

アリック(ALiCC)工法について

中川 匡史¹

¹近畿地方整備局 福井河川国道事務所 嶺北国道維持出張所 (〒910-1211福井県吉田郡永平寺町法寺岡6-11)

(論文要旨)

アリック工法は、地盤改良による軟弱地盤対策の一工法であり、盛土材料のアーチ効果を考慮することで盛土荷重を改良杭に集中させ、盛土直下の全面改良を実施する際の改良率を10～30%に低減することができ、特に経済性に優れた工法である。本施工事例では、実物大確認試験を施工着手前に実施し、工法の妥当性を検証するとともに、実施工においても有害な残留沈下の発生も確認されず、無事施工を完了することができた。今後の類似工事において、今回の施工事例を参考にしながら、アリック工法の適用性について積極的に展開されることを期待するものである。

キーワード 軟弱地盤、地盤改良、アリック工法

1. はじめに

本論文の施工事例として紹介する「国道8号米原バイパス(以降、米原BPと称す)」は、国道8号のバイパスとして長浜バイパスと接続し、長浜市域と米原市域を迂回する全長 10.3 kmの路線で、狭隘な現国道の交通混雑解消および歩行者の安全確保を図ることを目的とした路線である。米原BPは、長浜市加田町を起点とし、米原市顔戸で現道の国道8号と分岐し、米原市市街地の西側を迂回しつつ、彦根市佐和山で現道接続する路線である。本施工位置は、現道分岐点から終点までの7～9工区のうち中央の8工区である(図-1参照)。

施工区域は、戦後食糧増産を目的に1950年(昭和25年)に干拓化された入江干拓地内に位置しており、琵琶湖から流入する内湖を埋立てた農地として現在は利用されている。米原BP8工区での地質縦断面図を図-2に示す。地表から12～13m程度までが沖積層となっており、粘土層、砂層、礫層が複雑に入り組んだ地層構成となっているの

が特徴である。中でも沖積粘土層は、有機質粘土や腐植土を含み非常に軟弱で、道路盛土築造に伴う残留沈下が課題となり、本工事ではアリック工法を用いた地盤改良による対策工を施工した。



図-1 米原BPの概要

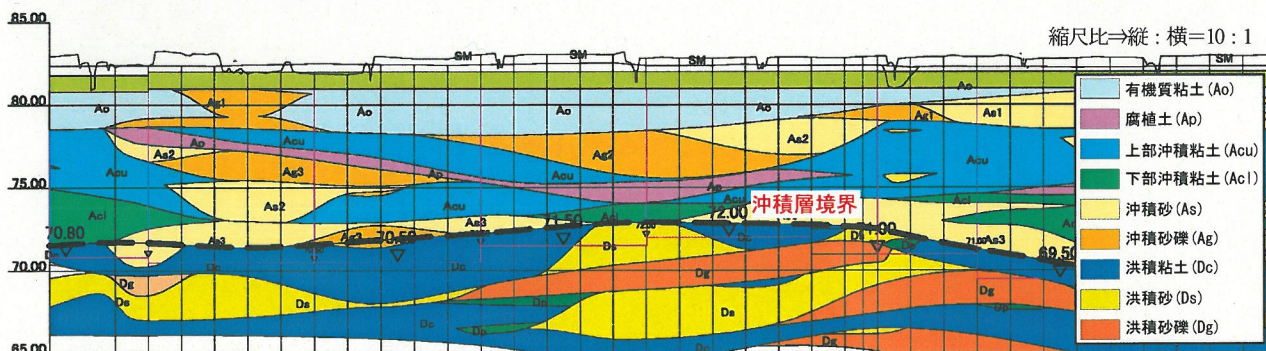


図-2 米原BP8工区における代表的な地質縦断面図(NO.197～NO.234)

2. アリック工法の概要

(1) アリック工法とは¹⁾

アリック工法（低改良率セメントコラム工法）は、深層混合処理工を用いた地盤改良による圧密沈下対策の一工法で、盛土材料のアーチ効果を考慮することで、従来の深層混合処理工と比較して大幅に改良率が低減でき、コスト削減が図れることが特徴である。

