

地域資源を活用した既設宅地の地盤補強に関する実証試験

NPO 地盤防災ネットワーク 国際会員 村田 芳信
 岐阜大学 国際会員 八嶋 厚
 岐阜大学 国際会員○沢田 和秀
 エイト工業(株) 辻 八郎
 (有)西濃建機 岩田 悟
 (株)エコレック 村田 希一

1. はじめに

岐阜大学と地盤防災ネットワークは、近い将来に襲来が予想される大規模地震に対する住民自らの災害予防活動を支援しており、主に講習会活動ならびに宅地の耐震調査による啓蒙活動を実施してきた。これまでの活動を通じて、既存不適格となる危険な宅地の存在が明らかとなり、住民に耐震予防対策の必要性を実感してもらうに至った。しかし、その一方で対策の実施に当たり、狭小な宅地における効果的で経済的な地盤補強技術が極めて少ないということと、また対策工に対する価値（効果ならびに社会貢献）を実感できないという課題が明らかになった¹⁾。

そこで、岐阜県内で大量に産出されその処理に窮する間伐材や下水汚泥焼却灰を宅地の地盤補強にリサイクル材として活用することで、地域資源としての価値と併せて宅地の耐震補強に環境側面での付加価値（社会貢献）を創出すること。さらに、狭所での地盤掘削に数多くの共同研究を継続している地元企業との連携により、地域の地盤に適した効果的で経済的な地盤補強技術を実用化することにより、地域資源を活用した既設宅地の耐震化事業を促進し地域の防災力向上を目的とする研究会を発足した。

本報告は、研究会において実施した地盤補強技術の実証試験結果について報告するものである。



写真-1 実証試験場所の全景
(岐阜県羽島市竹鼻町)

2. 実証試験方法

今回、間伐材をくい材のように地盤補強材として打設して地盤を補強する技術と、キレート処理した下水汚泥焼却灰を固化材（岐阜県リサイクル認定品「タフロック SR」）として砂利または瓦屑と混合したものを地中に打設し、その締固め効果と固化材の固化による地盤補強効果、さらに固化体の透水能力によって地震時に地中の間隙水圧を消散して液状化を軽減する効果を併せた技術について実証試験を実施した。地盤補強効果の評価には、小型動的貫入試験ならびに2次元表面波探査を用いた。

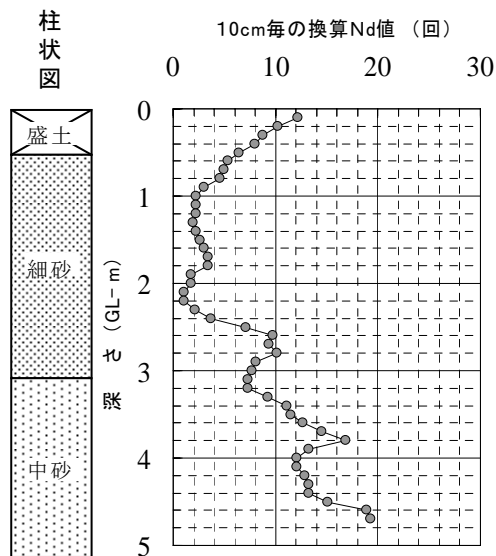


図-1 小型動的貫入試験結果

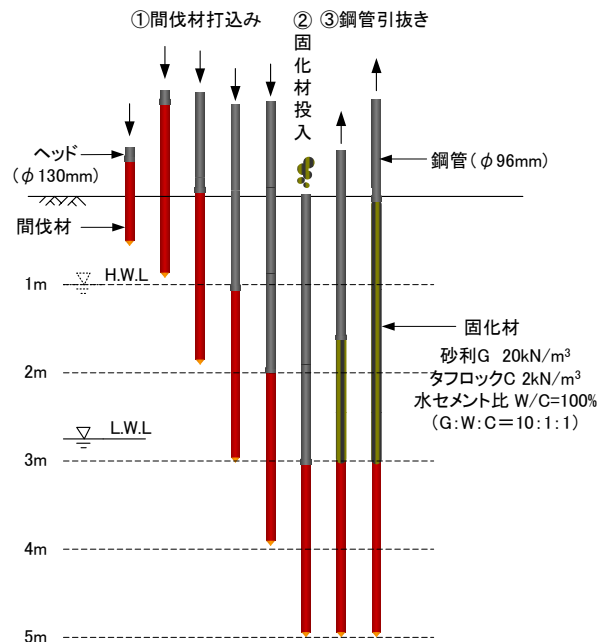


図-2 施工手順図

実証試験は、写真-1に示す羽島市竹鼻町の川沿いの宅地（更地）において実施した。1994年の東南海地震では、川側に地盤が変状する現象が多く見られた地域で、事前の小型動的貫入試験結果を図-1に示すように、地下水位が変動する深さ1~2.5m付近に非常に緩い砂層の分布が見られる。この緩い砂層をくい(φ≒12cmと仮定)の打設による締固めによって貫入抵抗値(N値)を倍増することを目標に、改良率7%となる0.4m間隔の正方形配直で施工した。また、既設宅地における施工を想定し、くいは3列の幅1.2mに限り、敷地の川側に川に沿って長さ20mの区間に施工した。

