

インドネシア共和国

構造物杭基礎の高品質化に資する
超音波を利用した掘削孔の測定実施に係る
基礎調査

業務完了報告書
(公開版)

2023年4月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 光電製作所

民連
JR
23-023

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

写真.....	1
地図.....	3
図表リスト.....	3
略語表.....	4
案件概要図（和文）.....	5
案件概要図（英文）.....	6
はじめに.....	10
1. 調査名.....	10
2. 調査の背景.....	10
3. 調査の目的.....	10
4. 調査対象国・地域.....	10
5. 契約期間、調査工程.....	11
6. 調査団員構成.....	11
第1 対象国・地域の開発課題.....	12
1. 対象国・地域の開発課題.....	12
(1) インフラ整備の状況と品質管理の意識.....	12
(2) 構造物基礎杭施工時における課題.....	12
(3) 適用基準の違いによる課題.....	13
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	15
(1) 開発計画.....	15
(2) 政策.....	15
(3) 法令等.....	15
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針.....	17
4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析.....	17
(1) 我が国の ODA 事業.....	17
(2) 他ドナーの先行事例分析.....	18
第2 提案法人、製品・技術.....	20
1. 提案法人の概要.....	20
(1) 企業情報.....	20
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ.....	20
2. 提案製品・技術の概要.....	20
(1) 提案製品・技術の概要.....	20
(2) ターゲット市場.....	21
3. 提案製品・技術の現地適合性.....	22
(1) 現地適合性確認方法.....	22
(2) 現地適合性確認結果（技術面）.....	22

(3) 現地適合性確認結果（制度面）	22
4. 開発課題解決貢献の可能性	23
第3 ビジネス展開計画	24
1. ビジネス展開計画概要	24
2. 市場分析	24
(1) 市場の定義・規模	24
(2) 競合分析・比較優位性	25
3. バリューチェーン	26
(1) 製品・サービス	26
(2) バリューチェーン	27
4. 進出形態とパートナー候補	28
(1) 進出形態	28
(2) パートナー候補	28
5. 収支計画	29
6. 想定される課題・リスクと対応策	30
(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策	30
(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策	31
(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策	31
(4) その他課題/リスクと対応策	31
7. 期待される開発効果	32
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	32
(1) 関連企業・産業への貢献	32
(2) その他関連機関への貢献	33
第4 ODA事業との連携可能性	34
1. 連携が想定される ODA 事業	34
2. 連携により期待される効果	34
参考文献	36
参考資料1 橋梁工事施工要領 第4章	37
参考資料2 橋梁工事施工要領 第4章 日本語訳	89
参考資料3 橋梁及び橋梁工事中用共通仕様書 抜粋	109
参考資料4 有料高速道路用共通仕様書 抜粋	134
参考資料5 新技術の承認(技術クリアリング)に関する道路局長の通達	146
別添資料	153

 <p>KODEN Importance of ensuring quality 1. Pentingnya Menjamin Akurasi Pengerjaan Fondasi Tiang Pancang Fondasi tiang pancang adalah bagian yang tidak akan terlihat secara visual ketika bangunan selesai dibangun karena terpasang di dalam tanah. Namun, fondasi tiang pancang memiliki peran yang penting untuk terus menopang agar bangunan tersebut tidak kehilangan fungsinya selama bangunannya masih ada.</p> <p>Khususnya untuk struktur bangunan besar, fondasi tiang pancang perlu terus meningkatkan performanya karena terdapat gaya besar yang mendorong fondasi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penting untuk mengerjakannya sesuai RANCANGAN!</p> <p>Untuk itu, pengendalian mutu diperlukan pada saat pengerjaan serta perlu melakukan pemeriksaan bentuk tiang dan kualitas beton yang mengeras.</p>	 <p>BALAI GEOTEKNIK, TEROWONGAN DAN STRUKTUR</p>
<p>BGTS との Web Meeting 2022 年 10 月 3 日</p>	<p>現地庸人 BGTS への訪問</p>
	 <p>DIREKTORAT JENRAL BINA MARGA KEMENTERIAN PEKERJAAN, MUM DAN PERUMAHAN RAKYAT</p>
<p>現地庸人 GEOTEC 社への訪問 作業設備</p>	<p>現地庸人 BINA MARGA への訪問</p>
	
<p>MRT 南北線建設現場 1</p>	<p>MRT 南北線建設現場 2</p>
	
<p>MRT 南北線建設現場 3</p>	<p>PPP 高速道路会社 Web Meeting</p>



PALU 現場 1



PALU 現場 2

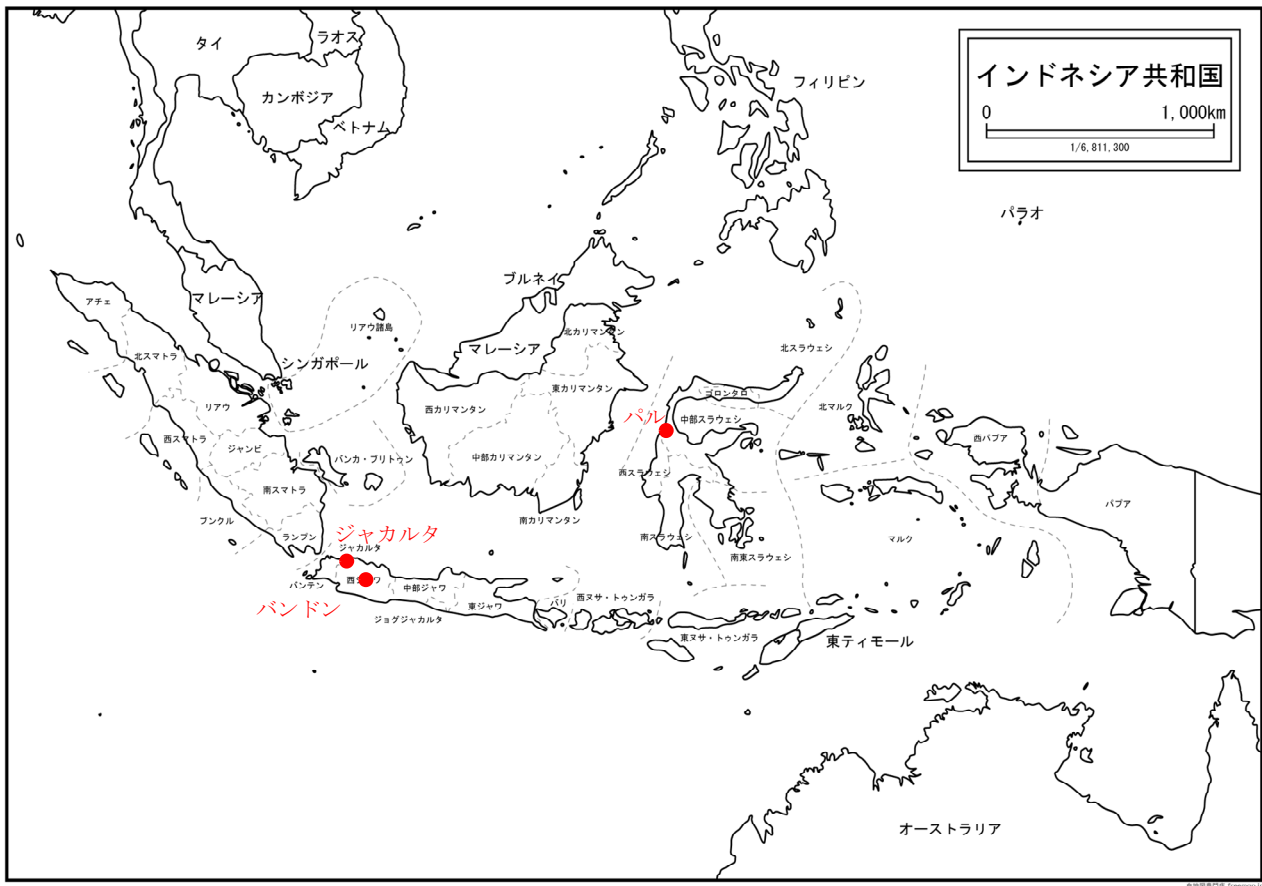


PALU 現場 3



現地庸人 PALU ゼネコン事務所への訪問

地図




出典：【白地専門店】 <http://www.freemap.jp/>

図表リスト

表 1 調査団員の構成.....	11
表 2 国家開発計画の種類.....	15
表 3 インドネシア国援助方針との合致状況.....	18
表 4 提案製品と競合製品の比較.....	25
表 5 収支計画書.....	30
表 6 本調査及び ODA 案件化でみこまれる地元経済・地域活性化.....	32
図 1 公共事業・国民住宅省組織図.....	14
図 2 インドネシア標準仕様書.....	17
図 3 インドネシア施工管理要領.....	17
図 4 超音波測定装置.....	20
図 5 事業実施体制図.....	27

略語表


略語	正式名称	日本語名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AIIB	Asian Infrastructure Investment Bank	アジアインフラ投資銀行
API-P	Angka Pengenal Importir Produsen	自己使用輸入業者登録
API-U	Angka Pengenal Importir Umum	再販売輸入業者登録
BGTS	Balai Geoteknik Terowongan Dan Struktur	地盤・トンネル・構造センター
Bina Marga	Direktorat Jendral Bina Marga	道路総局
CDB	China Development Bank	中国開発銀行
DM	Dorilling Monitor	側壁測定装置
NIB	Nomor Induk Berusaha	事業者登録
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PPnBM	Pajak Penjualan atas Barang Mewah	高級品税
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah. Nasional	中期国家開発計画
PUPR	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	公共事業・国民住宅省
WB	World Bank	世界銀行




インドネシア共和国 構造物杭基礎の高品質化に資する
超音波を利用した掘削孔の測定実施に係る基礎調査

株式会社 光電製作所(東京都)

9 建設・建設物の
基礎調査



11 建設物の
基礎調査



インフラ整備における開発ニーズ(課題)

- 急速な経済成長にインフラ整備が追いついておらず、運輸交通分野におけるインフラ不足と質の低さが課題
- ジャカルタ首都圏では大規模地下構造物であるMRT整備、2024年までの2500kmの高速道路整備などインフラ整備が促進
- 地震国かつ軟弱地盤が多い国であるため大規模・大深度の基礎杭を施工する必要
- 日本、中国、タイ等では標準化されている基礎杭施工前の掘削孔計測が実施されておらず、基礎杭の出来高不足により杭の再打設が発生する等、品質確保が課題

本事業の内容

- 契約期間: 2022年3月～2023年6月(16か月)
- 対象国・地域: インドネシア国ジャカルタ州及びスラウェシ州
- カウンターパート機関候補: 公共事業・国民住宅省(PUPR)
- 案件概要: 現地公共事業発注機関に対してのヒアリングと製品紹介を通じ、コンクリート杭施工に係る課題共有とソリューション提案を行う。加えて現地進出企業、現地大手ゼネコンに対しての現地ニーズに係る情報収集を行い、杭打設前の孔壁測定の標準化に向けての調査を実施することで、本技術を使用したビジネス事業計画案を作成する。

提案製品・技術

- 超音波を用いて掘削孔の測定を行うことで、掘削孔の鉛直性や断面形状の正確な把握が可能であり、測定値の改ざんが困難(日本シェア100%)
- 大規模基礎杭で使用される泥水や安定液で満たされた掘削孔内でも正確な計測が可能
- 記録データは長期間保存可能な記録紙ヘリアリアルタイムで記録され改ざんが困難である。
- 基礎杭施工の高品質化、手戻りの減少による工期の短縮及び工費の前減に寄与



超音波測壁測定装置


開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- 公共事業への提案製品導入のため、道路総局及び鉄道総局に対して課題解決に係る提案を実施
- 提案製品技術を用いたODA事業事例紹介、レクチャーにより品質確保の重要性とそれが生み出す工期短縮、コスト削減等の効果についての理解度を向上
- 装置販売のための現地販売店確保により、インドネシア国で提案製品使用の容易性を確保
- ODA(円借款)事業、現地発注事業での提案製品の使用

対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- 公共事業において基礎杭施工前の掘削孔計測が同国で標準化される
- 公共事業における基礎杭施工の高品質化がなされ、結果的に手戻りが減り工期短縮、工費の前減に寄与する
- 基礎杭に対する品質確保の重要性が理解される
- 民間大規模建築物の基礎杭施工に展開される
- 高速道路、鉄道等のインフラ整備、民間投資による大規模建造物の整備が促進される


2023年4月現在




**Small and Medium-Sized Enterprise (SME) Partnership Promotion Survey for
Improving the Quality of Structural Foundation Piles through Measurement of Drilled
Holes Utilizing Ultrasonic Waves in Indonesia**

Koden Electronics Co., Ltd. (Tokyo)

9 INDUSTRY INNOVATION
INFRASTRUCTURE



11 SUSTAINABLE CITIES
AND COMMUNITIES



Development Issues Concerned in Infrastructure Development


- Infrastructure development has not kept up with rapid economic growth. Lack of high-quality infrastructure in the traffic and transport sectors are issues.
- In the Jakarta metropolitan area, infrastructure development is progressing. The large-scale underground structure for MRT is underway and by 2024, 2500 km of expressways will also be constructed.
- Indonesia has frequent earthquakes and much of the country has soft soil, making it necessary to use large-scale deep foundation piles.
- Measurement of drilled holes before foundation cast-in-pile placing is not conducted in Indonesia, though it is the standard in Japan, China, and Thailand, leading to the need to re-placing cast-in-place pile and other issues with quality control.

Products/Technologies of the Company

- Measurement of drilled holes using ultrasonic waves enables accurate understanding of the verticality and cross-sectional shape of drilled holes, making it difficult to falsify measured values (100% share in Japan).
- Accurate measurements are possible even in boreholes filled with slurry or stabilizers used for large foundation piles.
- Recorded data is automatically saved to a digital file and can be stored semi-permanently.
- Contributes to reduced construction cost, improved quality of foundation construction, and shorter construction periods.