従来から用いられている軟弱地盤上の道路盛土に対する深層混合処理工は、**図-3**に示すように円弧すべりに対する安定性の確保および载荷盛土による側方変形を抑制することを目的として改良杭を盛土法尻部に集中的に配置する。しかし、盛土中央部の無処理地盤における圧密沈下が大きくなるとともに、改良範囲との不同沈下によって盛土表面に段差が生じるなど、道路盛土としての機能維持の観点から不具合を生じるケースもあった。

これに対して、アリック工法では、**図-4**に示すように盛土下を低改良率の高強度改良杭で全面的に改良することで、盛土中央部の沈下を抑制し、結果側方への変形も抑制することができる。また、盛土荷重の殆どの部分をアーチ効果により改良杭に集中的に負担させる構造となっており、沈下に要する時間が殆ど必要なく、盛土放置期間が不要であることも大きな特徴である。非常に鋭敏で軟弱な粘土層が厚く堆積した本工事の場合では、一般的なサーチャージ工法による対策工法を採用すると、許容沈下量を満足する圧密放置期間が約4年必要となり、供用開始まで長時間を要するため、特に有効な対策工となる。

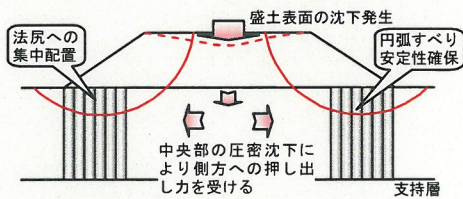


図-3 従来の改良形式

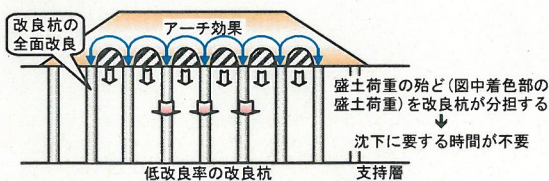


図-4 アリック工法の構造概要

(2) アリック工法の設計概要

アリック工法の設計は、円弧すべり検討に加え、以下の項目について照査を行なう。

a) 全沈下量の照査

改良領域を複合地盤とみなして、式(1)に示す全沈下量の計算を行い、許容沈下量以下(10cm)となるように改良率、改良杭の強度、改良長を決定する。

$$S = \frac{P}{E_{eq}} \cdot L \quad (1)$$

ここに、 S : 改良領域の全沈下量

P : 盛土により改良領域に作用する鉛直応力度

L : 改良杭の長さ

E_{eq} : 複合地盤の変形係数で式(2)による

$$E_{eq} = \alpha_p \cdot E_{col} + (1 - \alpha_p) \cdot E_{soil} \quad (2)$$

ここに、 α_p : 改良率

E_{col} : 改良杭の変形係数

E_{soil} : 改良杭間の無処理地盤の変形係数

b) 改良杭に作用する応力度の照査

改良杭に作用する応力度を式(3)により照査を行なう。

$$F_s \leq \frac{q_{uck}}{P_{col}} \quad (3)$$

ここに、 F_s : 安全率 (1.0~1.2)

q_{uck} : 改良杭の設計強度

P_{col} : 改良杭に作用する鉛直応力度

c) 表層混合処理工の応力度照査

本工事では、改良杭間の不同沈下を抑制するために杭頭部に表層混合処理工を実施している。表層混合処理工の改良強度および必要改良厚は、式(4)に示す改良範囲の押し抜きせん断破壊に対する照査により決定する。

$$\tau_{se} = \frac{(P_{soil} - q_a) \times \left\{ \lambda^2 - \pi \cdot d^2 / 4 \right\}}{\pi \cdot d \times H_{se}} \leq \tau_a \quad (4)$$

ここに、 τ_{se} : 押し抜きせん断応力度

P_{soil} : 無処理地盤に作用する鉛直応力度

q_a : 無処理地盤の長期許容支持力度

λ : 改良杭の間隔

d : 改良杭の直径

H_{se} : 表層混合処理工の改良厚

τ_a : 許容押し抜きせん断応力度で式(5)による

$$\tau_a = \frac{1}{F_s} \times \frac{quck_{se}}{2} \quad (5)$$

ここに、 F_s : 安全率 (=3.0)