間伐材を用いた地盤補強の施工手順図を図-2に示す。間伐材は腐食を懸念して地下水位以下に打設し、その上部に洗い砂利(<5mm)もしくは瓦屑(5mm単粒)と水セメント比W/C=100%の固化材を質量比1/10で混入したものを投入して、透水性の固化体を形成した。使用した洗い砂利ならびに瓦屑の写真を図-3に示す。洗い砂利に対し瓦屑の質量は約80%と軽量で、釉薬による重金属等の有害物は含まれていないものを使用している。



図-3 洗い砂利(左)と瓦屑(右)

他方、間伐材を用いないで固化体のみを形成する場合は、先端(φ120mm)に捨てコーン(単管パイプ用くい先「とんちんかん」)を装着した鋼管(ワイビーエム製φ96mmアウターパイプ)を打設して、先述と同様の固化材を鋼管内に投入し、鋼管の引き抜きとともに固化材を地中に充填する方法で施工した。

既設宅地では、住宅廻りの狭小なスペースにおいてこれらの施工を実施する必要がある。とくに、施工時の騒音振動のほか、地盤沈下や既設建物基礎への影響が懸念される。このため、研究会では図-4に示す小型のくい打ち機を試作した。試作機の諸元を表-1に示すように、本体はミニショベル(三菱重工製ME08)をベースとして、リフトリーダー(トヨタリフト製4FGL15)に油圧ブレーカ(サンドビック製THBB101)を装着したもので、総質量は800kgである。

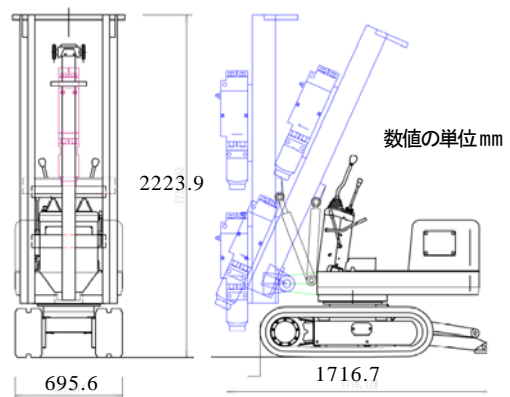


図-4 ミニくい打ち機(試作機)

実証試験では、述べ153本のくいを打設する必要があり、経済性を勘案すると約10日以内の施工が望まれる。このため、実証試験では従来から土質調査やさく

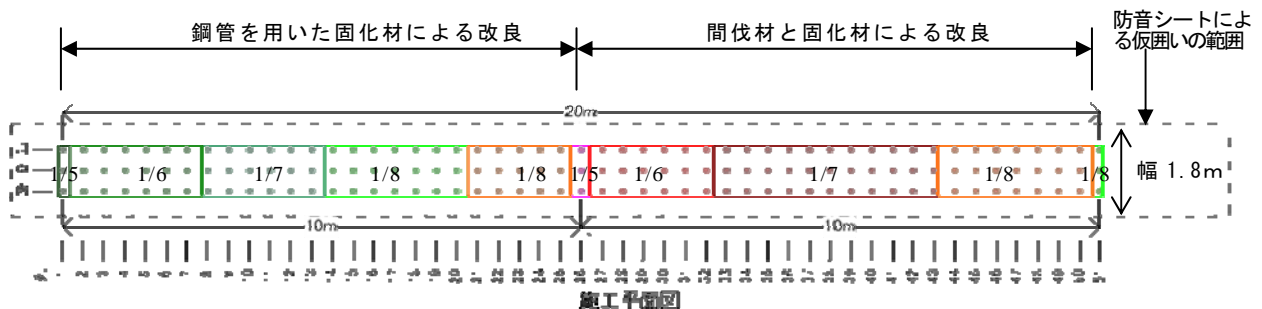
井機として実績のあるバイブロードリル機(ワイビーエム製ECO-3V、諸元は表-1参照)を併用して、予定期間内での施工を確実にするとともに、施工性や施工に伴う周辺への影響や障害の大小を比較しながら実施した。