Survey Outline

- **Survey Duration:** March 2022- June 2023 (16 months)
- **Country/Area:** Jakarta & Sulawesi, Indonesia
- **Name of Counterpart Candidate:** Ministry of Public Works and Housing (PU)
- **Survey Overview:** Interviews will be held with local organizations that contract public works and the proposed technology will be introduced in order to share information about issues with concrete pile construction and propose solutions. Information will also be collected about the needs of companies with local subsidiaries and local large-scale general contractors. A business model will be developed for the proposed technology by conducting studies the standardization of hole wall measurement before pile driving.



Ultrasonic Drilling Monitor

How to Approach the Development Issues

- Propose the introduction of the proposed technology to resolve issues faced in public works to the Directorate General of Railways and Directorate General of Highways.
- Gain understanding in the importance of quality control and the resulting reduced construction periods and cost by conducting lectures and outlining ODA projects using the proposed technology.
- Ensure ease of use of proposed technology in Indonesia by securing a local retailer.
- Utilize proposed technology in ODA (yen loan) projects and locally ordered projects.

Expected Impact in the Country

- Drilled hole measurement before foundation pile installation will be standardized in public works in Indonesia.
- The proposed product will improve foundation pile quality in public works and contribute to reduced construction periods and cost.
- The importance of quality control for foundation piles will be better understood.
- The proposed technology will be introduced to foundation pile construction for privately financed large-scale buildings.
- The proposed technology will contribute to facilitating the building of expressways, railways, and other infrastructure, as well as privately financed large-scale buildings.

As of April 2023

要約

I. 調査要約

<p>1. 案件名</p>	<p>(和文) インドネシア国構造物杭基礎の高品質化に資する超音波を利用した掘削孔の測定実施に係る基礎調査 (英文) Small and Medium-Sized Enterprise (SME) Partnership Promotion Survey for Improving the Quality of Structural Foundation Piles through Measurement of Drilled Holes Utilizing Ultrasonic Waves in Indonesia</p>
<p>2. 対象国・地域</p>	<p>インドネシア国 ジャカルタ州及びスラウェシ州パル市</p>
<p>3. 本調査の要約</p>	<p>公共事業・国民住宅省に対し、実施されていない杭打設前の掘削孔測定が実施可能な超音波式側壁測定装置を提案する基礎調査。日本では標準化されている掘削孔測定の普及により、杭基礎施工の高品質化、工期遵守、コスト高騰を防止し、レジリエントなインフラ需要に応える高品質な杭基礎の施工に貢献する。</p>
<p>4. 提案製品・技術の概要</p>	<p>提案製品は、場所打ち杭の打設前の掘削孔を超音波によって測定する「超音波型測定装置 (DM-604RR)」である。 ○特長1：水や安定液で満たされた掘削孔に対して、鉛直性の確保、設計で決定された杭径・杭長の確保、孔壁の崩落の正確な測定が可能 提案製品は、ケーブルの先に4方向の超音波センサーを取り付けた「振動子」を掘削孔の中心から下降・上昇させながら、超音波を発振し、その音波の跳ね返りで、中心からの距離を測定することで、泥水や安定液で満たされた掘削孔内の「掘削孔の鉛直性」、「設計で決定された寸法」、「孔壁の崩落」を正確に把握する。 ○特長2：感度の自動調整などによる測定の容易性を確保 提案企業の各種測定器製作のノウハウによって、安定液の中を上下する際にも測定点の鉛直性が確保することができ、高い精度での測定を可能としている。その結果、設計で決定した杭径、杭長を確認でき、高い品質を確保した場所打ち杭の施工が実現できる。加えて、寸法不足といった健全性を担保していない場所打ち杭の再打設を防ぐことにもつながる。測定の際はウインチに吊り下げられたセンサーを投入するが、センサーは着底位置と格納位置で自動的に停止することや、超音波測定の障害となる発振線エコーの感度の自動調整など、測定の容易性を確保している。オートメーション化による測定の容易性を確保している。 ○特長3：記録データは記録紙に記録することで測定の信憑性・客観性を確保 測定の信憑性・客観性を担保するため、記録データは自動的に電子ファイルに格納され記録紙での記録を採用している（特徴3）。</p>
<p>5. 対象国で目指すビジネスモデル概要</p>	<p>提案製品は公共工事の杭基礎施工の際の測定機器での使用を目指すものであり、杭基礎工事を実施するゼネコン、基礎工事業者に対して、販売による提供を行う。具体的には、現地パートナー企業を活動主体とした提案製品の販売とし、現地パートナー企業への提案製品の機器整備と測定手法の指導を提案企業が行う。それにより、現地パートナー企業が現地販売店・修理センターとしての役割を果たす。技術移転が行われた後は、現地販売店に製品、部品及び消耗品を販売する形でビジネスを展開する。なお、拡販活動は、現地パートナー企業が現地販売店として下記の取組により行うことを想定している。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 公共工事発注機関、ゼネコン、設計コンサルタント、基礎工事業者への営業活動 2) 提案製品の販売、リース 3) 提案製品を使用した測定 4) 提案製品の機器修理 <p>現時点で想定される現地販売店・修理センターとして、現地で杭基礎施工のコンクリート健全性測定装置を保有し、杭基礎施工時の健全度調査を実施している企業と販売店契約の締結を図ることが挙げられる。</p> <p>その後、公共事業における本製品を使用した孔壁測定の効果が認められ、標準化が進んだのちに民間大規模建造物の基礎施工に対しての展開を図り、さらなる事業拡大を図る。</p>

6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	<p>提案製品は公共工事の杭基礎施工の際の測定機器での使用を目指すものであり、杭基礎工事を実施するゼネコン、基礎工事業者に対して、販売による提供を行う。現状の社会情勢を鑑み、提案企業が現地活動を極力控えるビジネスモデルを構築する。具体的には、現地パートナー企業を活動主体とした提案製品の販売とし、現地パートナー企業への提案製品の機器整備と測定手法の指導を提案企業が行う。それにより、現地パートナー企業が現地販売店・修理センターとしての役割を果たす。</p>
7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<p>○貢献を目指す SDGs のターゲット ゴール 9 強靱（レジリエント）なインフラの構築 ゴール 11 持続可能な都市 ○貢献できる可能性 孔壁測定を実施した後の杭基礎施工により、要求性能を確保した杭基礎の施工が可能となり、長期的に高い品質を保ったインフラ整備が実現し、強靱（レジリエント）なインフラ整備に貢献できる。</p>
8. 本事業の概要	
① 目的	<p>本調査の目的は対象国のレジリエントなインフラ需要に応える高品質な杭基礎の施工に貢献する製品及びその測定方法についてのビジネス計画を策定することであり、以下の基本方針に則り、効果的・効率的な調査を実施する。</p> <p>方針1 提案製品の認知活動への注力 インドネシア国では品質確保に対して費用をかける意識が少ないことが想定される。そのため、開発課題に対しての調査と現地公共工事発注機関への課題解決提案が事業展開の重要なポイントである。そのため、現地公共工事発注機関に対しては、数回に分けて調査・提案を行い、早期に提案製品の価値を認めてもらうことで、効果 PR を実施する現場サイト候補の早期決定に繋がるよう留意する。</p> <p>方針2 現地活動の核となる現地販売店の選定 提案法人は現地法人化を想定していないことから、現地代理店の選定は事業展開の重要なポイントの一つである。現地販売店候補となる現地企業の情報を早期に収集し、現地販売店候補とは時間的制約の少ない WEB 会議の特性を活かして可能な限り密に協議を実施し、事業実施の確度を高めることに留意する。</p> <p>方針3 普及・実証・ビジネス化事業を想定した調査の計画と実施 提案製品の事業展開を促進させるためには提案製品の PR が不可欠であり、JICA 普及・実証・ビジネス化事業の実施を目指し、C/P 候補機関及び JICA との十分な協議を実施し、本調査もしくは本調査後の自主調査において、円借款案件を想定した提案製品を使用できる現場サイトの選定を行っていく。</p> <p>方針4 遠隔での着実な調査の実施 遠隔での調査のため、現地傭人を起用し、遠隔での情報収集等の調査、関係機関との協議調整を確実に実施する。また、現地傭人が円滑に現地調査を実施できるよう、工程管理に留意し、時間に余裕のある調査を実施、さらに、WEB を利用した定期ミーティングや、現地協力会社の訪問前会議の実施など密なコミュニケーションを図り、調査に無駄がないように配慮する。</p>
② 調査内容	<p>以下の内容を調査する。</p> <p>(1) 対象国の課題分析にかかる調査 【国内作業】 ・政府機関文書、ドナー文書等を通じた文献調査 【現地業務】 ・公共事業・国民住宅省、道路総局、鉄道総局、道路技術局へのヒアリング ・各公共機関、現地基礎工事業者等への提案製品の紹介及び聞き取り ・JICA 現地事務所との協議</p> <p>(2) 市場調査 【国内作業】 ・収集した情報を基にした注力する市場の具体化 【現地業務】 ・各公共機関の事業スケジュール、概算予算案資料の入手、ヒアリング</p>
③ 本事業実施体制	<p>提案企業：株式会社光電製作所 外部人材：株式会社オリエンタルコンサルタンツ</p>

④ 履行期間	2022年3月～ 2123年6月（1年4ヶ月）
⑤ 契約金額	8442千円（税込）

II. 提案法人の要約

1. 提案法人名	株式会社光電製作所
2. 代表法人の業種	①製造業、建設業、運輸業
3. 代表法人の代表者名	代表取締役社長 荒田 慎太郎
4. 代表法人の本店所在地	東京都大田区多摩川 2-13-24
5. 代表法人の設立年月日 （西暦）	1947年10月3日
6. 代表法人の資本金	10,000万円
7. 代表法人の従業員数	127名（2022年3月末時点）
8. 代表法人の直近の年商 （売上高）	39億円（2021年4月～2022年3月期）

はじめに

1. 調査名

(和文) インドネシア国構造物杭基礎の高品質化に資する超音波を利用した掘削孔の測定実施に係る基礎調査

(英文) Small and Medium-Sized Enterprise (SME) Partnership Promotion Survey for Improving the Quality of Structural Foundation Piles through Measurement of Drilled Holes Utilizing Ultrasonic Waves in Indonesia

2. 調査の背景

インドネシア国は、人口約 2.7 億人、国土面積約 192 万平方キロメートルと東南アジア地域において最大の ASEAN 中核国であり、近年高い経済成長率を達成してきた。他方、急速な経済成長に対してインフラ整備が追いついておらず、同国の陸運、空港、港湾などの運輸交通分野におけるインフラ不足と質の低さが経済成長を続けるうえで深刻な問題となっている。そのため、インドネシア政府は、国家開発計画の「2020～24 年の中期国家開発計画 (RPJMN)」の中で、約 2,500km の高速道路整備、約 3,000km の国道整備、高度な施工品質が求められる大量高速鉄道 (MRT) の整備を促進するとしている。

同時にインドネシア国は地震の多い国の一つであり、過去の地震では大規模な人的・物的被害を受けている。大規模地震が頻発し、軟弱地盤の多い同国では、構造物の安定性の確保が非常に重要であるが、多くのインフラ工事が今後予定されるなか、同国の基礎工事の施工品質には課題がある。構造物の設計では、設計震度、地盤定数などに応じて、杭基礎に要求される性能が決定される。日本国内ではその性能要求を満たす杭基礎の打設が妥当かを判断するために、杭の打設前に掘削孔の寸法測定が行われるが、インドネシアでは一般的に行われていない。よって杭の鉛直性や場所杭の部分的欠損の有無など、杭基礎の設計性能が十分に確保されているかを確認せずに杭打設が行われ、構造物の安定性が十分に確保されているとは言い難い。また杭打設後に不備が見つかった場合には、追加での施工が必要となり、事業工程の遅延などが発生する原因となっている。

本調査では、掘削孔の寸法測定を正確かつ簡易に行う機器の導入を図ることで、対象国の質の高いインフラ整備の需要に応えることを目指し、ODA を通じた提案製品の現地活用の可能性及びビジネス展開に係る検討を行う。

3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及び SDGs 達成に貢献するビジネスの検討に必要な基礎情報の収集を通じて、ビジネス展開が検討される。

4. 調査対象国・地域

インドネシア国ジャカルタ州・スラウェシ州パル市

5. 契約期間、調査工程

2022年3月1日～2023年6月23日

全期間、遠隔調査にて実施。

6. 調査団員構成

以下に、調査団員の構成を示す。

表1 調査団員の構成

組織 (所属)	役割	団員名	担当業務	業務内容
株式会社 光電製作所	提案法人	村井 繁夫	業務主任者 /渉外担当 /事業化検討	<ul style="list-style-type: none"> ・事業統轄 ・プロジェクト管理 ・事業化検討
		山内 雅量	技術適合性調査	<ul style="list-style-type: none"> ・提案技術の比較優位性調査 ・現地適合性の整理 ・法令調査（遠隔）
		佐藤 ひかり	現地連携調整 /報告書作成管理	<ul style="list-style-type: none"> ・現地連携支援 ・報告書等作成管理
株式会社オ リエント ル コンサル タ ン ツ	外部人材	西嶋 崇氏	外部人材の統括者/ ビジネス展開計画 支援	<ul style="list-style-type: none"> ・外部人材の統括 ・現地案件の調査 ・事業展開計画の作成支援
		青木 秀史	開発効果検討 /市場展開検討	<ul style="list-style-type: none"> ・現地ニーズ調査 ・開発課題調査 ・市場調査
		長岡 天津馬	技術適合性分析	<ul style="list-style-type: none"> ・技術適合性の分析 ・市場ターゲットの検討 ・現地比較優位性の分析

第1 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

(1) インフラ整備の状況と品質管理の意識

インドネシア国は、東南アジア地域において人口・国土とも最大のASEANの中核国であるが、インフラ整備が課題となっている。世界経済フォーラムの競争力ランキングについてみると、同国はフィリピンなどと同様に、インフラ整備率の順位が総合競争力の順位を大きく下回っており（総合国際競争力ランキング 50 位/141 カ国、道路インフラランキング 109 位/141 カ国）、インフラ整備が進んでいない状況である。そのため、インフラ整備予算としては、2011 年の約 100 兆ルピアから 2021 年度には約 414 兆ルピア（予算段階）と、10 年で 4 倍に増加している。インドネシア国では「国家長期開発計画（2005 年～2025 年）」を国家開発計画の基礎とし、5 年毎に中期国家開発計画が策定しており、「2020～24 年の中期国家開発計画（RPJMN）」では総額 2,385 兆ルピアのインフラ投資を実施するとされている。具体的には約 2,500km の高速道路整備、約 3,000km の国道整備や大量高速鉄道整備の促進が謳われている。