$quck_{se}$: 表層混合処理工の改良強度

(3) 本工事における盛土断面

8工区全体を6ブロックに分割し、各ブロック内の代表断面における設計荷重(盛土高+交通荷重)に対して、上記の設計法に基づく照査を実施することで、改良率や改良長など、必要となる地盤改良工の仕様を決定した。本工事での改良仕様の一覧を表-1に、標準的な盛土断面の概要としてDブロック(NO200)の横断図を**図-5**にそれぞれ示す。

表-1 本工事での地盤改良の仕様一覧

検討断面	荷重条件			地盤改良仕様			沈下量 δ (mm)
	盛土高 H(m)	交通荷重 qo(kN/m ²)	設計荷重 q(kN/m ²)	改良深度 L(m)	改良率 αp(%)	設計強度 quck(kN/m ²)	
Bブロック	5.7	10.0	123.1	9.5	14.8	1,250	24.2
Cブロック	3.1	10.0	72.5	10.0	12.6	1,150	17.5
Dブロック	4.6	10.0	101.9	10.5	12.6	1,000	25.9
Eブロック	1.6	10.0	41.8	11.5	12.6	800	12.7
Fブロック	2.3	10.0	56.2	12.0	12.6	800	18.6
Gブロック	3.6	10.0	81.5	12.0	12.6	1,300	21.5

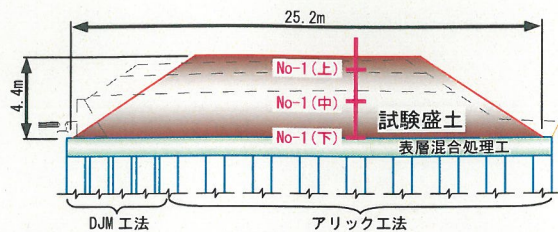
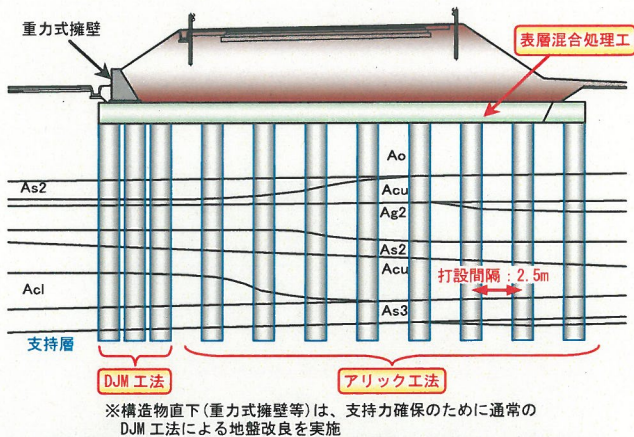


図-7 実物大確認試験断面図(改良杭直上; No-1断面図)



※構造物直下(重力式擁壁等)は、支持力確保のために通常のDJM工法による地盤改良を実施

アリック工法(杭径: φ1.0m)			DJM工法(杭径: φ1.0m)			表層混合処理工	
設計強度 (kN/m ²)	改良長 (m)	改良率 (%)	設計強度 (kN/m ²)	改良長 (m)	改良率 (%)	改良強度 (kN/m ²)	改良厚 (m)
1,000	10.5	12.6	300	10.5	50.0	200	1.0

図-5 標準断面(Dブロック; NO.200)

3. 実物大確認試験による検証

(1) 試験概要

アリック工法は、盛土材料のアーチ効果を考慮して荷重の殆どを改良杭で負担することで盛土の沈下を抑制する対策工法である。このため、本施工着手前に実物大の盛土載荷に伴う沈下量の計測を行い、工法の妥当性について検証を行った。

沈下計測は、Dブロック(NO.204付近)で実施し、改良杭の直上(測点No-1)、及び無処理地盤の直上(測点No-2)の2箇所計測を行った。当該位置での計画盛土高相当となる厚さ4.4m(交通荷重相当の盛土厚含む)の試験盛土を行い、盛土の上、中、下の3深度で沈下計測を実施した。図-6および図-7に確認試験の概要図を示す。

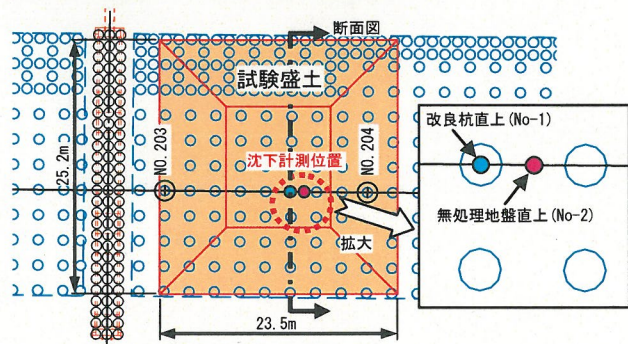


図-6 実物大確認試験平面図(Dブロック; NO.204付近)

