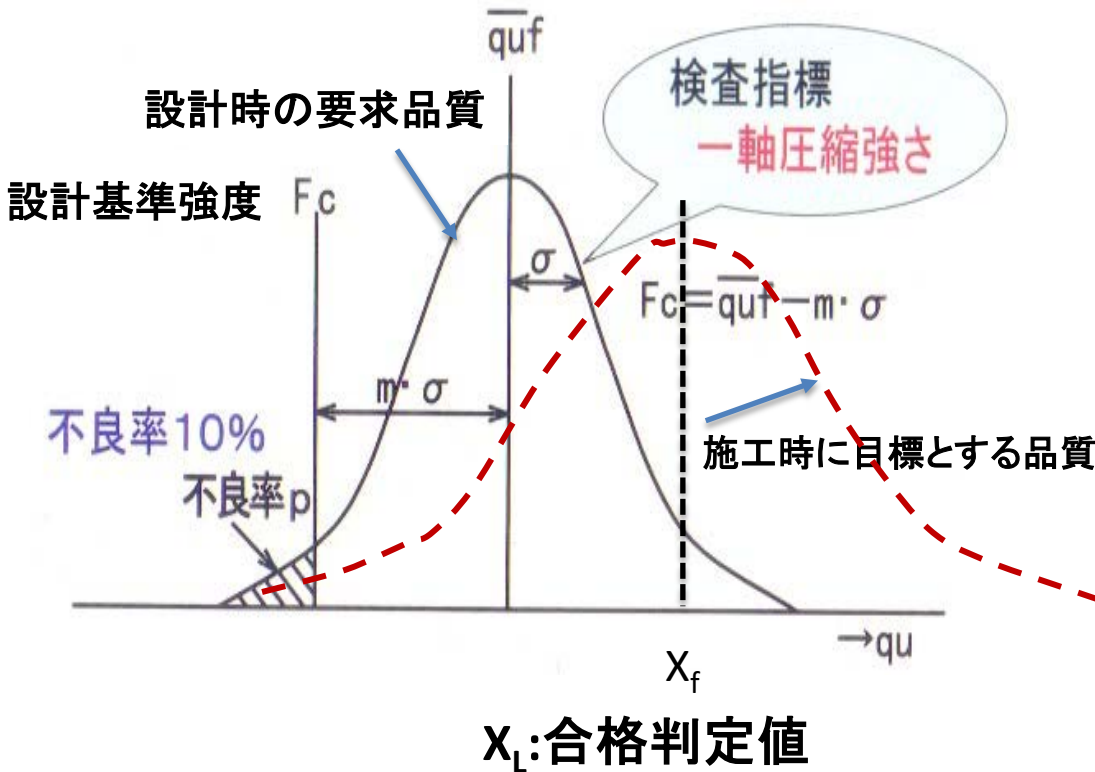
10m程度の深度までを
柱状に改良する工法で、
先端は、良好な地盤に
定着させることが多い



固化による地盤改良の現状

- 1) 小規模建築物を対象とした施工実績が多い。結果として、設計の簡略化、施工の簡素化が行われている。
- 2) 大きな工事では、特に、**施工管理、品質管理、品質検査が基本的に重要**であり、実務では、改良体の品質のばらつきを考慮した強度の採用、**施工品質の検査**が行われている。
- 3) 小規模なものでは**施工管理の曖昧さ**が許容されていることがあり、沈下障害などを発生させることがある（任意の地盤保証保険制度による対処が多い）。
- 4) 自社試験や固化材メーカーによる試験が行われている場合があるなど、試験の**第三者性の確保、トレーサビリティの確保**へのさらなる取り組みが必要である。

