固化系地盤改良の品質管理に関する一考察

(株)三木地盤環境工学研究所　　正会員　○三木　博史
(株)ＮＯＭ　　正会員　　大河内保彦

１．はじめに

セメント系固化材等による中層～深層混合処理系の地盤改良技術には，施工機械・撹拌混合方式・改良材の種類等から分類される極めて多種類の工法が存在し，それぞれの施工(管理)方法等にもかなりの違いがありながら，品質管理基準に関しては，ほぼ一律の手法が適用されているのが現状である．近年，世界的な設計基準の性能規定化の流れの中で，我が国でも各種基準・指針等の性能規定化が進められつつあり，多種多様な改良目的や用途あるいは工法の特徴に応じて地盤改良の性能を保証する，より合理的な品質管理基準が求められている．

このような中で，「改訂版　建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針：(財)日本建築センター」[1)]においては，下式のような形で，設計基準強度の設定に，変動係数を取り入れるなど，信頼性設計法を導入する試みを始めており，より合理的な，品質管理，設計手法を目指した一歩を踏み出していると言えよう．

$$q_{uck} = (1 - 1.3V_{quf})\overline{q_{uf}}$$　　ただし $\overline{q_{uf}}$：現場抜き取りコアの平均一軸圧縮強さ，V_{quf}：q_{uf} の変動係数

ここでは，中層～深層混合処理系の地盤改良の分野で従来一般的に実施されている品質管理方法に関して，その改善の方向を考察したものである．

２．現状の品質管理方法とその問題点

現状一般的に実施する品質管理方法は，概略以下のようなものである．

基本的に，品質管理試験は一軸圧縮試験とし，規格値および頻度は以下のようにする．

①各供試体の試験結果は設計基準強度 q_{uck} の 85%以上を確保する．

②3 個の供試体の平均値を一回の試験結果とし，これは q_{uck} 以上を確保する．

③1 本の改良体について上，中，下の 3 箇所でそれぞれ 1 回試験を実施する．ただし，1 本の改良体で設計強度を変えている場合には各設計強度ごとに 3 回とする．

④改良体 500 本未満は 3 本，500 本以上は 250 本増えるごとに 1 本追加する．

以上からわかるように，設計基準強度を確保し，これを大幅に下回る強度とならないことが，品質管理の主眼となっており，バラツキの大きさ等は問題にされていない管理方法となっている．この結果，地盤の不均質性等からある程度のバラツキが避けられないのが地盤改良の特徴であるため，現場強度が設計基準強度より過剰に大きくなるような不経済な設計・施工が採用される傾向にある．

３．シミュレーション

現状の品質管理方法の改善の可能性を探るために，実工事の品質管理データから抽出して意図的に異なるバラツキのデータ群を作成した．前提は以下のようである．

1) 設計基準強度は 400kN/㎡と仮定する．
2) すべての試験結果は，上記設計基準強度の 85%以上を満足している．
3) 試験結果の平均値は，設計基準強度以上である(したがって，任意の 3 個の平均値も設計基準強度以上とする事ができる)．

以上の条件を満足し，バラツキの異なる 4 種類のデータ群を作成した．内容は以下のとおりである．

①バラツキが少なく，平均強度が小さめ，②①と平均強度はほぼ同じであるが，バラツキがやや大きい，③平均強度が①，②より大きく，バラツキも大きい，④平均強度が非常に大きく，バラツキもやや大きい．

キーワード　地盤改良，品質管理，統計処理
連絡先　　〒151-0071　東京都渋谷区本町 2-33-20-201　（株）ＮＯＭ　ＴＥＬ03-5358-1429

以上の 4 ケースのデータ群は，いずれも，現状の品質管理基準を満足しているが，確率・統計的な特性の違いは明らかである．

それぞれのデータ群が，正規分布に準じる分布をすると仮定して分析をした結果を表-1 に，また，確率分布形状を図-1 に示した．さらに，図-2 には，設計基準強度の 85%以下の強度の発生確率を各ケースについて示した．

表-1　各データ群の諸数値

ケース	平均強度(kN/m²)	標準偏差(kN/m²)	変動係数
①	618	209	0.34
②	621	282	0.45
③	1074	545	0.51
④	1685	723	0.43