また、インドネシアは、日本と同じく環太平洋火山帯に属する島嶼国であり、地震の多い国の一つである。スマトラ島、ジャワ島南部、アロー諸島はユーラシアプレートとインド・オーストラリアプレートの境に位置するため、過去に多くの地震被害を受けている。2004 年のスマトラ島沖地震ではマグニチュード 9.1 の規模の地震が発生し、大規模な人的、物的被害が生じ、その後もスマトラ沖ではマグニチュード 7 を超える大きな地震が頻発している。そのため日本と同様に、大規模な地震や軟弱地盤に対して杭基礎が構造物の安定性を保つために非常に重要な役割を果たすと考えられる。

また、近年インドネシア国を中心とした東南アジアではインフラ整備に対する要求は高く、日本国政府が発表した「インフラシステム海外展開戦略 2025」においては、日本の「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の理念輸出が謳われており、国土交通省では価格だけではなく施工品質や技術力も受注者選定の判断基準に加える「良き発注者」の考え方をインドネシア等に対して提案予定であり、同国における品質向上の取組は促進されることが想定される。

(2) 構造物基礎杭施工時における課題

構造物の設計では、設計震度、地盤定数などに応じて、構造物の杭基礎に要求される性能が決定される。その性能を満たすために、杭径、杭長、杭に必要な周面面積が決定される。日本では必要となる性能要求を満たす杭基礎の打設が妥当かを判断するために、場所打ち杭打設前の掘削孔測定として、掘削孔の鉛直性、必要寸法、孔壁の崩落が測定される。しかしインドネシア国で実施されている一般的な検査では、杭基礎打設後の杭基礎コンクリートの健全度測定のみであり、打設されたコンクリートの延長、クラックの有無のみが確認されるため、杭の鉛直性、孔壁の崩落を原因とした場所杭の部分的欠損を確認することが困難である。そのため、孔壁の状態を測定せずにコンクリートを打設することで、杭基礎の施工品質で最も重要となる杭径、杭の鉛直性を確認できておらず、杭基礎の設計性能の未確認が課題となる。

日本建設業連合が 2017 年に実施した場所打ちコンクリート杭の品質管理に係るアンケート結果によると、場所打ちコンクリート杭施工で発生した不具合として最も多いものは「場所打

ちコンクリートの寸法・形状」に係る不具合であり、次に「掘削中の孔壁崩壊」となっている。場所打ちコンクリート杭を打設する際は、杭径不足や傾斜といった寸法・形状の不具合、掘削中の孔壁崩壊は発生頻度の高いリスクである。そのため、インドネシア国で採用している基礎杭打設後の杭形状確認では、掘削孔の孔壁崩壊やそれらに起因する杭径不足や傾斜といった寸法・形状の不具合はコンクリート打設後に出来形不足として判明し、リスクに対して後手に回ることとなり出来形不足を引き起こす要因となる。出来形不足の対応策は、基礎フーチング部の増し打ちや、杭基礎の再打設であり、工期遅延のリスクに直結する。また、事業工程の遅れが生じる場合は、フロー効果の早期発現という観点からも大きな損失につながる。

(3) 適用基準の違いによる課題

図1にインドネシア公共事業・国民住宅省の組織図を示す。道路事業を管轄する道路総局（Direktorat Jendral Bina Marga）の下部には15の組織が存在している。主な組織の掌握範囲を以下に示す。

1) 道路・橋梁運用体制・戦略局（Direktorat Sistem dan Strategi Penyelenggaraan Jalan dan Jembatan）

- ・道路、橋梁のネットワークシステム計画、プロジェクト戦略と予算の作成
- ・地方道路の技術開発等の分野における道路管理政策の策定
- ・外国からの融資と助成金の管理
- ・大都市圏を含む道路や橋梁の監視と評価

2) 道路建設局（Direktorat Pembangunan Jalan）

- ・道路事業の建設

3) 橋梁建設局（Direktorat Pembangunan Jembatan）

- ・道路事業のうち特に橋梁の建設

4) 高速道路局（Direktorat Jalan Bebas Hambatan）

- ・道路事業のうち高速道路の建設、管理等

5) 道路・橋梁技術局（Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan）

- ・基準、規格の策定、整理
- ・道路橋梁分野、安全管理分野、技術サービス、データ解析分野における専門的技術指導
- ・道路橋梁管理情報システムの開発

インドネシアにおける橋梁工事は主に橋梁建設局と高速道路局によって発注されている。高速道路局によって発注される橋梁工事では共通仕様書として「SPESIFIKASI UMUM UNTUK JALAN BEBAS HAMBATAN DAN JALANTOL/August2020/DIREKTORAT JENERAL BINA MARGA」が使用され、橋梁建設局によって発注される工事では共通仕様書として「SPESIFIKASI UMUM 2018, UNTUK PEKERJAAN KONS TRUKSI JALAN DAN JEMBATAN/ October2020 DIREKTORAT JENERAL BINA MARGA」が使用されている。前者においては杭施工時の孔壁調査が記載されているが、後者には記載されておらず、橋梁建設局から発注されている工事では杭施工時の孔壁調査が実施されていない。

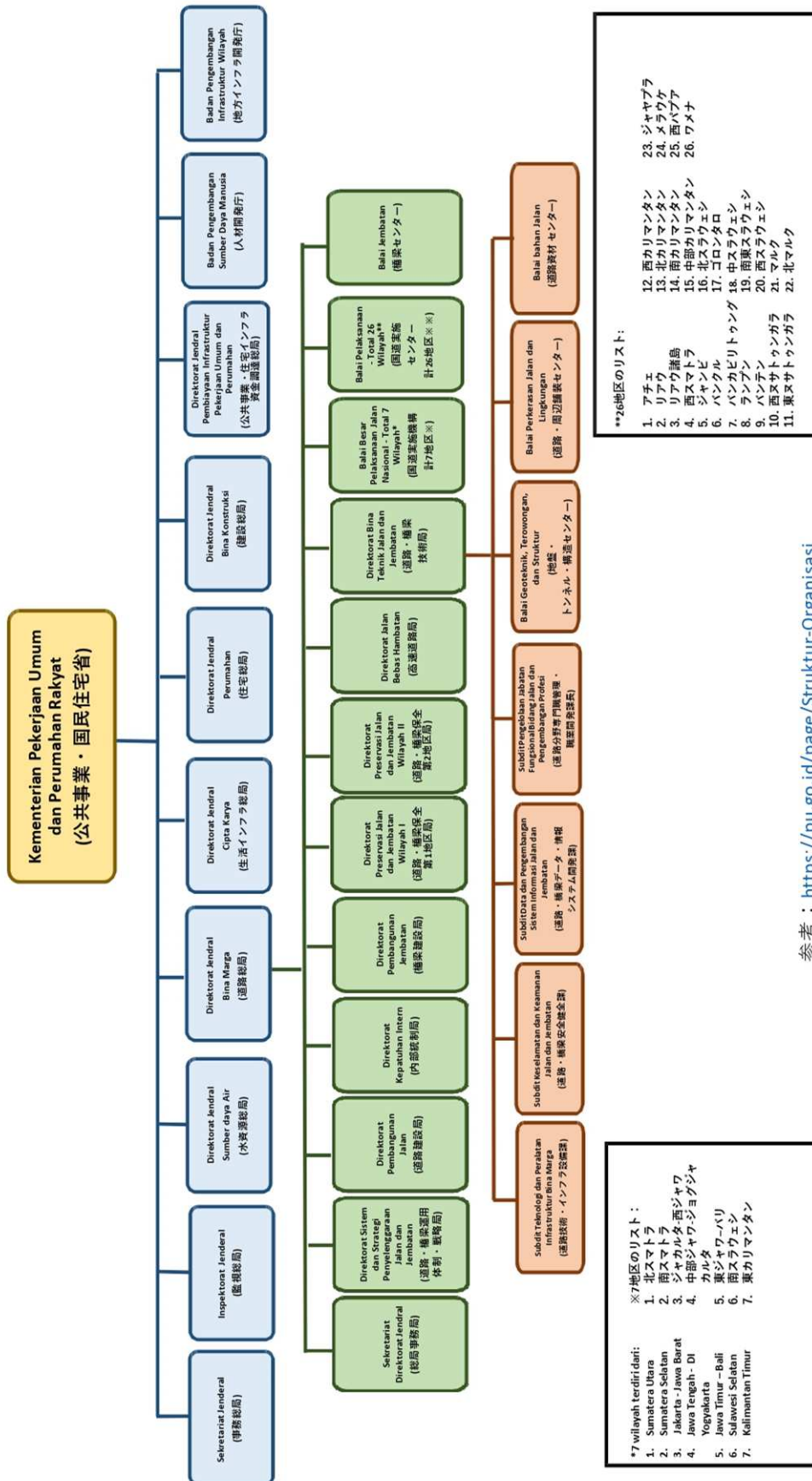


図1 公共事業・国民住宅省組織図

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 開発計画

インドネシアでは国家開発として長期（20年）、中期（5年）、短期（1年）の計画が存在しており、国家開発計画は国家開発企画庁（Badan Perencanaan Pembangunan Nasional）が取りまとめている。国家開発計画の種類を表2に示す。

表2 国家開発計画の種類

国家開発計画	期間
国家長期開発計画（RPJP）	20年
国家中期開発計画（RPJM）	5年
省・機関戦略計画（Renstra-KL）	5年
政府作業計画（RKP）	1年
省庁・機関作業計画（Renja-KL）	1年

現在は2005年～2025年の国家長期開発計画を基礎とした2020年～2024年の国家中期開発計画が策定されている。この中では、約2,500kmの高速道路整備、約3,000kmの国道整備、高度な施工品質が求められる大量高速鉄道（MRT）の整備を推進している。

(2) 政策

インドネシア中長期国家計画では、インフラ整備事業の推進が謳われているが、戦略的優先プロジェクトとして以下の3つが挙げられている。

- ・ Aceh-Lampung Trans-Sumatra toll road（スマトラ島横断有料道路）
- ・ Trans-Papua road (Merauke-Sorong)：パプア横断道路インドネシアのニューギニア島西部を横断する12区間の内、MeraukeとSorongを結ぶ道路を指す。武力紛争、環境破壊の影響もあり、現時点で建設は継続中。工事は、国営のPT Brantas Abiprayaと同じく国営のPT. Istaka Karyaというコントラクター2社が請け負っている。また、公共事業住宅省は、現在Merauke-Sorong道路区間に29の橋を建設中で、地域の孤立を解消し、西パプアの各都市や地区間の接続性を高めている。
- ・ Makassar-ParePare railway：スラウェシ横断鉄道の3つのフェーズの一つで、現時点で唯一完工している区間。総工費は9.7億ドルで、114kmの内30kmが官民連携で建設。

(3) 法令等

1) 輸出入に係る法令

提案製品は日本で製造されるためインドネシア国内に流通させるためには、完成された製品を輸入させる必要がある。提案製品を輸入するにあたってのインドネシアでの制度は以下の通りである。

① 適用規定：

インドネシアにおける輸入の規程について、本レポートが作成された時点で有効なのは、輸入の方針および管理に関する商業大臣規程2020年第21号である。

② 輸入制限：

上記規程において提案製品に該当する分類（HSコード：90158010）の輸入制限はない。

なお、新品の場合は輸入後の販売は可能だが、中古品は輸入後の販売はできないとなる。

③ 関税・税金等：

関税：5%。ただし、日本との経済連携協定における輸入関税に関する財務大臣規定第50/PMK.10/2022号を満足する場合には、0%となる。

輸入税：自己使用輸入業者登録（通称API-P）保有者の場合、2.5%

付加価値税：11%

④ 輸入業者の登録：

輸入業者登録には、自己使用輸入業者登録（通称API-P）と再販売輸入業者登録（通称API-U）の2種類が存在する。API-Pとして登録された場合は自己使用のみが認められ、輸入品を再販売することは認められない。一方、API-Uとして登録された場合は、輸入品を再販売することが可能となる。なお、これらAPI-PやAPI-Uは事業者登録（通称NIB）に関連するものであるため、企業がNIBに販売業を事業目的として記載されていない限り、API-Uは登録することができない。

⑤ 高級品税（PPnBM）：

PPnBMの課税対象は、高級品と分類される課税対象品を生産する事業者又は高級品に分類される商品を輸入する事業者が対象である。PPnBMは一度だけ課されるため、新品のみを対象とし、中古品は対象外となる。高級品として分類された課税対象品の納品時輸入時に課される。最低税率は10%で最高税率は200%。自動車以外の課税対象物品は、2020年の政府規制第61号で規制されている。

2) 公共工事発注に使用される仕様書

インドネシアにおける杭基礎の孔壁測定実施状況について、調査を行った。

◆日本の資金協力事業

日本によるODA事業では全杭に対して、過去から多くの工事において孔壁調査が実施されてきた。これは、資金協力事業で使用されていた仕様書が日本の仕様書を参考に作成されていたためであると推測される。加えて、日本のコントラクターの判断により仕様書によらず、橋梁基礎杭打設前の孔壁調査が実施されているケースも確認された。また、現在、地下鉄事業において連壁工事で孔壁調査が実施されている。

しかしながら、近年では後述する中部スラウェシ州パル第四橋再建計画のように、資金協力事業であっても孔壁調査が実施されない事例も存在しているようである。

◆インドネシア公共工事

公共事業・国民住宅省道路総局において工事発注に関わる部門は、一部の例外を除き、傘下の高速道路局、道路建設局及び橋梁建設局である。これらの工事発注に対して、所管する道路総局は2つの共通仕様書を示している。1つは「SPESIFIKASI UMUM UNTUK JALAN BEBAS HAMBATAN DAN JALANTOL / Agustus 2020 / DIREKTORAT JENERAL BINA MARGA (有料高速道路用共通仕様書)」であり、ここには、孔壁調査の記載がある。なお、現在インド

ネシアの高速道路の多くは PPP の仕組みを活用して高速道路会社が高速道路を建設している。そのため、PPP の事業者となる高速道路会社は、工事発注の際に自らでこの共通仕様書をもとに工事発注図書を作成している。つまり、最終的な孔壁調査実施の判断は各高速道路会社が決定している。孔壁調査の記載部分の抜粋を以下に示す。

(i) Pemeriksaan Non-destruktif

(i) Pemantauan Pengukuran Lubang Pengeboran

Kontraktor harus memeriksa semua lubang yang dibor dengan pengukuran ultrasonik sebelum pemasangan baja tulangan, dan rincian metode tersebut harus disetujui oleh Konsultan Pengawas. Pemantauan harus memeriksa lubang pengeboran vertikal dan rekaman langsung haruslah di empat arah (XX 'dan Y-Y'). Pekerjaan ini harus termasuk dalam mata pembayaran 10.07 (1) dan (2).