改良体の品質管理



- * バラツキの評価 A法、B法
- * 小規模建物:簡素化した方法
平均値のみ
試験数が不足気味

今後は、

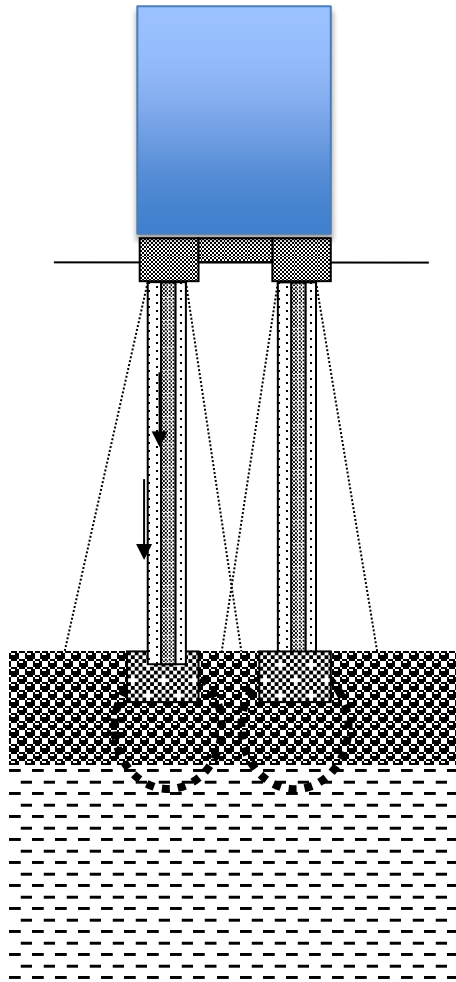
- * 圧縮試験以外の間接的な方法
 - * 再施工の判断基準
 - * 高温養生の利用
- など、品質検査方法の実施状況の改善に向けた技術開発に期待

$$X_f \geq X_L = F_c + ka \cdot \sigma_d$$

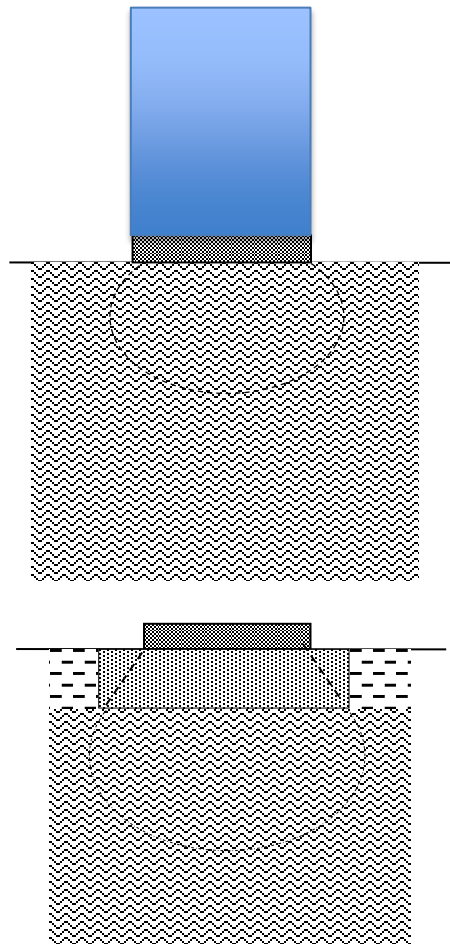
$$\sigma_d = v / (1 - 1.3v) \cdot F_c$$

採取箇所数	1	2	3	4~6	7~8	9~
合格判定係数 ka	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