(2) 試験結果と考察

各測点における沈下計測結果を図-8～図-10に示す。両測点ともに、盛土の載荷とともに沈下が発生するものの、載荷2週間後には沈下が収束する傾向を示す結果となった。また、無処理地盤(測点No-2; 最大23mm)のほうが改良杭直上(測点No-1; 最大19mm)よりもやや大きめの沈下量を示すが、すべての測点において、Dブロックの設計沈下量である25.9mm(図中緑破線)以下となっている。

以上の結果から、設計以上の残留沈下の発生がなく、アリック工法による沈下抑制効果の妥当性について確認ができたことから、表-1に示す設計仕様に基づいた深層混合処理工の施工に移行した。

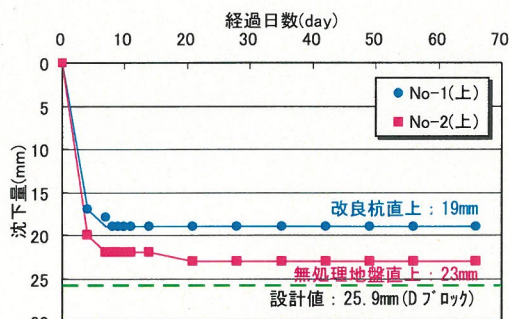


図-8 沈下計測結果(盛土上部での測定値)

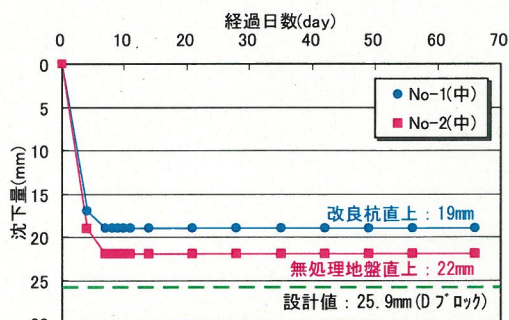


図-9 沈下計測結果(盛土中間部での測定値)

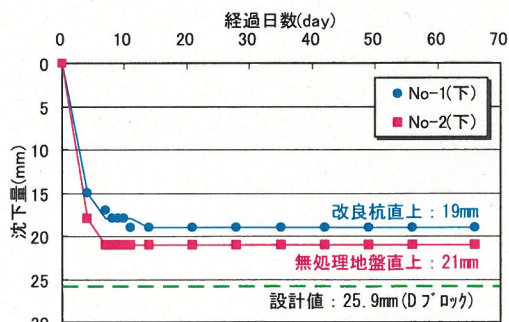


図-10 沈下計測結果(盛土下部での測定値)

4. アリック工法の施工概要

(1) 施工機械

アリック工法の施工は、二軸による改造型の粉体噴射攪拌機(HL-DJM)で行った。HL-DJMでは、二軸標準機の軸間距離を設計ピッチの2.5mに広げ、さらにプラントの吐出能力を高吐出型(供給機容量3.5m³×2台、吐出量60~200kg/min)に改造したものである。HL-DJM施工機械の状況を写真-1に示す。



改良機本体	機種	DJM2110-HL
	攪拌翼径(mm)	1,000
	軸間距離(mm)	2,500
	攪拌軸回転数(rpm)	32
	原動機出力	110kW×2台
	最大トルク(kN・m)	30.2
プラント	全装備質量(kgf)	92,800
	改良材供給機	3.5m ³ ×2台
	吐出能力(kg/min)	60~200
	改良材サイロ	30t/1基
	施工管理計器	一式

写真-1 HL-DJM施工機械の概要

(2) 施工手順

アリック工法の施工は、一般的なDJM(粉体噴射攪拌)工法と同様の施工手順であり、所定の深度まで攪拌翼を貫入し、固化材の引上げ吐出により改良杭を造成する。図-11に施工手順の概要を示す。