表-1 施工機械の諸元

	ミニくい打ち機(試作機)	ECO-3V
本体	三菱重工製 ME08油圧ショベル E1E01001号機 油圧ポンプ 2連ギヤポンプ 10cc/rev 17.5Mpa クローラ幅 700~900mm 全幅 700mm 全長 1420mm 全高 1320mm (リーダー非装着時) 全高 2220~3670mm (リーダー装着時)	起振力 30kN (空運転時) 回転数 高速26min ⁻¹ 低速13min ⁻¹ 回転トルク 高速1.9kNm 低速3.8kNm 全幅 1645mm 全長 3420mm 全高 2200mm
リーダー	トヨタリフト製 4FGL15 H6 FGL18-20470号機 最大揚高 3000mm 最低高さ 1880mm 最大高さ 3330mm シリンダー推力 3.96kN	フィードストローク 1750mm フィード力 押力43kN 引力73kN
油圧ブレーカ	サンドビック製 THBB101 16-18号機 常用使用圧力 14Mpa 許容流量範囲 25~50 l/min 打撃数 800~1430bpm (250~300bpm) バックハンマ可能	エンジン出力 14kW/2200min ⁻¹
質量	800kg	2650kg

3. 実証試験結果

改良くいの貫入深さはいずれも2.8~3.5m程度で、3mを超える貫入には施工時間を必要とした。このため、およそ1分間で5cm以下の貫入速度となった場合には、くいの打設を止めた。図-5の施工実績(平面図、施工日ごとに着色)に示すように、当初計画の4日間(1/5~1/8日)の日程で153本の改良くいを打設することができた。



緑色系は研究会試作機による施工で、赤色系はECO-3による施工を示す。

図-5 施工実績(平面図、施工日ごとに着色)

図-6には、実証試験を実施する前(赤線)と実施した後(黒線)の地盤の貫入抵抗の違いを示す。左図は、鋼管を用いた固化材による改良域の中心位置での比較を示し、右図は同様に間伐材と固化材による改良域の中心位置での比較を示す。特徴は、研究会の試作機で施工した左図では、改良深さの3m付近までほぼ均等に貫入抵抗が2~3回上昇するのに対し、ECO-3を用いた右図では、深さ0.8~2.0m付近でほとんど貫入抵抗の増加が見られないが、その前後では大きく貫入抵抗が増加し、施工した深さ(3.3m)より深い部位にまで及ぶことが分かる。