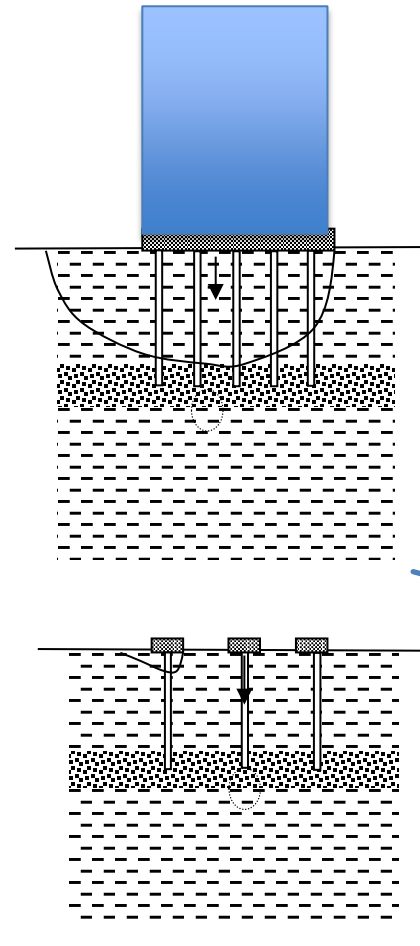
基礎形式と地盤への荷重伝達



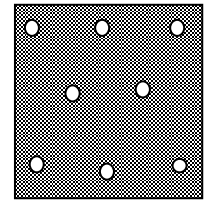
杭基礎



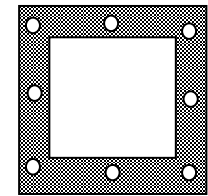
直接基礎



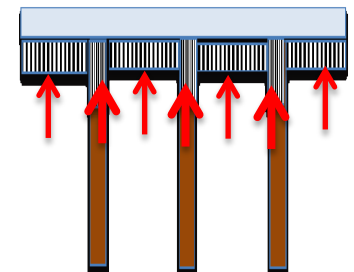
補強地盤/地盤改良



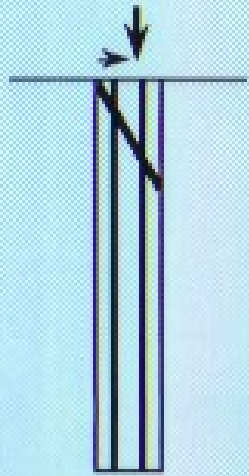
べた基礎



布基礎



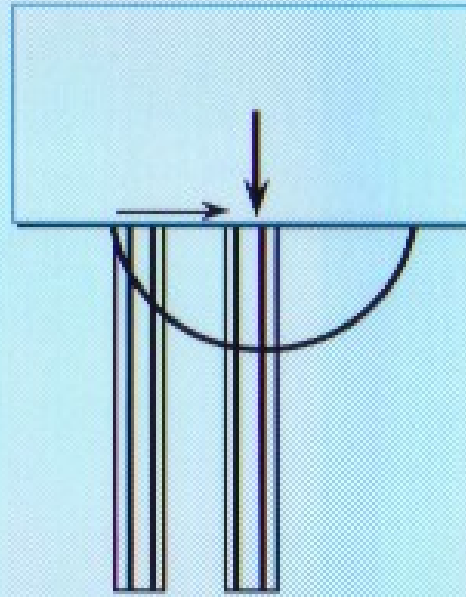
柱状改良地盤の主たる破壊形式



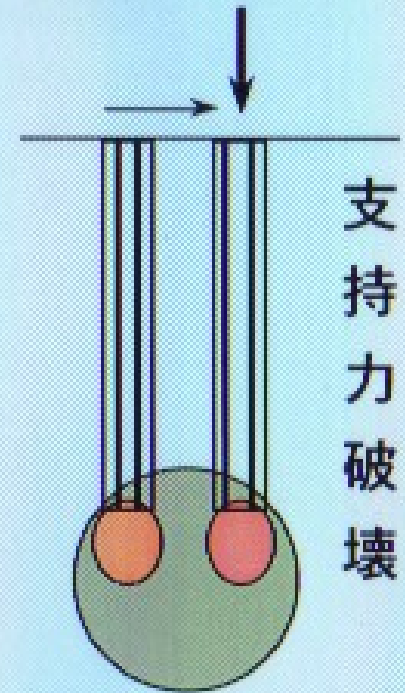
部分的なせん断破壊



改良体の転倒



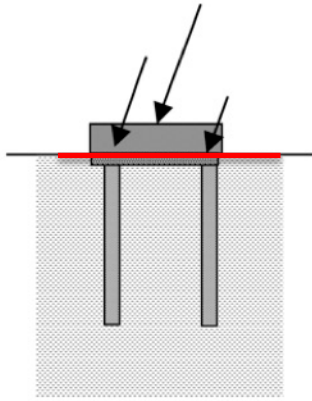
改良地盤の全体的なせん断破壊



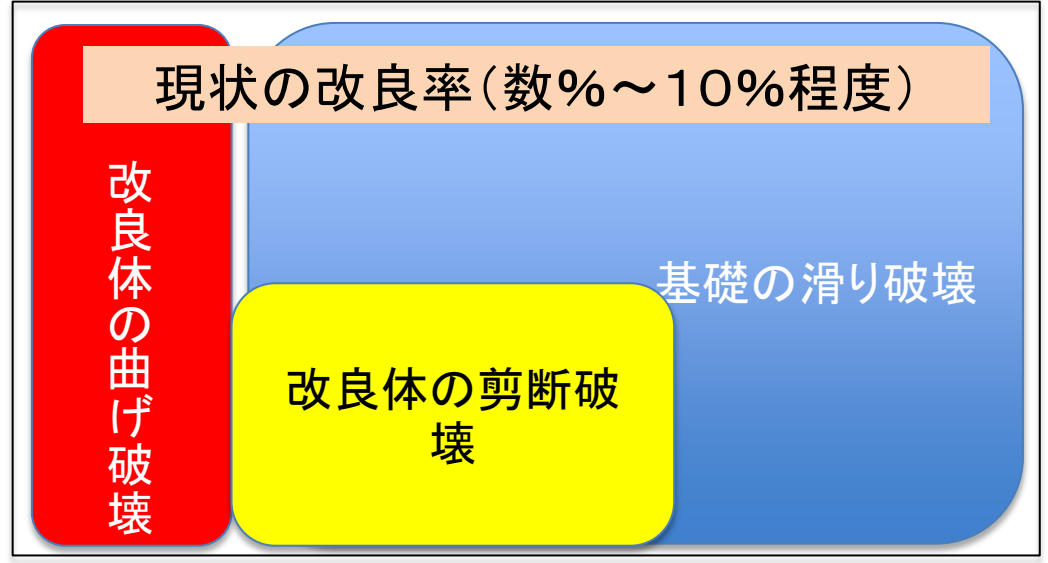
支持力破壊

柱状地盤改良と地盤の支持力破壊