図 2 インドネシア国の有料高速道路用共通仕様書

もう 1 つは、道路建設局及び橋梁建設局が発注する際に使用される「SPESIFIKASI UMUM 2018, UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN/ October 2020 DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA (道路及び橋梁工事用共通仕様書) で、これには孔壁調査の記載がない。このことは、道路建設局及び橋梁建設局発注工事では孔壁調査は実施されていない可能性を示唆しており、調べた限りでは孔壁調査例は確認できなかった。



図 3 インドネシア国の道路及び橋梁工事用共通仕様書

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

インドネシアでは急速な経済成長に、インフラ整備が追いついていない。これが持続的な成長を遂げる上での障害になっており、同国の陸運、空港、港湾などの運輸交通分野におけるインフラ不足と質の低さ、電力供給量の制約と不安定さなどが深刻な問題となっている。また、ビジネス活動や生活に適した都市環境に必要な都市基盤の整備も課題となっている。国際競争力を向上させ、一層の経済成長及び雇用創出を実現するため、これら課題への対応が求められている。

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

(1) 我が国の ODA 事業

外務省の国別開発協力方針と本調査の合致状況は下記の通りである。

表3 インドネシア国援助方針との合致状況

項目	内容	詳細
重点分野	重点分野1 国際競争力の向上に向けた支援	<ul style="list-style-type: none"> 民間企業の国際協力向上を通じた経済成長を実現するため、交通・物流・エネルギー・通信網等の質の高いインフラの整備や、各種規制・制度の改善支援などを通じたビジネス・投資環境の整備並びに人材育成を支援する。
開発課題	開発課題1-1 質の高いインフラ整備	<ul style="list-style-type: none"> インドネシア国の陸運、空港、港湾などの運輸交通分野におけるインフラ不足と質の低さ、電力供給の制約と不安定さなどが深刻な問題である。 ビジネス活動や生活に適した都市環境に必要な都市基盤の整備も課題となっている。 「2020～24年の中期国家開発計画（RPJMN）」では積極的なインフラ投資による整備計画が策定されている。
関連プログラムとの連携可能性	物流、運輸、交通等インフラ整備プログラム <ul style="list-style-type: none"> ジャカルタ都市高速鉄道事業（フェーズ1、フェーズ2） パティンバン港開発計画（第1期） バンドン市内有料道路計画 中部スラウェシ州パル第四橋再建計画 	

(2) 他ドナーの先行事例分析

主な他ドナーによる事業を以下に示すが、ここにも多くのインフラ支援事業が存在し、土木構造物の基礎の品質向上に寄与する提案法人の活躍の場と言える。

● AIB

インドネシアの中長期国家計画（RPJMN）は、2020年から2024年を期間とし、いくつかのインフラプロジェクトを戦略的優先プロジェクトとして位置付けている。そのうち、完工を2024年としているスマトラ島横断有料道路には、AIBが12億ドル規模の融資を検討しているが、2022年時点でおよそ三分の一のみが完工している。AIBはその他にも、バタム島とビンタン島を結ぶ総工費9億ドルの連絡橋におよそ3億ドルの融資を検討。完工すれば総延長7035メートルと、インドネシアで最も長い橋となる。

● ADB

ADBが支援した2011年の道路改修工事では、カリマンタン、ジャワ両島の地方道路開発計画に1億8000万ドルを融資。同改修工事にはイスラム開発銀行も6500万ドル相当を融資した。総工費は3億8050万ドルで、ADB、イスラム開発銀行の融資を差し引いた分はインドネシア政府が負担した。

● WB

2015年、世界銀行はインドネシアのインフラ投資に対し2019年までに最大120億ドルの支援を行うと明らかにした。当時のキム総裁はインフラの開発や再建に関し約80億ドルの支援が可能と説明。インドネシアのジョコ大統領は5年の任期中に大規模なインフラ整備を計画している。

● 中国開発銀行(CDB)

インドネシアでは中国からの融資が増えており、ジャカルタとバンドンを結ぶおよそ142キロの高速道路計画を2015年に中国が受注。中国側は中国鉄建（CRCC）がインドネシアの国有企業連合と合弁で「インドネシア中国高速鉄道会社（KCIC）」を設立し、中国開発銀行（CDB）を通じた資金提供で建設計画は2016年に着工。当初の計画では2019年の完工だったが、2023年2月現在工事は継続中、総工費は当初の60.7億ドルから79億ドルに膨れている。

● **PPP**

過去に日本が技術支援を行ったプロジェクトとしてはA.P.ペタラニ高架有料道路があり、日本のNEXCO西日本がPPP方式で技術支援を行った都市内高速道路である。2020年5月に日本高速道路インターナショナル株式会社（JEXWAY）、株式会社海外交通・都市開発事業支援機構（JOIN）とともに株式を取得したPT Margautama Nusantaraの子会社である、PT Makassar Metro Networkが建設工事を行った。パプア横断道路（Jayapura-Wamena 道路）があり、総延長50.14km、総工費およそ2億ドルを想定。インドネシア国家開発省の資料によると、入札が2023年第一四半期に始まり、工期は2023年後半から2年間を予定している。

第2 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

株式会社光電製作所は、電子技術の先駆者であった旧海軍技術研究所、電波運用の中心的役割を担っていた通信省及び国際電気通信株式会社の技術者達が集い、昭和22年（1947年）10月3日に東京で創業した。

無線通信装置、電子応用装置および超音波・レーザー応用装置ほか電気機械器具の製造業で、コア技術は、「電波・音波・光」によるセンシング技術と情報信号処理技術で、これらの応用技術を研鑽し、「技術のコーデン」として、積極的な開発を行っている。

わが国の漁業近代化の基盤となった世界初のブラウン管式無線方位測定機の開発以来、船舶用電子機器部門で常にエポックメイキングな製品を世に送り出し、産業用機器部門でもその技術を応用しており、近年ではJAXAと共同研究を行い、小惑星探査機「はやぶさ2」の帰還カプセル回収ミッションにおいて使用された可搬型小型レーダーを通じてその技術力の高さが評価される等、総合電子機器メーカーの地位を築いている。

本社は、東京都大田区多摩川2-13-24で、山梨県上野原市上野原5278に上野原事業所を擁する。

(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

かねてより、日本の政府開発援助事業においては日系ゼネコンが杭基礎施工の品質向上を目的に提案製品を用いた孔壁測定が実施されてきた。しかしながら該当工事への単発採用であり、現地政府や現地基礎工事業者へ提案製品価値の認知に至っておらず、現地企業への積極的な展開を実施していく必要がある。加えて海外は、中国製品などの類似品が出てきている状況でもあり、インフラ整備の品質確保に向けて、提案製品の海外展開が効果的であるとの判断に至った。

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

構造物の杭基礎は直接構造物を支えることができない地盤において、堅硬な層に深く杭を打ち込むものである。杭基礎はその支持方式によって支持杭と摩擦杭に分けられる。支持杭は先端を支持層に打ち込むことで、構造物を支える。摩擦杭は杭の周面摩擦力によって構造物を支える。そのため、杭基礎に要求される性能を満たすためには、支持層まで杭を到達させること、必要な周面面積を確保することが必要となる。掘削を伴う杭基礎打設の工事手順と測定フローを図1に示す。日本国内の測定では、「日本基礎建設協会」による各種施工指針においてコンクリート打設前に掘削孔の寸法の確保を確認す



図4 超音波測定装置

ることが必須となっている。一方、インドネシア国では掘削孔の測定が実施されずに杭基

礎が打設されることが一般的であり、出来形に対する信頼性が十分に担保できていない。

提案製品は、場所打ち杭の打設前の掘削孔を超音波によって測定する「超音波型測定装置 (DM-604RR)」である。掘削孔は孔壁の崩壊を防ぐことと掘削時の摩擦熱によるドリルの先端の摩耗を防ぐため、安定液と呼ばれる水溶液を掘削孔に満たしながら掘削が行われる。提案製品は、ケーブルの先に4方向の超音波センサーを取り付けた「振動子」を掘削孔の中心から下降・上昇させながら、超音波を発振し、その音波の跳ね返りで、中心からの距離を測定することで、泥水や安定液で満たされた掘削孔内の「掘削孔の鉛直性」、「設計で決定された寸法」、「孔壁の崩落」を正確に把握する**(特徴1)**。

提案企業の各種測定器製作のノウハウによって、安定液の中を上下する際にも測定点の鉛直性が確保することができ、高い精度での測定を可能としている。その結果、設計で決定した杭径、杭長を確認でき、高い品質を確保した場所打ち杭の施工が実現できる。加えて、寸法不足といった健全性を担保していない場所打ち杭の再打設を防ぐことにもつながる。

測定の際はウインチに吊り下げられたセンサーを投入するが、センサーは着底位置と格納位置で自動的に停止することや、超音波測定の障害となる発振線エコーの感度の自動調整など、測定の容易性を確保している。オートメーション化による測定の容易性を確保している**(特徴2)**。

また、測定の信憑性・客観性を担保するため、記録データは自動的に電子ファイルに格納され記録紙での記録を採用している**(特徴3)**。

特長 1：水や安定液で満たされた掘削孔に対して、鉛直性の確保、設計で決定された杭径・杭長の確保、孔壁の崩落の正確な測定が可能

特長 2：感度の自動調整などによる測定の容易性を確保

特長 3：記録データは記録紙に記録することで測定の信憑性・客観性を確保

(2) ターゲット市場

インドネシア国は、東南アジア地域において人口・国土とも最大の ASEAN の中核国であるが、インフラ整備が課題となっている。世界経済フォーラムの競争力ランキングについてみると、同国はフィリピンなどと同様に、インフラ整備率の順位が総合競争力の順位を大きく下回っており（総合国際競争力ランキング 50 位/141 カ国、道路インフラランキング 109 位/141 カ国）、インフラ整備が進んでいない状況である。そのため、インフラ整備予算としては、2011 年の約 100 兆ルピアから 2021 年度には約 414 兆ルピア（予算段階）と、10 年で 4 倍に増加している。インドネシア国では「国家長期開発計画（2005 年～2025 年）」を国家開発計画の基礎とし、5 年毎に中期国家開発計画が策定しており、「2020～24 年の中期国家開発計画（RPJMN）」では総額 2,385 兆ルピアのインフラ投資を実施するとされている。具体的には約 2,500km の高速道路整備、約 3,000km の国道整備や大量高速鉄道整備の促進が謳われる。加えて、日本の資金援助としてもインフラ整備が実施されており、「ジャカルタ都市高速鉄道事業」「バンドン市内有料道路計画」「中部スラウェシ州パル第四橋再建計画」といったイ

ンフラ整備が進んでおり、これら事業には多くの杭基礎施工が予定されている。

また、近年インドネシア国を中心とした東南アジアではインフラ整備に対しての要求は高く、日本国政府が発表した「インフラシステム海外展開戦略 2025」においては、日本の「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の理念輸出が謳われており、国土交通省では価格だけではなく施工品質や技術力も受注者選定の判断基準に加える「良き発注者」の考え方をインドネシア等に対して提案予定であり、同国における品質向上の取組は促進されることが想定される。

3. 提案製品・技術の現地適合性

(1) 現地適合性確認方法

杭基礎の施工における必要要件は、一般的に契約図書 (Bidding Documents) に基づき精度管理を行う必要がある。各発注案件につき、1つ1つ個別の契約図書があり、それぞれの規模や予算に応じて要件が異なる。本提案製品における案件への使用条件は、超音波測定による計測が契約図書の要件に、記載されている必要がある。

杭基礎の精度確認計測方法としては、超音波測定による掘削直後の孔内計測と、杭基礎のコンクリート打設後の計測方法がある。本提案製品は、前者の計測により精度管理が可能となるものであるため、契約図書において超音波測定による掘削直後の孔内計測の要件が必須となる。

(2) 現地適合性確認結果 (技術面)

契約図書において超音波測定による掘削直後の孔内計測の要件となっている ODA 案件について、適合性確認を行った。超音波測定に必要な杭孔壁における測定精度は測定精度 \pm 0.2%以内 (半径 1m の孔だと、測定値は、99.8~100.2 cmの間を表示するという意味) となる。これは、ASTM D8232 基準の鉛直性は2%以内を満足しており、日本の業界の指針の1%を満足 (目視で1%以内か否かを判定) している。そのため、確認した ODA 案件での鉛直精度 \pm 0.2%以内であれば、問題なく適用可能であることを確認した。

(3) 現地適合性確認結果 (制度面)

契約図書において超音波測定による掘削直後の孔内計測の要件が必須なるため、契約図書において超音波測定による掘削直後の孔内計測の要件となっているか、否かについて、確認した。ODA 案件については、日本のコンサルタントが契約図書を作成しているため、ほとんどの案件に関して、適用されていることが確認できた。また、インドネシアの設計図書のベースとなっている PUPR の道路総局による共通仕様書は、有料高速道路向けと一般の道路と橋梁向けの2種類が確認でき、前者については、超音波測定による掘削直後の孔検査の要件の記載があることを確認できた。