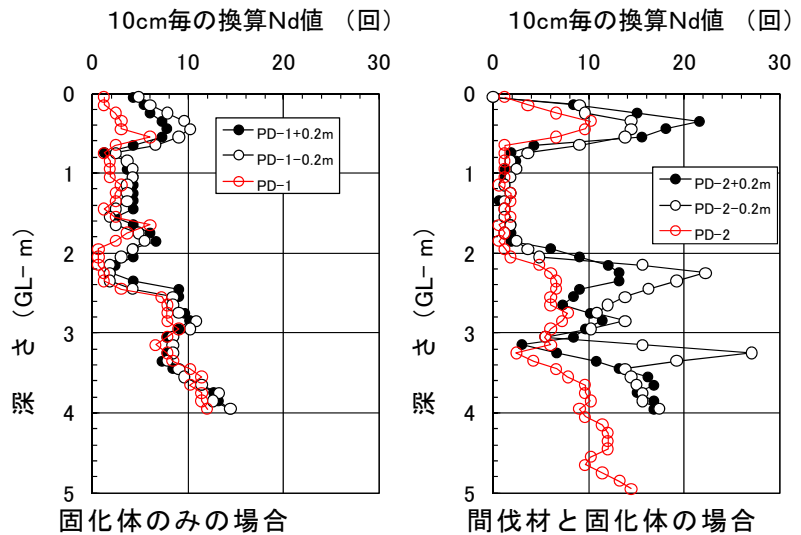


図-6 施工前後での小型動的貫入試験結果の比較

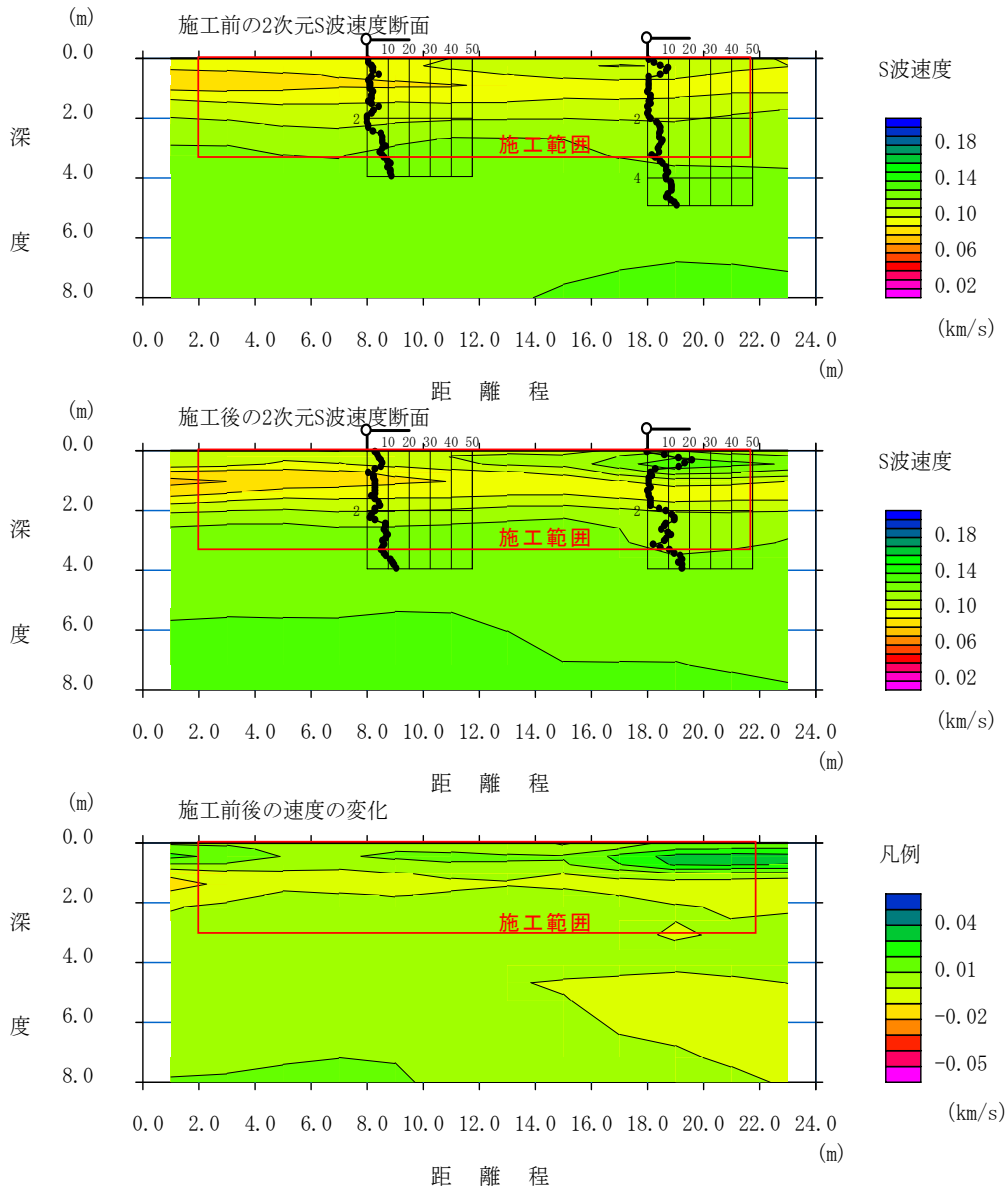


図-7 S波速度断面図(上:施工前,中:施工後,下図:施工前後の変化)

また、図-7には施工区間の中心位置を縦断方向に実施した2次元表面波探査の結果を示し、施工前後のS波速度断面図と施工前と施工後のS波速度の変化図を示す。さらに、図より施工によって改良の対象とする緩い砂層のS波速度の増加は非常に少なく減少傾向も見られる。その上下の表層ならびに下部では速度の増加が見られ、とくに表層部分に顕著である。しかし、貫入試験で確認されるほどS波速度の増分が明確ではない。

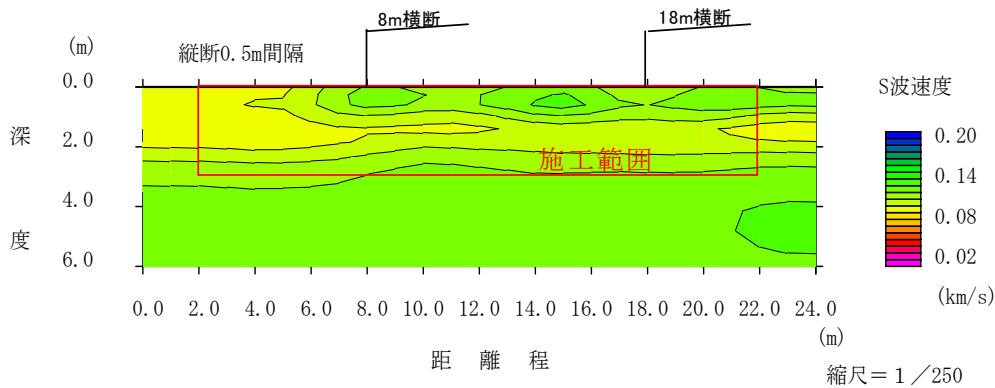


図-8 地震計設置間隔を0.5mとした場合のS波速度断面図(施工後)