破壊の形式は、改良体強度、周辺地盤の強度、改良率によって変わる。

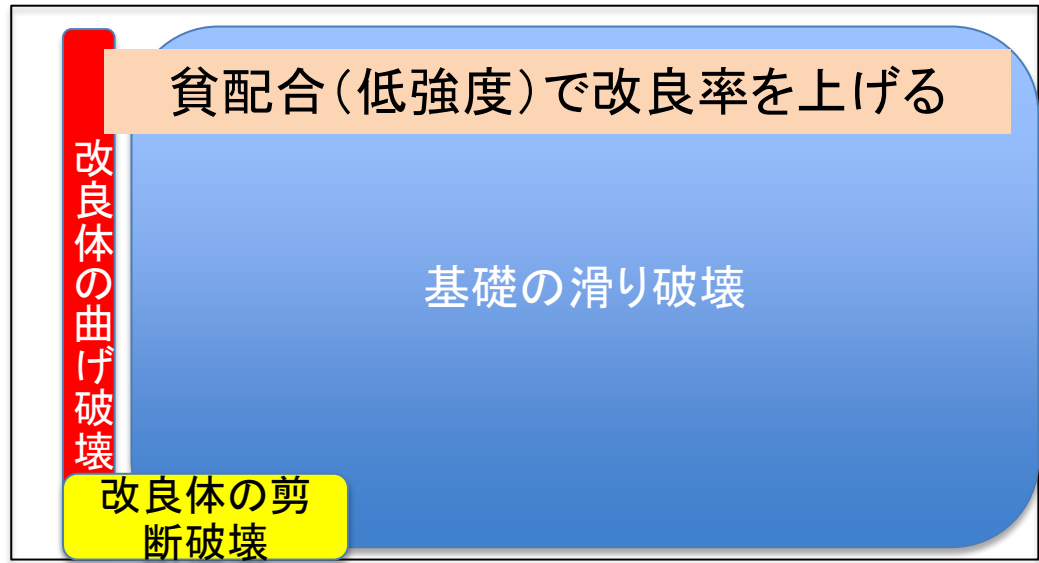


大
|
改良体の強度



小 <— 周辺地盤の強度 —> 大

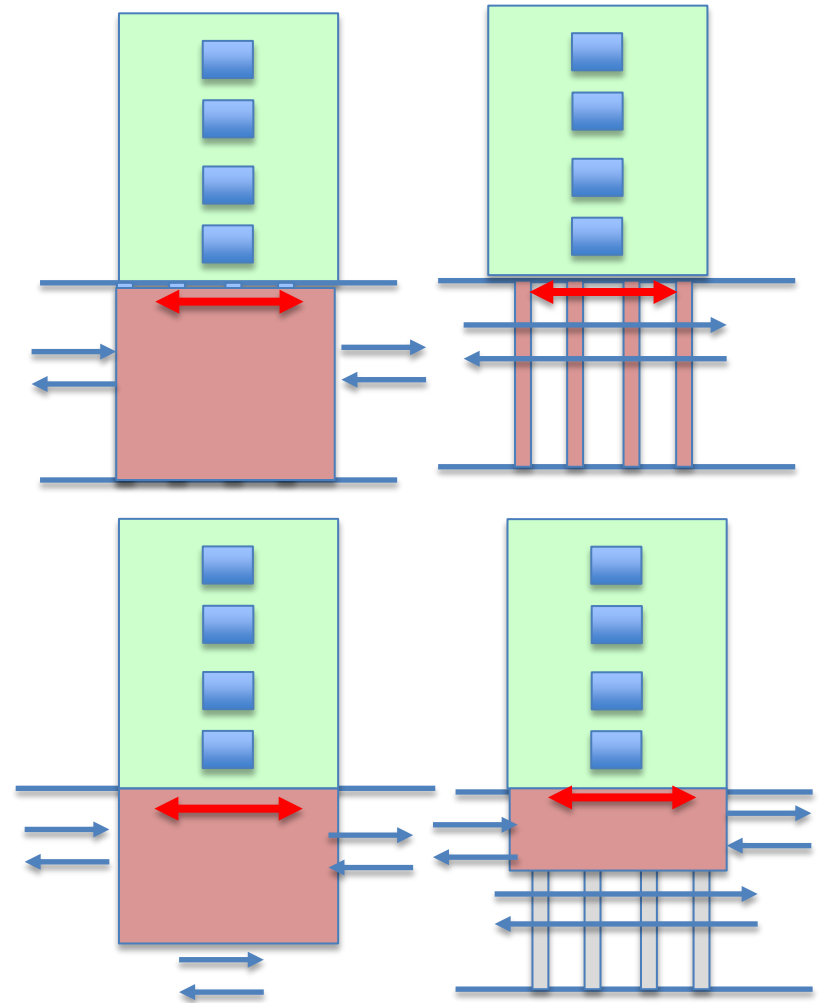
大
|
改良体の強度



小 <— 改良率 —> 大

改良地盤と地震時挙動

これまでの改良率の範囲でも、大きな地震による被害の報告が無いなど、上部構造への良い影響（地震入力への低減、地下一散減衰など）が期待される。軟弱地盤内に築造されるさらに安定的なブロック状改良（全面改良）の場合や途中までの地盤改良などにおける、**建物～改良地盤～周辺地盤の相互作用**を考慮した適切な設計法の確立などが期待される。



柱状改良（低改良率、高強度）から 面的改良（高改良率、低強度）への拡大

- 安定した地盤の拡大、軟弱地盤の縮小を考えて、長期的、継続的に改良地盤を築造、再利用していくことが考えられる。
- 既存改良地盤、改良残土の再利技術（リサイクル、リユース）の開発、これに対応した制度の整備、創設が望まれる（環境面への対応）。
