2007 年新潟県中越沖地震の被災事例から探る地盤改良工法の有効性

○新潟大学農学部 正会員 森井俊広
新潟県南魚沼地域振興局 佐藤 慎

1．はじめに

2007 年 7 月 16 日に新潟県中越沖地震が発生した。震源のマグニチュードは 6.8 であった。生活･産業基盤に甚大な被災が生じ，それらに対する地盤・地質条件の影響がクローズアップされた。液状化による家屋被害が集中した刈羽村では，宅地地盤に加えて，農業集落排水処理施設が大きな損傷を受けた。この地域は，2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震でも甚大な被害を受けた。その際の農業集落排水処理施設に関する被災も，ほとんど地盤の液状化によるものであった。被災した管路および道路は，ただちに復旧埋め戻しされた。その大部分は，2007 年の地震による再被災をまぬがれた。復旧埋め戻しには石灰系固化材を用いた地盤改良工法が採用されている。奇しくも，連続して発生した 2 つの大地震により，地盤改良工法がもつ耐液状化性能が示されたことになる。

本文では，まず，上記の新潟県刈羽郡刈羽村を事例対象に，2007 年新潟県中越沖地震で生じた農業集落排水処理施設の被災状況の調査に基づき，石灰系固化材を用いた地盤改良工法の有効性を示す。次いで，国土交通省による技術的緊急提言[1)]を目安に，一軸圧縮試験により，石灰系固化材を用いた改良土の耐液状化性能を調べる。

2．農業集落排水管路の埋め戻し地盤での再被災状況

刈羽村では，2004 年新潟県中越地震と 2007 年新潟県中越沖地震の 2 度にわたって，多くの農業集落排水管路が，埋め戻し地盤の液状化により被傷した。被災が顕著であった刈羽村赤田地区でみると，2004 年新潟県中越地震での被害は，管路敷設延長 6,483m に対し約 35%に達した。復旧に際して，原埋め戻し材料である荒浜砂（図 1）を掘削し，これを改良土プラントへ搬入し，石灰系固化材を添加したのち，ふたたび路床，路体および基礎工として埋め戻された（図 2）。2007 年新潟県中越沖地震では，改良を行って埋め戻された地盤において，液状化はほとんど発生しなかった。これを，赤田地区の事例でまとめると，表 1 のようになる。さいわいにも 2004 年新潟県中越地震で被災を免れた管路約 4,198m では，2007 年新潟県中越沖地震でその 25%が損傷を受けた。これに対し，2004 年新潟県中越地震で損傷し復旧埋戻しがなされた管路約 2,285m では，再被災率はわずかに

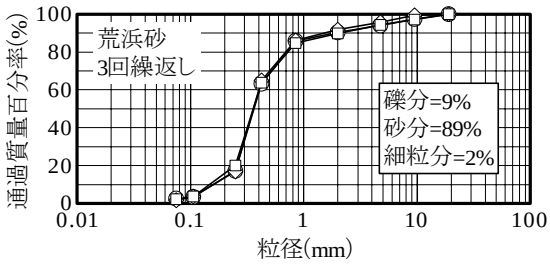

図 1 埋戻しに用いられた荒浜砂の粒度

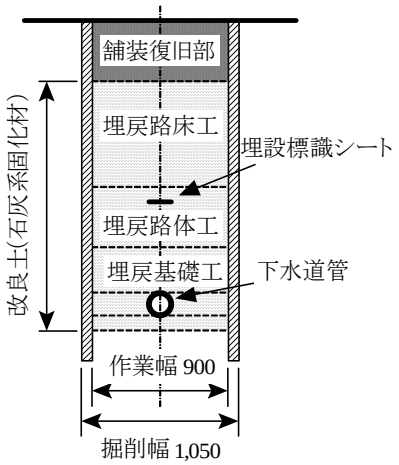

図 2 埋戻し地盤の断面

表 1 集落排水管路の被災状況調べ（刈羽村赤田地区）

総延長(m)	被災の有無別の管路延長（m，括弧内は%）			
	2004 年地震時		2007 年地震時	
6,483	被災･復旧	2,285 (35)	被災あり	92 (4)
			被災なし	2,193 (96)
	被災なし	4,198 (65)	被災あり	1,068 (25)
			被災なし	3,130 (75)

4%であった。先に述べたように，奇しくも連続して発生した 2 つの大地震により，石灰系固化材を用いた地盤改良工法が，液状化に対して効果的な性能をもつことが示されたことになる[2)]。

3．石灰系固化材による改良土の一軸圧縮強度特性

新潟県中越地震の直後の 2004 年 11 月に，国土交通省下水道地震対策技術検討委員会から発出された技術的緊急提言によれば，埋戻し部の固化により埋戻しを行う場合，改良土の一軸圧縮強度（28 日強度）として 100～200kPa が目

キーワード：2007 年新潟県中越沖地震，農業集落排水処理施設，液状化，石灰系固化材，地盤改良工法
連絡先：〒950-2181 新潟市西区五十嵐２の町 8050 番地 T/F: 025-262-6652 EM: morii@agr.niigata-u.ac.jp