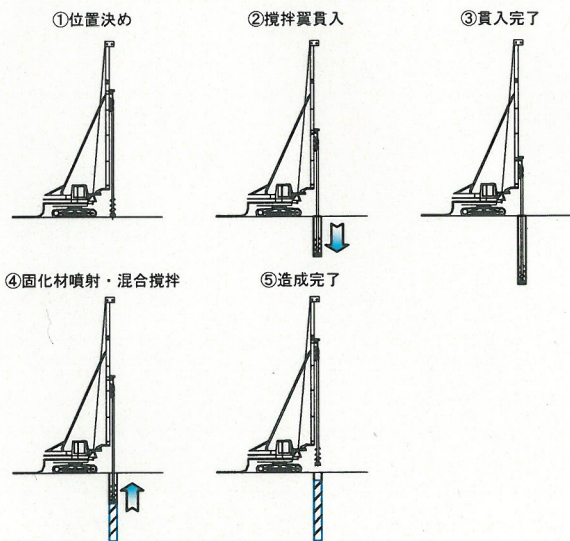


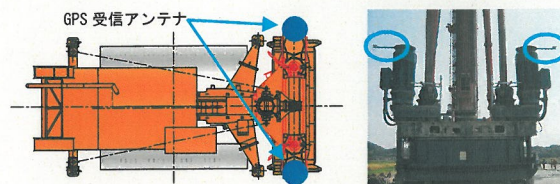
図-11 アリック工法の施工手順

(3) GPSを活用した改良杭の打設位置管理

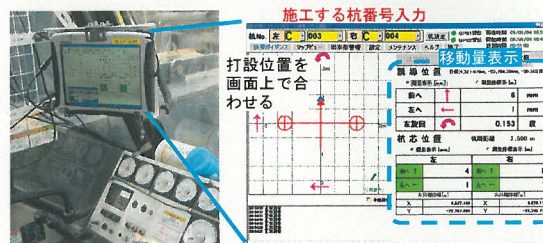
本工事では、造成深度の異なる約3,000本の改良杭を施工する必要があることから、改良杭の打設位置を効率的かつ精度よく決定する方法として、GPSを活用した打設位置の管理システムを一部工事区域において採用した。

この管理システムは、HL-DJM施工機械の2箇所GPS受信アンテナを固定し、打設位置をリアルタイムに測定

することで、あらかじめ入力した杭情報(杭座標や打設深度)との対比から施工機械を誘導するものである。システムの概要を図-12に示す。運転席に取り付けたタッチパネル式のモニターで、施工する杭番号を指定することで画面上に施工位置が表示され、GPSでの測定結果をもとに画面を確認しながら施工機械(攪拌翼の位置)を設計位置に誘導する。



【GPS受信アンテナの設置状況】



【車載モニターの状況】

図-12 GPSを活用した改良杭の打設位置管理システムの概要

(4) 表層混合処理の施工

施工位置周辺には水田が近接していることから、表層混合処理の施工に際し、セメント系固化材の飛散に特に留意する必要がある。このため本工事では、固化材の飛散が少なく均質な混合が可能なリテラ工法(NETIS番号KK-980067-V)を採用した。図-13に、リテラ工法で使用する攪拌機械の概要を示し、写真-2に施工状況を示す。

キャタピラを装着した自走式の土質改良機であるため機動性が高く、3段階の混合方式による原料土と固化材の効率的な攪拌により均質な改良土の生成が可能である。生成された改良土を、地盤改良完了後の杭頭部に敷き均し、ローラーで転圧を行うことで、所定の表層混合処理の施工を行った。

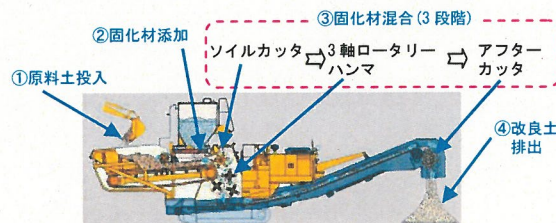


図-13 自走式土質改良機リテラの概要



【改良土の排出状況】 【改良土敷き均しの状況】

写真-2 リテラ工法の施工概要

5. 施工時動態観測に基づく検証

(1) 動態観測の概要

施工完了後のアリック工法による沈下抑制効果を検証することを目的として、沈下板による地表面沈下に関する動態観測を実施した。DブロックからEブロックにかけての路線縦断方向560mの範囲に対して、約80m間隔で合計8箇所の計測点を設定し、杭直上部および無処理地盤部にそれぞれ沈下板を設置し、路体盛土直後からの沈下挙動を計測した。沈下板①～⑥がDブロック、沈下板⑦～⑧がEブロックに対応する。各計測点における地表面沈下の計測結果を図-14～図-21に示す。