 - 1) 既存基礎（杭、改良地盤）の廃棄を減少
 - 既存基礎の再利用＋地盤改良
 - 2) 格子状改良や複合改良地盤の利用拡大
 - 3) 全面改良地盤への期待（設計が容易）

改良地盤のリサイクル、リユース技術に対応した 新たな施工方法への期待

(機械式攪拌混合に加え、高圧噴射し(ジェット)式攪拌混合など)

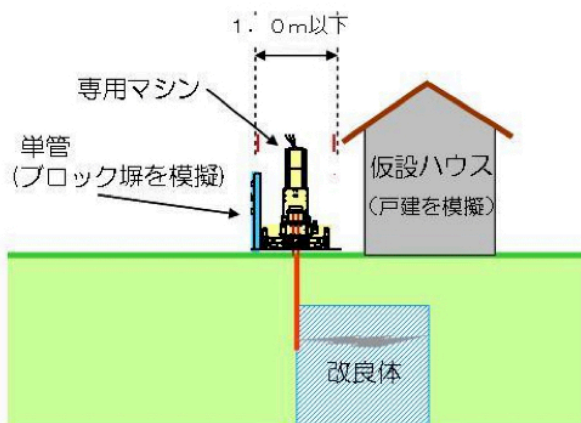


長所

- 1) 狭隘地における施工が可能
- 2) 低騒音、低振動
- 3) 既存建物下部地盤へ適用
(耐震補強、補修工事)
- 4) 施工性が良好

短所

- a) 施工時の排出残土(廃棄物処理)が多く、経済性に難点
- b) ジェット圧による周辺への影響があり得る
- c) 出来型管理に工夫が必要



改良地盤と廃棄物処理

改良地盤を**循環資源**（循環型社会形成推進基本法）として排出改良残土、既存改良地盤の有効な利活用法の確立を目指す。

1) 建築物の建設工事において、循環資源として利用できる対象工事の抽出

2) 対象工事における循環資源の利活用技術の構築と設計、施工及び管理方法の確立