契約図書は1つ1つの個別の各発注案件にあり、それぞれの規模や予算に応じて要件が異なり、掘削孔の検査についても共通仕様書の内容とは必ずしも100%一致しない。高速道路会社からの聞き取りによれば、共通仕様書に孔壁検査が記載されているにもかかわらず、仕様書へそれが記載されていないために実施しない例、少数の抜き取り検査のみ記載されている

例、全量検査が記載されている等さまざまであり、契約図書における仕様書の内容は発注者である高速道路会社に裁量があるようである。

また、孔壁調査の記載がない共通仕様書を用いている道路建設局及び橋梁建設局発注の一般の道路と橋梁における工事では実施されていない事を示唆しており、調べた限りでは孔壁調査例は確認できなかった。

現地エンジニアのヒアリング結果によると、インドネシア政府発注の工事ではパイルドスラブ構造のような小規模な現場打杭基礎が施工されていることが多いため、共通仕様書に場所内杭の孔壁調査を必須とした場合、このような小規模な杭孔まで孔壁調査を実施する必要があるため、記載方法を工夫する必要があるとの情報を得た。

なお、橋梁建設局は、日本の ODA 事業を含む、大型橋梁事業の発注も実施しているが、代表例の 1 つである中部スラウェシ州パル第四橋再建計画の仕様書にもその記載はない。

インドネシア語での General Specification は、以下のアドレスよりダウンロード可能である。

<https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/spesifikasi-umum-untuk-jalan-bebas-hambatan-dan-jalan-tol-no-11sedb2020>

4. 開発課題解決貢献の可能性

日本と同様に、大規模な人的、物的被害をもたらす大きな地震が頻発している。そのため大規模な地震や軟弱地盤に対して杭基礎が構造物の安定性を保つために非常に重要な役割を果たすと考えられる。課題と挙げた以下の 2 を解決することは、インドネシア国の開発計画に寄与すると考える。

- ・ **課題 1** : 杭基礎施工前の掘削孔測定の未実施による設計時性能要求の未確認
- ・ **課題 2** : 基礎コンクリート杭の出来形不足による工期遅延等の影響

精度管理による品質の向上が必須と考える。契約図書において超音波測定による掘削直後の孔内計測の要件を必須とすることにより、すべての基礎工事における品質が担保されることとなる。また、精度を限定し、高精度の孔内計測によるさらなる品質の向上に寄与すると考える。

杭基礎の品質向上に寄与することにより、設計時の性能を確保し、必要な性能を発現可能な状態に貢献できる。また、手戻りを確実に減らせるため、急速に発展しているインドネシア国の開発事業の遅延の低減に貢献すると考える。

なお、公共事業・国民住宅省道路総局の企画部門として、地方道路の技術開発等の分野における道路管理政策の策定を司る、道路・橋梁運用体制・戦略局においても提案製品が課題解決のために貢献すると共に、その重要性と波及効果について同意を得られた。

さらに、同席した橋梁建設局、道路・橋梁技術局及びその傘下の地盤・トンネル・構造センターとともに、今後も課題解決のために協議を継続する。

第3 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

提案製品は公共工事の杭基礎施工の際の測定機器での使用を目指すものであり、杭基礎工事を実施するゼネコン、基礎工事業者に対して、販売による提供を行う。現状の社会情勢を鑑み、提案企業が現地活動を極力控えるビジネスモデルを構築する。具体的には、現地パートナー企業を活動主体とした提案製品の販売とし、現地パートナー企業への提案製品の機器整備と測定手法の指導を提案企業が行う。それにより、現地パートナー企業が現地販売店・修理センターとしての役割を果たす。

技術移転が行われた後は、現地販売店に製品、部品、及び消耗品を販売する形でビジネスを展開する。なお、拡販活動は、現地パートナー企業が現地販売店として下記の取組により行うことを想定している。

- 1) 公共工事発注機関、ゼネコン、設計コンサルタント、基礎工事業者への営業活動
- 2) 提案製品の販売、リース
- 3) 提案製品を使用した測定
- 4) 提案製品の機器修理

現時点で想定される現地販売店・修理センターとして、現地で杭基礎施工のコンクリート健全性測定装置を保有し、杭基礎施工時の健全度調査を実施している企業である、PT. Geotech Efathama 等と販売店契約の締結を図ることが挙げられる。

その後、公共事業における本製品を使用した孔壁測定の効果が認められ、標準化が進んだのちに民間大規模建造物の基礎施工に対しての展開を図り、さらなる事業拡大を図る。

2. 市場分析

(1) 市場の定義・規模

前述した通り、インドネシア国では杭基礎施工時において場所打ち杭打設前の掘削孔の測定は実施されておらず、杭を打設する掘削孔の状況を把握することができていない。そのため、設計時に決定された必要性能を満たしているかの確認が不十分である。また、コンクリートの打設後に形状確認を行うため、孔壁の崩落等による場所打ち杭の出来形不足が生じると、場所打ち杭の再打設や基礎フーチング部の増し打ちが必要となる。2019 年度にインドネシア公共事業・国民住宅省道路総局（ビナマルガ）へヒアリングをしたところ、出来形不足による再打設の事例を確認し、杭基礎打設の品質に高いニーズがあることが判明した。このことから、道路・鉄道インフラなどに対する公共事業の出来形検査の仕様に取り入れることを目指す。具体的な市場としては発注機関側（監理者等）、施工業者側（杭打ち業者等）及び第3者の検査会社を顧客として、①発注者側の監理者等が自ら検査するケース、②施工業者側（杭打ち業者等）が発注者側の監理者等の立会いの下で検査するケース、③発注機関側（監理者等）又は施工業者側（杭打ち業者等）の依頼により第3者の検査会社による検査を想定している。なお、このような市場の想定の下で、他市場と同様に検査に必要なコストは杭施工費の中から賄われることが中心となる事が想定された。将来的には、場所打ち杭基礎を施工する必要がある民間事業への展開も視野に入れる。

(2) 競合分析・比較優位性

対象国において、提案製品のような機能を謳った競合製品としては、数量的には多く確認されていないものの2社2機種が確認できた。このうち、中国S社製は、提案製品の模倣品と思われ、中国のODAで実施する高速鉄道事業の下請け業者が購入を求められている。これは、改ざん容易であり測定精度も低く信頼性に欠けるという短所も指摘されているが、ODA事業終了後も市場へ残置される事から、最大の競合品と考えられる。米国P社製は、使用形態が大きく異なることから対象国ではなじみが薄く、非常に高額であることと併せて試験的な導入に留まっている模様である。以下に競合の分析および比較による優位性を示す。

表 4 提案製品と競合製品の比較

	提案製品	アメリカ製品	中国製品
		P社製	S社製
装置画像			
価格	7百万円前後	12百万円前後	4-5百万円
センサー吊下方式	内蔵ウインチ	アースドリル掘削機	内蔵ウインチ
最大計測可能直径	8,000mm	6,000 mm	7,200mm
最大計測深度	100m (150m 受注生産)	150m	150m
調査精度	○	—	△
センサーの鉛直性	特殊なワイヤーにより鉛直性を確保したまま安定液の中でも上昇・加工が確認可能	鉛直性は主に操縦者の力量と重機の性能に支配され、安定して確保する事は難しい	2本のワイヤーの間隔がセンサーのサイズの割に狭いように感ずるため、鉛直性に疑問
調査精度・超音波技術の性能	◎	△	△
	安定液で満たされた掘削孔内でも鮮明な測定結果が確認可能	指向角が広く、超音波の密度が薄くなり、特に安定液中の探知能力が劣る	測定結果が不明瞭であり、掘削孔の孔壁崩壊が正確に確認できるか不明
データ信憑性	測定データの編集が困難 本体から出力 記録紙に計測データが記録され、データの改ざんは不可能	測定データの編集が可能 プリンター経由 PCによる記録であり、データの修正が容易に可能となり、測定データの改ざんリスクを内包	測定データの編集が可能 プリンター経由 タブレット・PCベースの記録となっており、データの修正が容易に可能となり、測定データの改ざんリスクを内包
機器の故障リスク・ケーブル	○	○	△
	泥除けを通し、溝のついたドラムに巻き込むため、乱巻きにならず故障リスクが低い。	アースドリルの先端に装着して測定するため、故障リスクが低い。	センサーケーブルが乱巻きのため、数か所においてケーブルに負荷がかかり、故障リスクが高い。

1) 米P社製

アースドリルの先端に装着して測定する。

①鉛直性について

・アースドリルの先端に取り付けて降下させるため、鉛直性は主に操縦者の力量と重機の性能に支配されるので、安定して確保する事は難しいのではないかと推測。

② その他

・超音波を出す振動子の数が多いが小さいため、サイズから考える限りビームの指向角が広く、このため超音波の密度が薄くなり、特に安定液中の探知能力が劣ると推測。

・指向角が広いと、杭孔の拡底部の計測精度はより落ちる。

・本体にデータが蓄積され、測定終了後にPCに接続してデータを読み出すため、確認に時間がかかる。

・出力は任意のPCに落とすことができるが、改ざんは可能。

2) 中国製(S社)

基本的に当社製品の複製品の範疇にある。

① 鉛直性について

・センサー部分を鉛直に垂下させるために重要な2本のワイヤーの間隔がセンサーのサイズの割に狭いように感じるため、鉛直性に疑問を感じる(径の小さい孔に対応するための対応ではないかと推測される)

② 探知能力について

・超音波を出す振動子の数が多いが小さいため、ビームの指向角が広く、このため超音波の密度が薄くなり、特に安定液中の探知能力が劣ると推測。

③ その他

・指向角が広いと、杭孔の拡底部の計測精度はより落ちる。

・測定データの偽造が容易

・無水孔を超音波で計測する事はその特性から考えて探知能力などに疑問がある。

3. バリチェーン

(1) 製品・サービス

日本では、1960年代に高層ビル建設や大型橋梁建設が盛んになり始め、現在まで、孔の掘削技術は進歩し、高層ビルはより高くより大きく、橋梁は、より長くより大きくなった。そこで、杭基礎の健全性確保が一層重要視されている。アジアにおいては、シンガポール、タイ、インド、香港、ベトナムなどで、杭基礎の健全性確保が認識され、孔の計測が必ず行われている。

インドネシアでも同様なサービス展開を必要とされていることが確認できた。インドネシアでの展開においては、精度確保に係る製品自体の組み立ては、日本で概ね行い、インドネシアパートナーへ機器の販売、技術提供を行う。また、修理に必要な部品の提供、および修理の技術移転が必要である。さらには、機器の精度が確保されている検査証明書などの発行に対してもパートナーへのサービス提供を行っていく必要があると考える。

概算測定費用を算出した。インドネシアの作業員を想定し、1日当たりの仮定した損料をもとに割り出した。測定費は約 US\$375.70/日である。これは、1日あたりの人件費、機械損料を想定し、φ1800mm、L=60m の杭を想定した場合、杭打設の 0.5%とした。また、機器卸売価格：約 450 万円と想定している（コストの上昇により本年 4 月からは約 600 万円へ改定予定）。

(2) バリューチェーン

現地販売店を活用し、現地工事発注機関やゼネコン、設計コンサルタントに対して提案製品の販促活動、営業活動、機器整備、アフターサービス業務、クレーム対応等の役割を現地で展開する体制を構築する。提案法人は現地販売店・修理センターに対し、機器整備や測定に係る技術等の向上支援を適宜実施する。本調査においては、技術ライセンス契約の必要性を含め、現地パートナー企業の検討を行う。

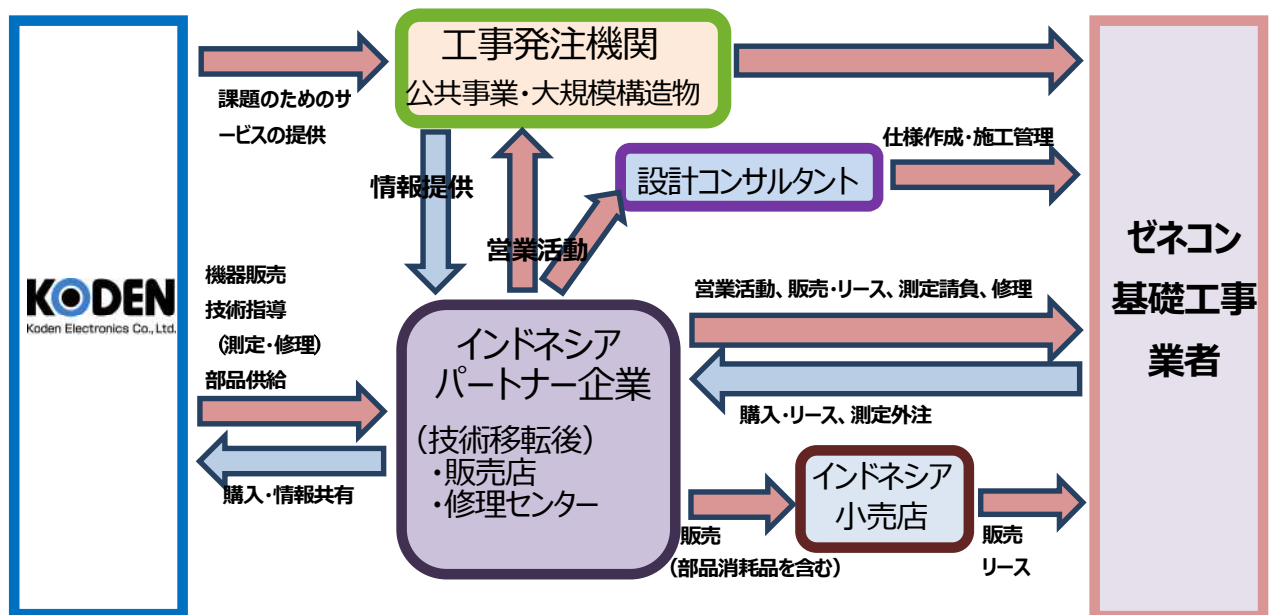


図 5 事業実施体制図

4. 進出形態とパートナー候補

(1) 進出形態

インドネシアにおいても東南アジアに既に進出している他の国と同様なサービスを展開し、進出していくことを考える。基本的に、製品自体は精度確保に係る製品自体の組み立ては、日本で概ね行い、インドネシアパートナーへ機器の販売、技術提供を行う。また、修理に必要な部品の提供、および修理の技術移転が必要である。さらには、機器の精度が確保されている検査証明書などの発行に対してもパートナーへのサービス提供を行っていく必要があると考える。