安とされている[1,3]。これを確認するため，刈羽村において，2004 年中越地震の復旧に使用された石灰系固化材を用い，一連の一軸圧縮試験を実施した。砂は被災地点から採取した。土粒子の密度は 2.66g/cm^3，最適含水比は 11.9%であり，粒度は図 1 に示したとおりである。砂を最適含水比に調整したのち，石灰系固化材を添加しよく練り混ぜ，直径 5cm，高さ 10cmのコンクリート用型枠に 3 層 20 回で突き固めた。固化材の添加量は，2004 年中越地震時の事例にあわせ乾燥質量比 5%とその半分の 2.5%に設定した。突き固めたのち 1 日後に型枠からはずし，以降，平均温度 13℃，平均湿度 90%の湿潤容器内で，7 日から 56 日まで 7 日間区切りで養生を行った。供試体の繰返し数は 3 本とした。実際の施工では，工事進捗に応じて，石灰添加後に仮置きが行われたことも想定される。その影響をみるため，添加量 5%のケースで，練り混ぜ後 1 週間放置しておき，そののち，供試体を作製し，最長 56 日の養生期間まで，仮置きのない上記のケースと強度を比較した。さらに，施工直後の地下水回復の影響を把握するため，所定の期間養生し，その後 28 日間にわたって水中に浸漬したのち，強度を測定することも行った。

まず，図 3 は，石灰添加量と仮置きの有無を因子として，7 日から 56 日まで 7 日間区切りの養生後に得られた一軸圧縮強度q_uをまとめたものである。添加量 5%条件では，養生 28 日後に技術提言の目安を確実に確保できているのに対し，2.5%添加では耐液状化性能が不十分であることが確認できる。ただし，添加量 5%条件の強度はかなり長期にわたって増加していくと推察され，再掘削が容易であるとする石灰系固化材の使用上の利点が損なわれる可能性がある。このほかに，図 3 から，練り混ぜ後の仮置きが，強度の発現を緩慢にすることも確認できる。これらの点から，石灰添加量は，土質特性に加え，施工形態にも配慮しながら，慎重に設定する必要があるといえよう。

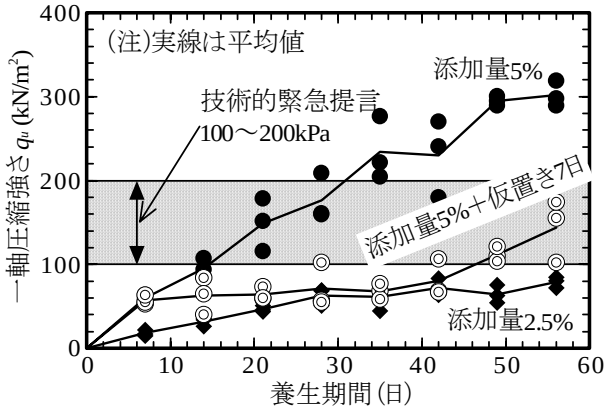

図 3 石灰固化材を添加した改良土の養生にともなう一軸圧縮強度の増加，ならびにそれに対する石灰添加量と仮置きの影響

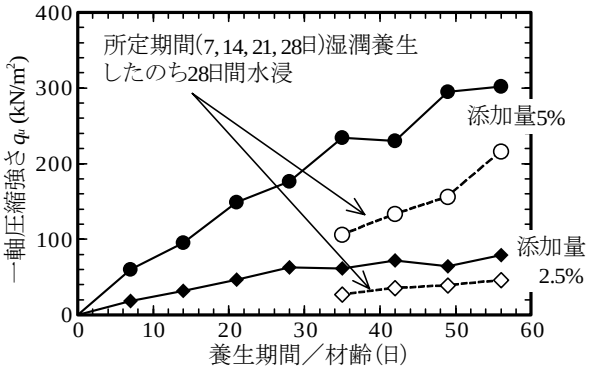

図 4 石灰系固化材を添加した改良土の強度に及ぼす養生後の水中浸漬の影響

次に，図 4 は，所定の養生を経たのち，28 日間水中に浸漬したときのq_uをまとめたものである。図中の黒塗りの記号は図 3 の 3 点のデータの平均値であり，養生期間についてまとめたものである。一方，白抜きの記号も 3 点の平均値であるが，所定期間の養生後に 28 日間の水中浸漬を行っているため，横軸は材齢と考える方が適切である。水中浸漬を受けると，同一材齢で，かなり強度が低下することがわかる。一軸圧縮試験の供試体と現地の埋戻し地盤のサイズには大きな違いがあるため，一概には比較できないが，地下水回復が地盤の強度発現に影響を持つことは十分に配慮しておく必要があるといえる。

4．まとめ

2007 年新潟県中越沖地震で生じた農業集落排水処理施設の被害状況の調査により，石灰系固化材を用いた地盤改良工法の耐液状化性能を確認することができた。改良土プラントを設置することにより，掘削土を有効に再利用でき，かつ環境に有害な六価クロムを溶出しないなどのすぐれた実務性をもつ。事例調査の対象とした刈羽村では，宅地地盤の甚大でかつ広範囲にわたる液状化被害に対して，抜本的，地域的な対策が求められている。おそらく地下水位の低下が率先して求められる対策工であるが，これに加えて，本文で紹介した地盤改良工法を併用していくことも，一つの有効な選択肢になるのではないかと考える。過酷な被災事例から汲み取られたさまざまな知見と技術，あるいはヒントが，今後の復興と将来の防災・減災に結びついていくことを期待したい。

参考文献

1) 国土交通省下水道地震対策技術検討委員会：管路施設の本復旧にあたっての技術的緊急提言，2004 年 11 月 22 日.
2) 森井俊広・堀光紀：新潟県中越沖地震の被災事例から探る効果的な地盤改良工法，農業農村工学会誌，76(1)，33-36，2008.
3) 安田進：液状化による下水道施設の浮上がりと対策，材料と施工，47，37-43，2009.