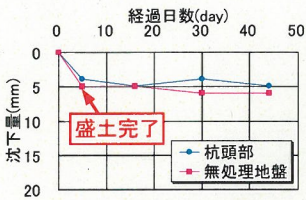


図-14 沈下板①計測結果

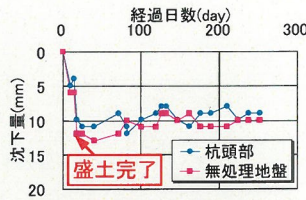


図-15 沈下板②計測結果

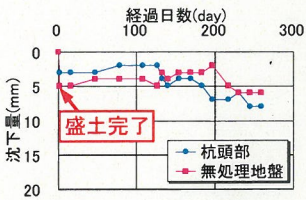


図-16 沈下板③計測結果

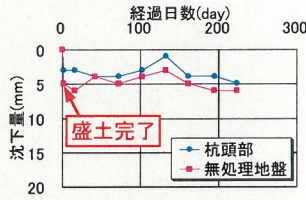


図-17 沈下板④計測結果

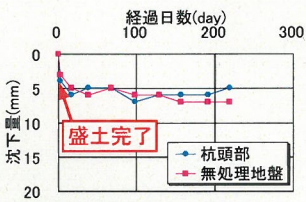


図-18 沈下板⑤計測結果

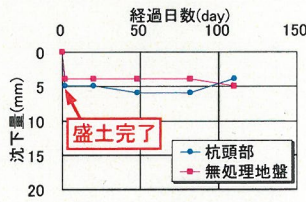


図-19 沈下板⑥計測結果

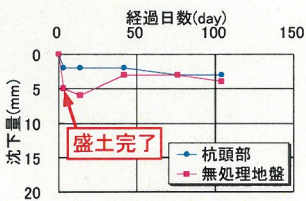


図-20 沈下板⑦計測結果

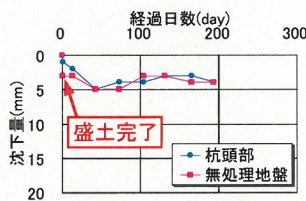


図-21 沈下板⑧計測結果

(2) 計測結果

各計測点において、路体盛土の直後に5～10mm程度の即時的な沈下が発生しているが、盛土直後とともに沈下は収束傾向を示している。これらは杭頭部および無処理地盤ともに共通する傾向であり、発生沈下量が設計沈下量以下(Dブロック25.9mm、Eブロック12.7mm)であること、および盛土後に有害な残留沈下の発生がないことが確認できた。

6. 結論

今回の施工事例を通して、アリック工法に関する以下の結論が得られた。

- アリック工法は、軟弱地盤上の盛土築造に伴う沈下抑制対策の一工法であり、低改良率の高強度改良杭で施工を行うことでコスト削減が図れる。
- 盛土材料のアーチ効果を考慮することで、盛土荷重の大部分を改良杭に集中的に負担させる構造となっており、沈下に要する時間が殆ど必要なく、盛土放置期間が不要で、工期短縮に効果的である。
- 沈下計測による動態観測結果より、盛土完了後に有害な残留沈下の発生がなく、沈下抑制対策としての工法の有効性が確認ができた。

7. おわりに

本施工事例では、軟弱地盤上の道路盛土を行う際の沈下抑制対策の一工法であるアリック工法の有効性について確認ができ、実施工においても有害な残留沈下の発生もなく、無事施工を完了することができた。今回の施工事例を参考として、今後の類似工事においてアリック工法の適用性について積極的に展開されることを期待するものである。

なお本論文は、2011年度に所属した滋賀国道事務所において実施した内容をもとに報告したものである。

謝辞：本論文に掲載した内容は、米原BP8工区の各工事区において、実際に施工された各社の御協力により取り纏めたものであります。ここに、工事関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所編：ALICC工法マニュアル，鹿島出版会，pp1-27，2007.