一般的に、日本ブランドは人気が高く職人気質で丁寧な作業を行うとインドネシアにおいても高い評価を得ており、非常に強い品質に対するこだわりがストロングポイントとなっている。しかしその反面、事業を進めるためには日本でこだわってきた高いサービスの品質を現地で再現することは難しいケースも多く、現地顧客の好みやニーズに合わせ、サービスを調整していく必要も生ずる。スムーズに進出を進めるためには、妥協できるポイントと譲れないポイントを明確にし、うまくローカライズを進める必要がある。そして、これらの課題を掌握するためには、現地顧客の声を吸い上げるとともに、現地データをもとに状況判断をし、顧客向けの教育体制を構築する必要がある。従って、ここで重要となるのは、パートナー選出となる。パートナー候補によっては、進出形態が若干変更となる可能性もあるが、これらをしっかり理解し、情報を収集し分析すると共に、結果を共有できる力量を有する事が望ましい。現時点で考えているパートナー候補に求める業種としては、①基礎杭業者への直接輸出、販売店を担ってもらう。②建設工事・土木工事の設備・機器を販売する業者に輸入、販売店を担ってもらう。これら2業種とのパートナーと提携を行い、進出展開を行う。

(2) パートナー候補

パートナー候補を検討するにあたり、建設系企業の API-U 保有者としての可否について、調査を実施した。国営または民間の建設系企業は、各社のホームページを調べた限り、販売業を行っていない。設備・機器等を輸入しても、自社が使用するためのものであり、販売目的で輸入するものではない。そのため、API-U としては登録されていないと推測される。光電製作所 DM のパートナー候補は、建設工事・土木工事の設備・機器を販売する業者を行っている PT. Geotech Efathama 社が最も有力であると考えられる。競合製品における販売を行っており、また、KODEN TEST を知っており、光電製作所 DM における認知度も深い。また、光電製作所 DM を直接輸入した実績もあるためである。以下に調査結果を示す。

1) 基礎杭業者

大手基礎業者を中心に、企業のサービス内容をホームページで確認を行った。PT Trocon Indah Perkasa 社はホームページにアクセスできないため、未確定であるが、販売活動を実施しておらず、杭工事及びそれに関連するテストのみを行っている可能性が高い。また、PT Berdikari Pondasi Perkasa 社はクレーンのレンタルを提供するものの、設備や機器の販売は実施していない。パートナーになるための条件でも述べたように、光電製作所 DM を販売するに当たっては API-U が条件になる。リストの企業が販売業を行っていないことから、API-U を保有する可能性は低いとみられる。よって、基礎杭業者の企業をパートナー候補にするのは難しい。

2) 建設工事・土木工事の設備・機器を販売する業者

ネットで検索した結果、いくつかの店がヒットしたが、規模感や信頼性、API-Uの有無などについては不明であった。杭業者とのヒアリングを基に確認することとした。ヒアリングの中で、複数の企業名の推薦を受けたが最も有力と思われる企業はPT. Geotech EfathamaおよびPT. Alpha Focus Indonesiaと思われる。

PT. Geotech Efathamaの主な業務内容は、基礎試験と地盤工学サービスの提供である。米PDI社インドネシア販売店であり、ホームページ中で中国製のDMを使用したKODEN TESTの紹介も行われていた。

PT. Alpha Focus Indonesiaの主な業務内容は、基礎工事とその機器レンタル業である。イタリアのCasagrandeとフランスのPTCのマレーシアとインドネシアにおける機械と設備の総代理店である。なお、Casagrandeは掘削装置の世界クラスのメーカーである。PTCは、杭打設および土壌改良装置の設計と製造が専門としている。

5. 収支計画

インドネシア国でのビジネス展開において、当初5年間における提案製品の目標とする販売数については次の表に示す。前提として、現在候補をリストアップ中の現地販売店を通じて日本から輸入して販売することを想定している。当面、販売対象と想定する事業は、公共事業・国民住宅省に関連する公共事業の高速道路、地下鉄、一般道路の橋梁等である。現地杭打ち業者等を主要な受注先とし、アフターサービスは販売店に依頼する。提案製品の卸売価格は約（非公開）万円(本年4月以降)である。

・ケース1 市場環境が現状のまま推移した場合

現地杭打ち業者をヒアリングした感触から現在抱えるニーズを推測して、1年目と2年目は2台程度を望めるが、その後は1~2台程度と推測している。

・ケース2 「道路及び橋梁工事用共通仕様書」へ孔検査が織り込まれ、各高速道路会社が建設する高速道路の仕様書へ「有料高速道路用共通仕様書」の記載のとおり孔検査が採択された場合

年間2台程度から漸増し、3年後には4台程度となり、その後5台程度で安定する事を想定している。なお、本製品の耐用年数が10年と長く、15年近い使用に耐えたものもあり、また、修理の難易度もあまり高くないことから、現在世界で最も販売している販売店群で年間平均5台程度の売上があることから、同程度に成長するものと考えている。

表5 収支計画書

ケース1 市場環境が現状のまま推移した場合（非公開）

ケース2 「道路及び橋梁工事用共通仕様書」へ孔検査が織り込まれ、各高速道路会社が建設する高速道路の仕様書へ「有料高速道路用共通仕様書」の記載のとおり孔検査が採択された場合（非公開）

6. 想定される課題・リスクと対応策

(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策

パートナー企業は、輸入品を販売するに当たり、自社で輸入し、その輸入品を販売するための許可（API-U）を保有する必要がある。販売業とメンテナンス業の両方を受け持つ可否について、2019年以降には規定が改正され、定款に事業目的を明記すれば、一つ以上の事業を受け持つことは可能となっている。2019年以前に設立した企業でも、定款を改定し、当

局へ当該改定定款を登録すれば、一つ以上の事業を受け持つことが可能である。よって、定款で販売業とメンテナンス業を営むことを明記し、当局へそれを登録していれば、販売業とメンテナンス業の両方を受け持つことは可能である。

(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策

主なターゲット市場は東南アジア、東アジアの国々としており、すでに概ね必要数が出回っている。そのため、その他の国からの流入が想定される。

競合・競合製品としてはアメリカ製、中国製がある。アメリカ製は、従来のセンサー周回型の計測から、8個のセンサーで一度に計測する方法に変更し、計測時間が短くなった。中国製品は、改ざん可能であり測定精度も低く信頼性に欠けるため、市場での認知は限定的である。このような競合製品が確認されているものの、提案法人の DM が有する計測精度と同等品以上のものとは言い難い。現状を考えると、提案法人の DM と同等品が開発されるリスクは少ないと考えられる。提案製品は各部品の組み立てにおいて高い技術力が必要となる製品であるため、完成品を現地販売店へ提供することとしている。このため、第三者が提案法人の供給する部品の一部を流用して独自製品を製造し販売する事は、資金、販路、生産能力等面も含めてハードルがかなり高いと推測されることから、リスクとしては低いと考えられる。

(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策

杭基礎の施工における必要要件は、一般的に契約図書 (Bidding Documents) に基づき精度管理を行う必要がある。各発注案件につき、1つ1つ個別の契約図書があり、それぞれの規模や予算に応じて要件が異なる。予算の都合上、超音波測定による計測が削減される可能性がある。基礎業者へのヒアリングによると、発注機関の意向が強く影響する。日本資金である ODA 案件の場合は、日本のコンサルタントが発注機関との協議により決定できるが、すべての案件で採用されているわけではない。そのため、リスクとしては、発注者側が費用を削減する際に切り捨てる項目の1つとして考え、契約図書へ採用されないことがあげられる。また、インドネシアの定めた孔測定の記載がない共通仕様書の適用を求められる場合もある。これらのリスクに対しては、品質確保の重要性に対する認識を浸透させるための地道な情報展開を通じ、関係者全体の意識を引き上げることが重要と思われる。

(4) その他課題/リスクと対応策

想定するビジネス実施に当たり、その他の課題/リスクを挙げ、事業への影響度と発生時の対応策について以下に示す。

2. 想定リスクと対応策

項目	リスク内容	対応策
知的財産	製品内の技術は簡単コピーができないが、販売店が販売、リースした製品が競合他社の手に渡り、製品の盗難、機器の分解による技術流出の可能性はある	現地販売店との契約内に機器の使用方法、禁止事項を明記させる。コア内部情報を公開しないことを目的に特許申請等は実施しない。
コンプライアンス	政府関係の規制が大きく、公務員の給与が比較的低い等から、賄賂のリスクがある	取引相手の選定にあたっては、現地本邦企業等から情報を収集し、対応を行う

安全対策	調査期間中の交通事故、テロ等のリスクがある	JICA や大使館等からの最新の安全情報を入手し、安全確保に細心の注意を払う。
新型コロナの影響	感染症対策への集中（渡航制限等）	現地調査は現地傭人を通じて、遠隔で実施する。

7. 期待される開発効果

- ・ インドネシア政府は、国家開発計画の「2020～24 年の中期国家開発計画（RPJMN）」の中で、約 2,500km の高速道路整備、約 3,000km の国道整備、高度な施工品質が求められる大量高速鉄道（MRT）の整備を促進するとしている。インフラ工事が今後予定されるなか、基礎工事の施工品質には課題があり、杭基礎の設計性能が十分に確保されているかを確認せずに杭打設が行われている現状を考えると杭打設後に不備が見つかった場合には、追加での施工が必要となり、事業工程の遅延などが発生する原因となっている。調査内では、具体的な基礎のトラブルについて、ヒアリングを実施したが現時点で大きなトラブルは確認されなかったが、ヒアリングの中では、杭径不足に対しては、耐荷力が減少したことによる追加照査や、再設計の実施を行っているなどの発言を確認できた。一般的に1か所に不備が生じた場合、1、2か月の追加照査期間および数百万円の費用、やり直しになった場合は、半年レベルの再設計および数千万円レベルの費用。再工事となった場合はそれ以上の機関と費用が発生する可能性がある。約 2,500km の高速道路整備、約 3,000km の国道整備に対し、構造物基礎が数千基存在した場合、0.1%のエラーであっても、数基の基礎にエラーが考えられ、先に述べた期間と費用が発生するリスクがある。こういったリスクに対し、DMによる計測を実施することにより、リスクを低減する効果があると考えられる。

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 関連企業・産業への貢献

当提案製品は東京都内の企業によって作成され、各種研究機関の支援を得て国内展開してきたものである。インドネシア国での展開が可能になれば都内産学会の意識高揚に貢献することができる。加えて、提案製品の海外展開により、将来的には周辺の東南アジア諸国や他の途上国市場へも高い品質を保った杭基礎施工への貢献が期待できる。その結果、収益が拡大し、納税額の増加や現地の雇用創出により、地元経済への貢献が見込まれる。

表6 本調査及び ODA 案件化でみこまれる地元経済・地域活性化

想定項目	想定される効果、本調査での検討事項
国内の雇用創出、新規開拓、新規開発	・ 提案法人がグローバル化を実現することで、高度知識と海外経験を持つシニア層や外国人技術者等の積極的な活用を行い、海外事業運営を図る。
国内関連企業の売上増	・ 提案製品の輸出増加により機器製作数が増加し、都内の製造委託企業の業績に貢献 ・ 日本メーカーの存在感を高め、他本邦企業のインドネシア国での建設技術の市場参入を支援
新たなパートナーとの連携及び連携強化	・ 長期的には、インドネシア国での実績をふまえて東南アジア諸国への展開によって新たなパートナー連携が形成され、受注増による国内外関連企業の売上増が見込める

事業実施による国内地元経済への裨益	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製品基幹部分は海外展開後も東京都での製造を行い、東京都で製作された Made in Tokyo の技術として水準を保持することで、国内製作委託企業の生産増、輸出増に寄与することで、国内地元経済への裨益が期待される
-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(2) その他関連機関への貢献

当社は、新技術の開発に関して多くの研究機関などの関連機関と共同で研究と技術開発を進めてきた。近年においてはJAXAとの共同研究、総務省の研究委託始めとして東京工業大学等の大学と連携しており、本年においても大阪大学及び海洋大学と共同研究を行うなど、複数のプロジェクトで産学官連携も実施している。当提案製品も各種研究機関の支援を得て国内展開してきたことから、インドネシア国において再評価が進めば、産学官連携等の成功事例として、その効果の波及が他プロジェクトの従事者、学生達のやりがいを喚起し、SDGsへの貢献を促しつつ、事業の国際競争力を一層高める一助になると考えられる。

また、中小企業基盤整備機構においても東南アジア諸国を中心とした当提案製品の動向を過去2年にわたり支援すべく注視いただいたこともあり、このプロジェクトが注目を集めることで、安全・安心に関する考え方が国内においてもが一層広まっていくと考えている。

第4 ODA事業との連携可能性

1. 連携が想定される ODA 事業

インドネシア国での普及に際し、以下のODA事業との連携が考えられる。

物流、運輸、交通等インフラ整備プログラム

- ・ ジャカルタ都市高速鉄道事業（フェーズ1、フェーズ2）
- ・ パティンバン港開発計画（第1期）
- ・ バンドン市内有料道路計画

多くのインフラ支援事業の中に土木構造物の基礎が存在し、土木構造物の基礎の品質向上に寄与する提案法人のDMが活躍する場面が存在すると言える。

2. 連携により期待される効果

インドネシア国は地震の多い国の一つであり、過去の地震では大規模な人的・物的被害を受けている。地震大国では、構造物の安定性の確保が非常に重要であるが、基礎工事の施工品質には課題がある。杭の鉛直性や場所杭の部分的欠損の有無など、杭基礎の設計性能が十分に確保されているかを確認せずに杭打設が行われ、構造物の安定性が十分に確保されているとは言い難い。また杭打設後に不備が見つかった場合には、追加での施工が必要となり、事業工程の遅延などが発生する原因となっている。

