鉄筋挿入工法における一体化現象の発生とその評価

関西大学　工学部　　正会員　西田　一彦
関西大学　工学部　　正会員　西形　達明
箕面市　　正会員○馬場　健一

1. はじめに

鉄筋挿入工法における補強効果に関する研究が現在まで数多くなされてきた．しかし，従来の研究では，補強領域内が疑似擁壁的な挙動を示す一体化現象について，その存在は漠然と把握されているものの，その補強メカニズムの定量的な評価はほとんど行われていないのが現状である．そこで，本報告では大型模型実験を行い，補強材本数と変形の関係を考察することで，一体化現象の発生条件の検討を行った．また，本実験から得られた結果を基にして，鉄筋挿入工法の設計フローについて検討した．

2. 実験方法

実験は，**図-1** に示すようなモデル斜面を作成し，前面の移動壁をジャッキで後退させることで，斜面内に自重破壊を生じさせた．変形過程の土圧は補強領域内の水圧置換型土圧測定器 [1]によって測定した．モデル実験に使用する盛土試料としては気乾状態の鉄鉱石(ϕ=42.8°)を使用しており，モデル作成時の単位体積重量は 28.9kN/m³ である．補強材には直径 10mm のリン青銅丸棒を用い，両面にひずみゲージを取り付けて変形過程の引張りひずみを測定し，これより引張り力を算出した. また, 補強材本数については 4, 6, 8, 10, 14 本（2 列配置）の場合について実験を行った.

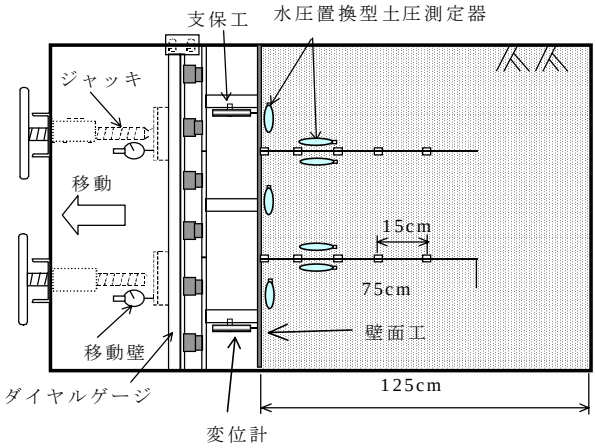
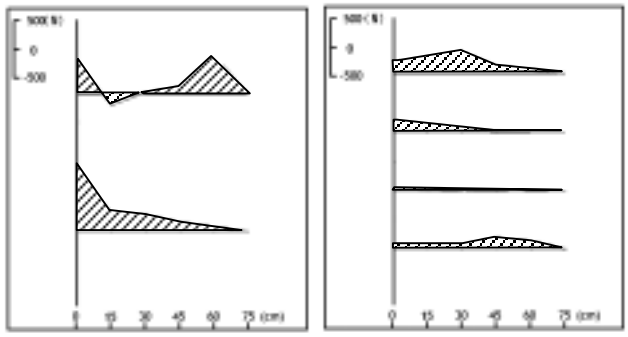


図-1　実験モデルの概要

3. 実験結果

図-2 は壁面自立時における補強材引張り力分布図である．補強材本数が少ない場合は壁面付近で大きくなっている．これは補強材による土の変形拘束力が小さく斜面の変形が大きいため，壁面に作用する土圧を補強材引張り力により受け持つためであると考えられる．しかし，補強材本数が多くなると，補強材により土の変形が著しく抑制されるため,補強材引張り力の局所的な分布は見られず，全体に均等かつ小さくなっている．このような引張り力の発生状況は一体化現象発生の特徴の一つであると考えられる．



(a) 補強材 4 本　　**(b) 補強材 8 本**

図-2　引張り力分布図

図-3 は壁面自立時における全水平土圧 P，土圧減少量ΔP および補強材引張り力 T と補強材本数の関係を示したものである．土圧減少量ΔP とは実験開始時の全水平土圧と自立時の全水平土圧の差である．現行の設計法においては全水平土圧 P と補強材引張り力 T はつり合い状態になるものと考えられている．しかし，**図-3** より補強材が 4 本の場合を除き，全水平土圧 P が全引張り力 T より明らかに大きくなっている．また，補強材引張り力 T は土圧減少量ΔP と等しくなっている．すなわち，補強材本数が増加して一体化現象が発

キーワード：一体化現象，引張り力，土圧，模型実験
大阪府吹田市山手町 3-3-35（06-6368-0898）

生するような条件下では，全水平土圧 P と補強材引張り力 T がつり合うのではなく，土圧減少量ΔP と補強材引張り力 T が等しくなっているものと考えることができる．

次に，**表-1**[2]は現在用いられている施工時の安全性管理基準である．今回の各実験条件における補強材本数(補強材密度で表示，補強材密度=［補強材の全断面積］/［補強面積］)と自立時の壁面水平変位量(δ_h/H で表示，δ_h：壁面水平変位量，H：斜面高さ)の関係を示したものが**図-4** である．さらに，**図**には**表-1** の土砂を対象とした場合の施工時の安全管理値が示されている．この**図**より補強材の張力が大きく発生する補強材密度 0.04%以下の範囲は，管理基準の中止レベルに相当することになり，補強機能から考えると張力依存型と考えられる．次に，補強材密度が 0.04%～0.06%の範囲は，管理基準における警戒レベルに相当し，壁面変形量から見ると，張力依存型と一体化発生状態の遷移領域に相当する．最後に補強材密度が 0.06%以上になると，壁面変位量も非常に小さくかつ，補強材密度が変化してもほぼ一定値を保っている。また，この状態下では管理基準から見ても通常レベルに相当する．このように，施工時の安全性から考えても一体化現象が発生するような条件の補強材配置を行う必要がある．