この原因として、施工幅が1.2mと小さいことから、励起した表面波がより周辺の地盤の影響を受けていると考えられる。このため、地震計の設置間隔を半分の0.5m間隔として、同様の測線で2次元表面波探査を実施し、その結果を図-8に示す。図より、深さ1m付近までのS波速度が全体的に増加していることが分かる。しかし、深さ1~2m付近では、従来の1m間隔での計測結果と同様にわずかに低下する傾向が見られる。

図-9には施工範囲を横断する箇所(縦断測線の8mと18mの位置)で、地震計間隔を0.2mとして2次元表面波探査を実施した結果を示す。ここでも、深さ1m付近まではS波速度の増加が見られるが、より深い箇所ではS波速度は変化しないかもしくは僅かに減少する傾向が見られる。

この原因として、自然堆積の砂層に発達したセメンテーションが施工により破壊され、波動領域(微小ひずみ領域)での剛性が低下していることが考えられ、その影響はECO-3Vによる施工範囲に大きいことが分かる。

4. まとめ

狭小なスペースで対象とする緩い砂層の締固めを目的とした施工は、当初の予定期間で施工が可能であることが確認できた。今後は、将来予想される地震動に対する改良効果を検証するとともに、より簡便で効果的な施工技術を検討し、具体的に既設宅地の耐震化に活用される技術として普及を図りたい。

5. 謝辞

本実証試験は、財団法人岐阜県研究開発財団の平成21年度地域資源発掘活用プロジェクト事業助成を受けて実施いたしました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 村田,八嶋,沢田;住民の地盤災害予防活動を促進するための活動報告,第43回地盤工学研究発表会,pp.852-853,2008.

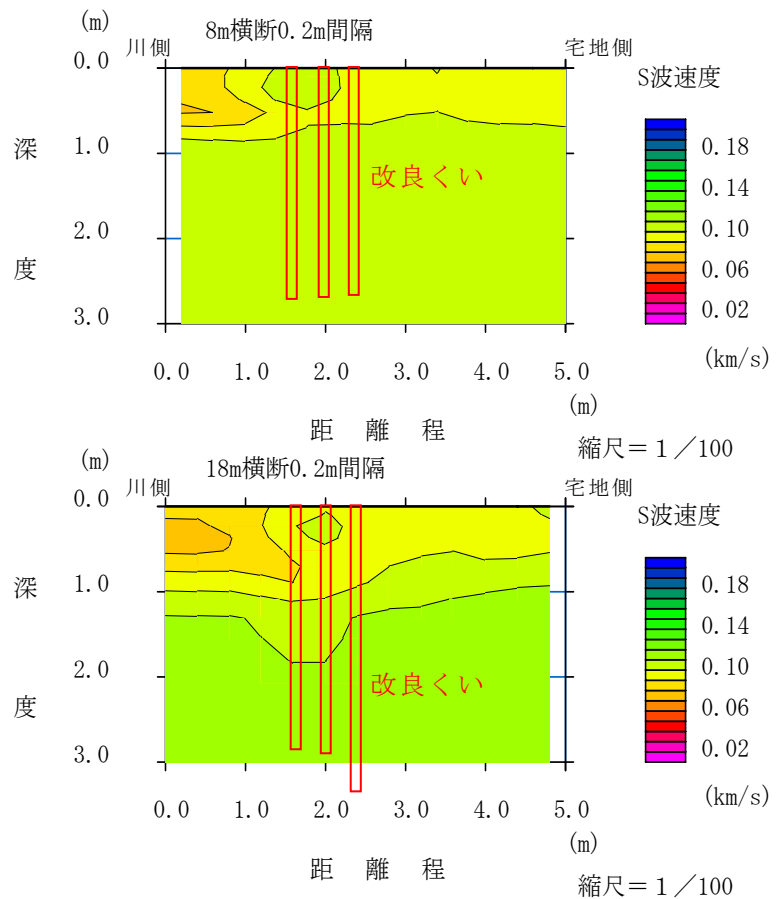


図-9 施工箇所を横断するS波速度断面図