「第4 1. 連携が想定されるODA事業」に挙げたODA案件には、多くの土木構造物および基礎が存在すると考える。これらの基礎工事に対し、施工品質を確保することによりインドネシア国の質の高いインフラ整備の需要に応える。

1) ジャカルタ都市高速鉄道事業（フェーズ1、フェーズ2）

交通混雑が深刻なジャカルタ首都圏において、都市高速鉄道システムを建設することにより、旅客輸送能力の増強及び交通混雑の緩和を図り、もって同首都圏の投資環境改善及び気候変動の緩和に寄与するもの。

第1期：総延長約15.7km（高架区間約9.2km(7駅及び1車両基地)、地下区間約6.5km（6駅、ドゥクアタス駅前開発を含む））の建設が予定されている。

第2期区間：総延長約11.5km(A区間 6.3km コタ駅 ～ ブンデラン H. I. 駅、B区間 5.2km 車両基地 ～ コタ駅（計画中））の建設が予定されている。

2) パティンバン港開発計画（第1期）

ジャカルタ首都圏東部パティンバンに新港（コンテナターミナル、カーターミナル等）を建設することにより、首都圏の物流機能強化を図り、もってインドネシアの投資環境改善を通じた更なる経済成長に寄与するものである。Phase 1-1：コンテナターミナル 10 ha・自動車ターミナル 22.4 ha の建設、防波堤、泊地・航路浚渫、アクセス道路（約 8.1km）及び橋梁（約 1km）の建設が予定されており、Phase 1-2：コンテナターミナル 64 ha・自動車ターミナル 13.7 ha の建設、泊地・航路浚渫が予定されている。

3) バンドン市内有料道路計画

バンドン市内において、新たに有料道路を建設することにより、道路輸送容量の拡大を図り、もって同市内の深刻化する交通渋滞の緩和を通じて、同市内の民生向上ならびに投資環境改善に寄与するものである。ジャワ～バンドン有料道路出口から **Ujung Berung** 地区を經由し、南方向の **Gedebage** 地区及び東方向の **Cileunyi** 地区へ伸びる役 27.9 km の区間及びその周辺を対象とする事業である。

参考文献

参考資料1:

「Panduan Teknik pengawasan pelaksanaan jembatan(橋梁工事施工要領)」

第4章

PANDUAN

Teknik Pengawasan Pelaksanaan Jembatan



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi

1 PERSIAPAN

1.1 Umum	1-1
1.1.1 Aspek Umum Pengawasan Pelaksanaan	1-1
1.1.2 Tugas dan Kewenangan Pengawas Pekerjaan	1-6
1.1.3 Jadwal Pelaksanaan Proyek	1-13
1.1.4 Pengelolaan Bahan	1-16
1.1.5 Penanganan Peralatan	1-17
1.1.6 Administrasi Pengawasan	1-23
1.1.7 Formulir Administrasi	1-40
1.1.8 Prosedur Laporan Berkala	1-43
1.1.9 Laporan Penyelesaian Proyek	1-45
1.1.10 Pengawasan Keselamatan dan Kesehatan Kerja	1-53
1.2 Mobilisasi	1-57
1.3 Survei dan Pengukuran Awal	1-60
1.3.1 Umum	1-60
1.3.2 Penggunaan Peta Topografi Dan Foto Udara	1-60
1.3.3 Pengukuran Horizontal	1-61
1.3.4 Pengukuran Vertikal	1-63
1.3.5 Pengukuran Detail	1-63
1.3.6 Pematokan Batas Lahan Kawasan Proyek	1-64
1.3.7 Titik-titik Kontrol Survei	1-64
1.3.8 Penentuan Elemen-elemen Struktur	1-64
1.4 Kantor Lapangan dan Fasilitas	1-67

	Halaman
1.4.1 Umum.....	1-67
1.4.2 Kantor Penyedia Jasa dan Fasilitasnya.....	1-67
1.5 Fasilitas dan Layanan Pengujian	1-68
1.5.1 Umum.....	1-68
1.5.2 Fasilitas Laboratorium dan Pengujian	1-68
1.5.3 Prosedur Pelaksanaan	1-69
1.6 Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	1-70
1.6.1 Umum.....	1-70
1.6.2 Metode Kerja	1-70
1.6.3 Jalan atau Jembatan Sementara	1-71
1.6.4 Kelancaran dan Keamanan Lalu Lintas	1-72
1.7 Pengamanan Lingkungan Hidup.....	1-74
1.7.1 Umum.....	1-74
1.7.2 Komponen Pekerjaan Konstruksi Yang Menimbulkan Dampak Pada Lingkungan	1-76
1.7.3 Dampak Yang Timbul Akibat Pekerjaan Konstruksi Dan Upaya Menanganinya	1-77
1.7.4 Pengawasan Pelaksanaan Upaya Pengelolaan Lingkungan.....	1-79
1.8 Relokasi Utilitas	1-82
1.8.1 Ketentuan Umum Pengawasan Pelaksanaan Relokasi Utilitas .	1-82
1.8.2 Pengawasan Pelaksanaan Relokasi Utilitas.....	1-82
1.9 Pekerjaan Pembersihan.....	1-83
 2 MATERIAL	
2.1 Umum	2-1
2.2 Pengawasan Material Beton	2-1
2.2.1 Umum.....	2-1
2.2.2 Material.....	2-1
2.2.3 Rancangan Campuran Beton	2-23
2.2.4 Mortar dan Grouting	2-43
2.2.5 Beton Siklop	2-45
2.2.6 Beton Volume Besar.....	2-45
2.2.7 Beton Memadat Sendiri	2-47

	Halaman
2.2.8 Beton Di Cuaca Panas	2-47
2.2.9 Pelaksanaan Produksi Beton.....	2-48
2.2.10 Pengendalian Produksi Beton Di Lapangan	2-73
2.3 Pengawasan Material Baja	2-85
2.3.1 Baja Struktur.....	2-85
2.3.2 Penanganan Material Baja	2-87
2.3.3 Pengendalian Mutu Material Baja.....	2-87
2.4 Pengawasan Material Kayu	2-88
2.4.1 Penanganan Material Kayu	2-89
2.4.2 Pengendalian Mutu Material Kayu.....	2-90
2.5 Pengawasan Material Lainnya.....	2-91
2.5.1 Timbunan Tanah dan Khusus/Ringan	2-91
2.5.2 Perkerasan Aspal	2-92
2.5.3 Landasan.....	2-93
2.5.4 Siar Muai (Expansion Joint) Tipe Asphaltic Plug	2-94
2.5.5 Epoxy resin.....	2-95
2.5.6 Geotekstil.....	2-97
2.5.7 Pasangan Batu	2-98
2.5.8 Pasangan Batu Kosong dan Bronjong.....	2-100

3 PEKERJAAN STRUKTUR BETON

3.1 Umum	3-1
3.2 Beton Bertulang	3-1
3.2.1 Umum.....	3-1
3.2.2 Acuan (Formworks) dan Perancah (Falseworks).....	3-2
3.2.3 Pengawasan Pekerjaan Penulangan.....	3-6
3.3 Beton Pra-tekan.....	3-12
3.3.1 Umum.....	3-12
3.3.2 Pemasangan Unit-Unit Beton Pracetak	3-13
3.3.3 Metode Pra-Tarik.....	3-14
3.3.4 Metode Pasca-Tarik	3-17
3.3.5 Penanganan, Pengangkutan, dan Penyimpanan Unit-unit Beton Pracetak	3-21

4 FONDASI

4.1	Umum	4-1
4.2	Fondasi Dangkal.....	4-1
4.2.1	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Pasangan Batu	4-1
4.2.2	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Beton	4-6
4.2.3	Pengendalian Mutu Pekerjaan Fondasi Dangkal	4-8
4.3	Fondasi Sumuran	4-8
4.3.1	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Sumuran	4-9
4.3.2	Pengawasan Mutu Pekerjaan Fondasi Sumuran.....	4-11
4.4	Fondasi Tiang Pancang	4-12
4.4.1	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang Beton	4-12
4.4.2	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang Kayu	4-16
4.4.3	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Baja Struktur	4-18
4.4.4	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pipa Baja	4-23
4.5	Fondasi Tiang Bor	4-25
4.5.1	Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor	4-26
4.6	Pengujian Tiang.....	4-29
4.6.1	Umum.....	4-29
4.6.2	Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik.....	4-29
4.6.3	Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA Test.....	4-31
4.6.4	Pengujian Daya Dukung Lateral Tiang	4-32
4.6.5	Pengujian Integritas Tiang Fondasi	4-32
4.7	K3 Fondasi.....	4-34
4.7.1	K3 Fondasi Dangkal	4-34
4.7.2	K3 Fondasi Sumuran.....	4-40
4.7.3	K3 Fondasi Dalam	4-42

5 BANGUNAN BAWAH

5.1	Umum	5-1
5.2	Pengawasan Pekerjaan Kepala Jembatan	5-1
5.3	Pengawasan Pekerjaan Pilar Jembatan	5-4
5.3.1	Pilar Jembatan Pada Kondisi Kering	5-4

	Halaman
5.3.2 Pilar Jembatan Pada Kondisi Berair	5-7
5.4 Pengendalian Mutu Bangunan Bawah Jembatan	5-9
5.5 K3 Bangunan Bawah Jembatan	5-12
 6 BANGUNAN ATAS	
6.1 Umum	6-1
6.2 Jembatan Beton Bertulang	6-1
6.3 Jembatan Gelagar	6-3
6.3.1 Gelagar Beton Pasca Tarik (Post-Tension)	6-3
6.3.2 Gelagar Beton Pra-Tarik (Pre-Tension)	6-5
6.3.3 Sistem Pengaku Gelagar Beton	6-6
6.3.4 Gelagar Baja Komposit	6-7
6.3.5 Pengawasan Persiapan Pemasangan Gelagar	6-13
6.3.6 Pemasangan Gelagar Pada Jembatan	6-16
6.3.7 Pemberian Pengaman Setelah Gelagar Terpasang	6-18
6.4 Jembatan Rangka Baja	6-19
6.5 Jembatan Voided Slab	6-21
6.6 Lantai Jembatan	6-22
6.6.1 Perancah Lantai	6-23
6.6.2 Pemasangan Acuan	6-23
6.6.3 Instalasi Tulangan Lantai	6-23
6.6.4 Drainase lantai Jembatan	6-25
6.6.5 Railing Jembatan	6-26
6.6.6 Pengecoran dan Perawatan Lantai Kendaraan	6-31
6.7 Box Culvert	6-31
6.8 Siar Muai	6-32
6.8.1 Pengawasan Pekerjaan Sambungan Siar Muai / Expansion Joint	6-33
6.9 Corrugated Steel Plate	6-34
6.10 Jembatan Kayu	6-35
6.11 K3 Bangunan Atas Jembatan	6-35
6.11.1 Pengukuran dan pematokan	6-35
6.11.2 Penyiapan	6-35

6.11.3 Penarikan kabel.....	6-36
6.11.4 Pemasangan Siar Muai / Expansion Joint	6-36
6.11.5 Pemasangan Landasan.....	6-39

7 JALAN PENDEKAT JEMBATAN (OPRIT)

7.1 Umum	7-1
7.2 Pengawasan Pekerjaan Timbunan Jalan.....	7-1
7.2.1 Tanah Timbunan	7-1
7.2.2 Timbungan Ringan	7-4
7.3 Pengawasan Pekerjaan Drainase.....	7-6
7.4 Pengawasan Pekerjaan Lapisan Perkerasan	7-7
7.4.1 Perkerasan Kaku	7-7
7.4.2 Perkerasan Lentur	7-11
7.5 Pengawasan Pekerjaan Pelat Injak	7-12
7.5.1 Pelat Injak Cor Ditempat (Cast In Situ).....	7-13
7.5.2 Pelat Injak Pracetak (Precast)	7-15
7.6 Pengawasan Pekerjaan MSE (Mechanically Stabilize Earth)	7-15

8 BANGUNAN PELENGKAP

8.1 Umum	8-1
8.2 Pengawasan Pekerjaan Bangunan Pengaman	8-1
8.2.1 Bangunan Pengaman Tebing Sungai.....	8-1
8.2.2 Bangunan Pengarah Aliran/Pelindung Tebing Tak Langsung (Krib).....	8-15
8.2.3 Bangunan Pengaman Pilar Jembatan (Fender)	8-18
8.2.4 Bangunan Pengaman Dasar Sungai	8-18
8.3 Pengawasan Pekerjaan Perlengkapan Lainnya	8-22
8.3.1 Rambu-rambu Lalu Lintas Jembatan dan Marka	8-22
8.3.2 Papan Nama Jembatan	8-27
8.3.3 Tiang Penerangan Jembatan	8-28

4. FONDASI

4.1 Umum

Fondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar fondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya *differential settlement* pada sistem strukturnya.