以上の結果を基にして，**図-5** に一体化現象を考慮した設計フローを示す．従来の設計法においては内的安定性と外的安定性について検討を行っている．しかし，本実験結果と**表-1** を考慮することで補強材密度により次のような設計フローを考えることが出来る．まず，補強材密度が 0.04%以下の場合，明らかに変形が大きくなる危険性がある．次に補強材密度が 0.04%～0.06%の場合，遷移領域に相当し張力依存型となることも考えられるため，内的安定性と外的安定性の両方について検討を行う．また，補強材密度が 0.06%以上とすると，一体化現象が発生しているものと考えられる．斜面の変形が小さく，補強材力も小さくなり，このため内的安定性の検討は必要でなく，外的安定性の検討のみでよいことになり，設計法自体が簡便なものになると考えられる．

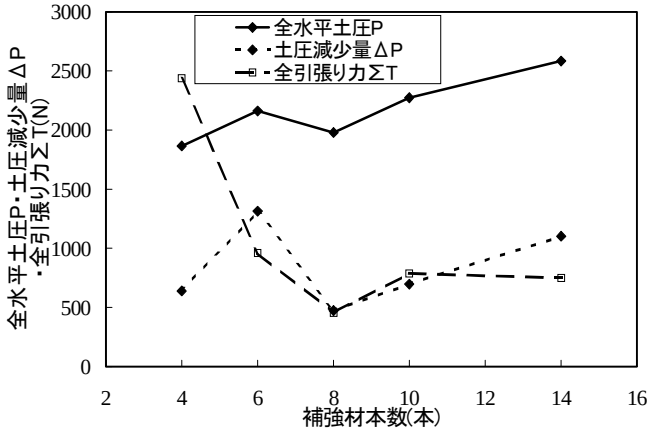


図-3　補強材本数と P，ΔP および ΣT の関係

表-1　施工時の安定性管理基準 [2]

(単位：%)

	通常レベル	警戒レベル	中止レベル
土　砂	$\delta_h/H \leqq 0.20$	$0.20 \leqq \delta_h/H \leqq 0.40$	$0.40 < \delta_h/H$
軟　岩	$\delta_h/H \leqq 0.15$	$0.15 \leqq \delta_h/H \leqq 0.30$	$0.30 < \delta_h/H$
硬　岩	$\delta_h/H \leqq 0.10$	$0.10 \leqq \delta_h/H \leqq 0.20$	$0.20 < \delta_h/H$

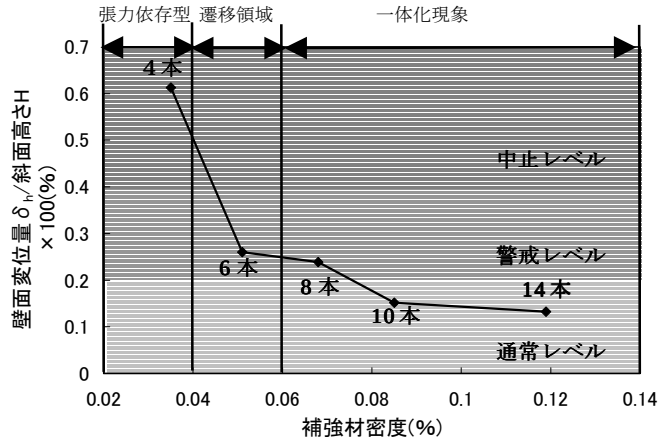


図-4　補強材密度と壁面変位

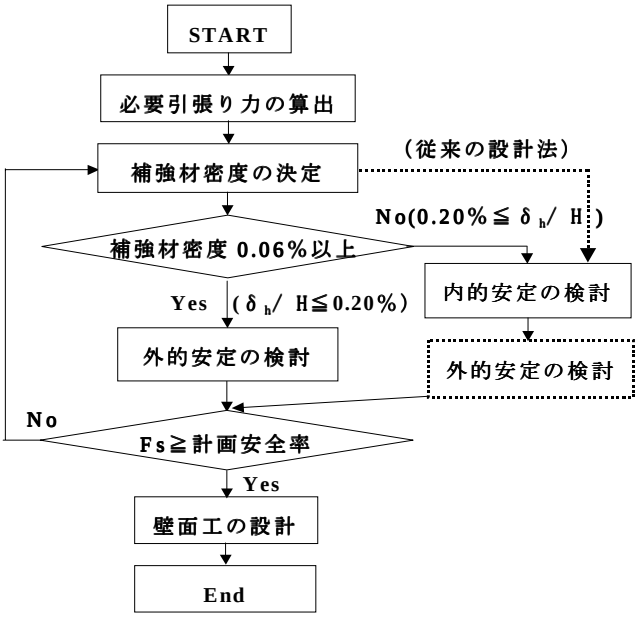


図-5　一体化現象を考慮した設計フロー

＜参考文献＞1)西田一彦，西形達明，黒川裕司：第 33 回地盤工学研究発表会，pp.1675～1676，1998.
2)佐藤亜樹男，田山聡，満徳昌昭：切土補強土工法の考え方と新しい削孔技術・構造物掘削工法，基礎工，Vol.30，No1，pp.34～38，2001.