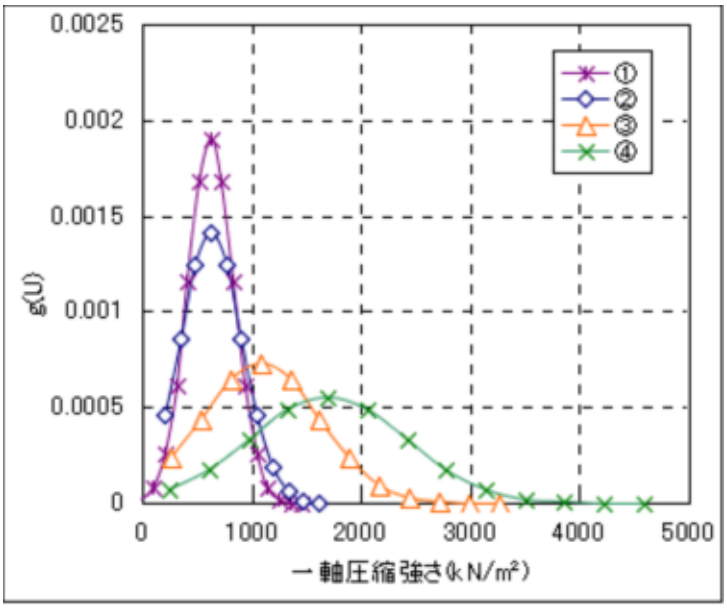

図-1　各ケースの確率密度分布

これらの図からうかがえるように，各データ群において，設計基準強度の 85%を下回るデータは存在しないにもかかわらず，下回る強度が発生する確率は 0 ではなく，その発生確率は分布形状によって異なり，平均強度とバラツキ(変動係数)に大きく依存していることがわかる．

このことは，強度にバラツキがある限り，品質管理試験の数量を増やしていくと，設計基準強度の 85%を下回る強度が，ある程度の頻度で出現することを示しており，この点が現行の品質管理基準で隠されているということがわかる

4．新しい品質管理アプローチの提案

現行の品質管理基準は，設計基準強度の 85%以下の強度が生じないことを前提としているが，統計・確率的な観点からは，その解釈には矛盾があることを示した．また，設計的な観点からは，改良目的や用途あるいは改良形式にもよるが，弱部が特定の個所に集中せず，ランダムにごく少数で存在している限りは，現場強度が全体として設計基準強度を上回っていれば性能に問題はないと考えられる．

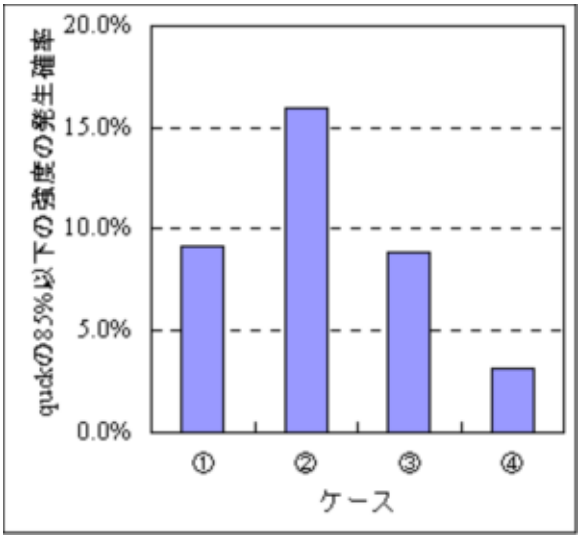

図-2　q_{uck} の 85%以下の発生確率

以上のようなことから，品質管理基準として，設計基準強度を下回る確率(不良率)を考慮することがより合理的であると考えられる．また，平均強度が高くバラツキの大きい場合と，平均強度が設計基準強度に近くバラツキの小さい場合では，後者の方が，低コスト化が期待できる可能性が高いので，このようなバラツキまで考慮するには，設計基準強度を下回る確率と，それに加えて例えば設計基準強度の 85%を下回る確率等，二種類の確率を規定する方法が考えられる．

5．まとめ

確率・統計的な観点から，品質管理のシミュレーションを行い，現行の品質管理基準の問題点を示し，改善の方向性を提案した．具体的な手法については今後の課題である．

参考文献

1)改訂版　建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針　(財)日本建築センター　2002 年 11 月