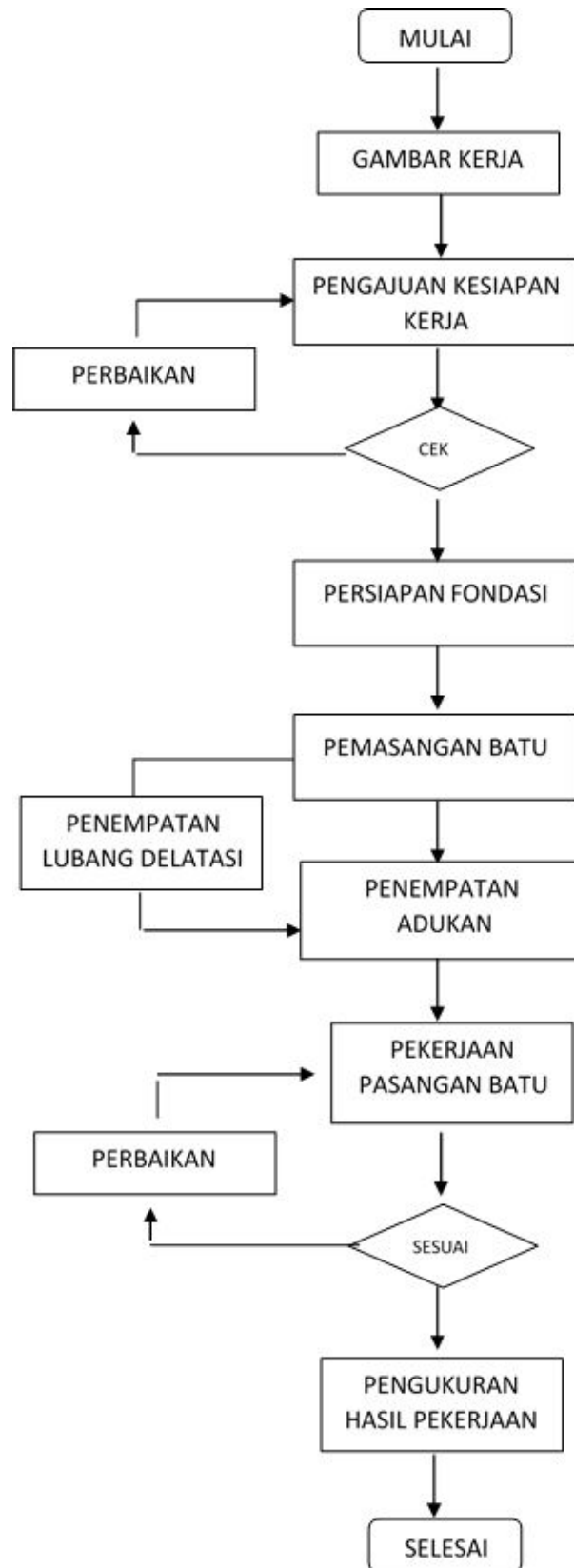
Untuk memilih tipe fondasi yang memadai, perlu diperhatikan tipe fondasi yang cocok untuk kondisi di lapangan dan dapat diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

4.2 Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, kedalaman fondasi didirikan kurang 1/3 dari lebar fondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3 m. Kedalaman fondasi dangkal ini bukan aturan yang baku, tetapi merupakan sebagai pedoman. Pada dasarnya, permukaan pembebanan atau kondisi permukaan lainnya akan mempengaruhi kapasitas daya dukung fondasi dangkal. Fondasi dangkal biasanya digunakan ketika tanah permukaan yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan juga tidak terlalu tinggi, fondasi dangkal pada umumnya tidak cocok dalam tanah kompresif yang lemah atau sangat buruk, seperti tanah urug dengan kepadatan yang buruk, fondasi dangkal juga tidak cocok untuk jenis tanah gambut, lapisan tanah muda dan jenis tanah deposit aluvial. Pengawasan pelaksanaan pada fondasi dangkal adalah menguraikan tentang tahapan pengawasan dari mulai pelaksanaan fondasi dangkal sampai *finishing*.

4.2.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Pasangan Batu

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi pasangan batu, pengawas pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4.1- Bagan alir pelaksanaan fondasi pasangan batu

- a. Pekerjaan Persiapan
 1. Periksa persiapan pelaksanaan pekerjaan meliputi material batu dan penyiapan gambar kerja.
 2. Cek pengajuan kesiapan kerja.
 3. Penyedia telah mengajukan dua contoh batu yang mewakili sebesar masing-masing 50 kg.
 4. Cek kesiapan alat dan material yang akan digunakan untuk pekerjaan fondasi pasangan batu.
 5. Cek pekerjaan pengukuran.
 6. Cek penentuan titik fondasi.
 7. Cek pemasangan *bowplank*.
 8. Gambar kerja telah disiapkan dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
 9. Contoh material yang digunakan sudah sesuai dengan ketentuan persyaratan.
- b. Persiapan Fondasi
 1. Kendalikan persiapan fondasi untuk struktur pasangan batu harus disiapkan sesuai dengan syarat.
 2. Periksa dasar fondasi untuk struktur dinding penahan harus tegak lurus, atau bertangga yang juga tegak lurus terhadap muka dari dinding, kecuali disyaratkan lain atau ditunjukkan pada gambar. Untuk struktur lain, dasar fondasi harus mendatar atau bertangga yang juga horisontal.
 3. Periksa penyediaan lapis landasan yang rembes air (*permeable*) dan kantung penyaring.
 4. Kendalikan bila ditunjuk dalam gambar, atau yang diminta lain oleh pengawas pekerjaan, suatu fondasi beton mungkin diperlukan, maka beton yang digunakan harus memenuhi ketentuan.
- c. Pemasangan Batu
 1. Tebal landasan dari adukan baru paling sedikit 3 cm, dipasang pada fondasi yang disiapkan sesaat sebelum penempatan masing-masing batu pada lapisan pertama.
 2. Batu besar pilihan harus digunakan untuk lapis dasar dan pada sudut-sudut.
 3. Hindari pengelompokan batu yang berukuran sama.
 4. Batu dipasang dengan muka yang terpanjang mendatar dan muka yang tampak harus dipasang sejajar dengan muka dinding dari batu yang terpasang.
 5. Penanganan batu agar tidak menggeser atau memindahkan batu yang telah terpasang.
- d. Pekerjaan Fondasi Pasangan Batu
 1. Cek pembuatan profil fondasi.
 2. Cek ketegakan/posisi profil dan ukuran-ukurannya, perbaiki jika ada yang tidak tepat, demikian juga peilnya.

3. Cek pemasangan pekerjaan fondasi batu kali sesuai dengan gambar rencana.
 4. Tebal adukan pada dasar lapis pertama paling sedikit 3 cm.
 5. Cek penempatan batu besar digunakan untuk lapisan pertama dan pada sudut-sudut fondasi.
 6. Kendalikan pengelompokan batu yang berukuran serupa.
 7. Batu dipasang memanjang.
- e. Penempatan Lubang Sulingan dan Delatasi
1. Periksa dinding dari pasangan batu harus dilengkapi dengan lubang sulingan, yang ditempatkan dengan jarak antara tidak lebih dari 2 m dari sumbu satu ke sumbu lainnya dan harus berdiameter 50 mm.
 2. Periksa pemasangan delatasi pada struktur panjang yang menerus. Delatasi harus dibentuk untuk panjang struktur tidak lebih dari 20 mm. Delatasi harus 30 mm lebarnya dan harus diteruskan sampai seluruh tinggi dinding.
 3. Periksa timbunan di belakang delatasi harus dari bahan drainase porous berbutir kasar dengan gradasi menerus.
- f. Penempatan Adukan
1. Landasan yang akan menerima setiap batu juga harus dibasahi.
 2. Batu harus dibersihkan dan dibasahi sampai merata.
 3. Adukan sebesar pada sisi batu yang bersebelahan dengan batu yang akan dipasang.
 4. Pastikan tebal dari landasan adukan harus pada rentang antara 2 cm sampai 5 cm.
 5. Pastikan batu hanya dipasang pada adukan baru yang belum mengeras.
- g. Pekerjaan Akhir Pasangan Batu
1. Periksa sambungan antar batu pada permukaan harus dikerjakan hampir rata dengan permukaan, tetapi tidak sampai menutup batu.
 2. Periksa permukaan horisontal dari seluruh pasangan batu dikerjakan dengan tambahan adukan tahan cuaca setebal 2 cm, dan dikerjakan sampai permukaan tersebut rata.
 3. Periksa segera setelah batu ditempatkan, dan sewaktu adukan masih baru, seluruh permukaan batu harus dibersihkan dari bekas adukan.
 4. Pastikan permukaan yang telah selesai dirawat seperti yang disyaratkan untuk pekerjaan beton.
 5. Pastikan penimbunan kembali dilaksanakan setelah 14 hari pekerjaan pasangan selesai.
 6. Periksa lereng yang bersebelahan dengan bahu jalan harus dipangkas dan untuk memperoleh bidang antar muka rapat dan halus dengan pasangan batu.

h. Pengecekan

1. Landasan adukan pada fondasi setebal 3 cm sebelum penempatan batu lapis pertama sebagai batu yang besar.
2. Penempatan batu secara memanjang dan posisi batu telah stabil.
3. Pastikan adukan ditempatkan segera setelah penempatan batu.
4. Pastikan adukan memenuhi rongga antar batu.
5. Periksa lubang sulingan.
6. Periksa delatasi.
7. Permukaan atas dinding setelah ditambah adukan setebal 2 cm harus sesuai dengan yang ditentukan.

i. Perbaiki Pekerjaan yang Tidak Memenuhi Ketentuan

1. Kendalikan pekerjaan pasangan batu yang tidak memenuhi toleransi yang disyaratkan harus diperbaiki oleh Penyedia.
2. Kendalikan bila kestabilan dan keutuhan dari pekerjaan yang telah diselesaikan terganggu atau rusak, yang menurut pendapat pengawas pekerjaan diakibatkan oleh kelalaian penyedia, maka Penyedia harus mengganti dengan biaya sendiri.

j. Pengukuran Hasil Pekerjaan

1. Pasangan batu diukur dalam meter kubik sebagai volume pekerjaan yang diselesaikan dan diterima, dihitung sebagai volume teoritis yang ditentukan oleh garis dan penampang yang disyaratkan dan disetujui.
2. Setiap bahan yang dipasang sampai melebihi volume teoritis yang disetujui harus tidak diukur atau dibayar.
3. Landasan rembes air (*permeable bedding*), penimbunan kembali dengan bahan porous atau kantung penyaring harus diukur dan dibayar sebagai drainase porous.

k. Monitoring

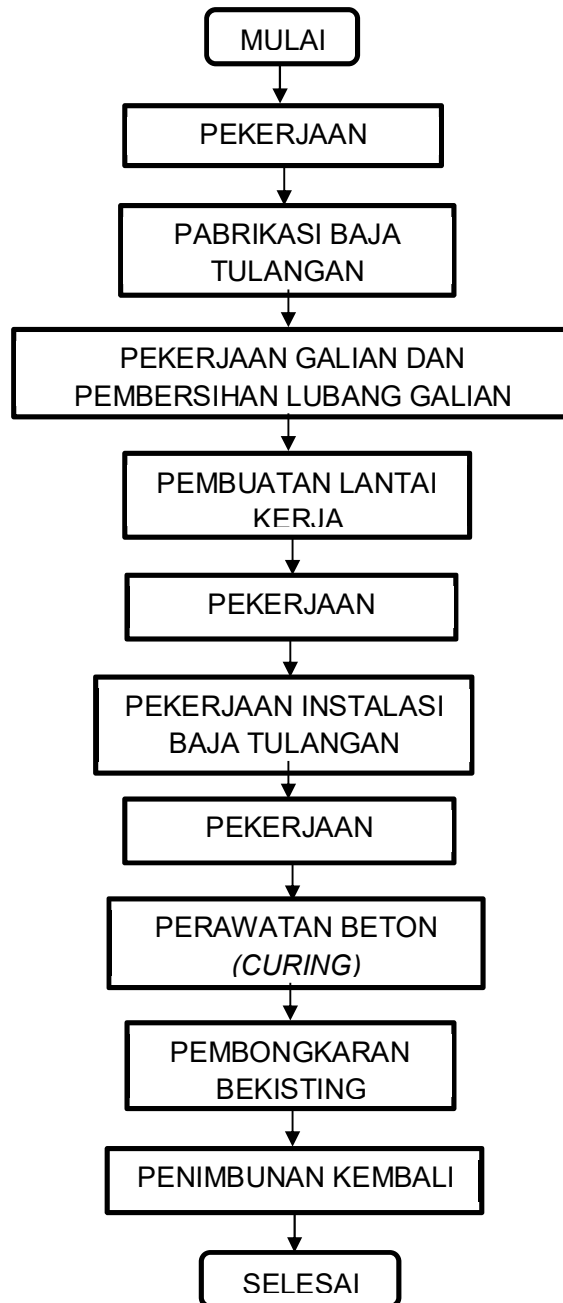
Penyedia bertanggung jawab atas pemeliharaan rutin dari semua pekerjaan pasangan batu yang telah selesai dan diterima selama periode kontrak.

l. Pembayaran

Pembayaran sesuai pengukuran hasil pekerjaan dibayar sesuai harga kontrak untuk mata pembayaran dalam daftar kuantitas dan harga.

4.2.2 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Beton

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi beton, pengawas pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4.2 - Bagan alir pelaksanaan fondasi beton

- a. Pekerjaan persiapan
 1. Cek pengajuan kesiapan kerja.
 2. Cek kesiapan alat dan material yang akan digunakan untuk pekerjaan fondasi beton.
 3. Cek pekerjaan pengukuran.
 4. Cek penentuan titik fondasi.
 5. Cek pemasangan *bowplank*.
 6. Gambar kerja telah disiapkan dan disetujui oleh pengawas pekerjaan.
 7. Contoh material yang digunakan sudah sesuai dengan ketentuan persyaratan.
- b. Pekerjaan Galian
 1. Cek kedalaman dan lebar penggalian sesuai dengan gambar rencana.
 2. Penggunaan alat gali konvensional bagi fondasi yang volumenya kecil, sedangkan alat berat digunakan untuk penggalian fondasi yang volumenya besar.
- c. Pabrikasi baja tulangan
 1. Pemotongan baja tulangan berbagai diameter (sesuai spesifikasi teknis), menggunakan *bar cutter*.
 2. Penbengkokan tulangan menggunakan *bar bender*.
 3. Penyambungan baja tulangan harus 40D atau 40 kali diameter baja tulangan.
- d. Pembuatan Lantai Kerja
 1. Lantai kerja bisa menggunakan *lean concrete* dengan mutu rendah ($f_c' < 15$ Mpa).
 2. Atau dengan menggunakan urugan pasir dengan ketebalan 20 cm.
- e. Pekerjaan Fondasi Beton
 1. Cek perakitan dan pemasangan bekisting sesuai dengan bentuk fondasi.
 2. Cek penempatan baja tulangan agar sesuai dengan gambar rencana.
 3. Pengecoran dilakukan setelah instalasi baja tulangan selesai.
 4. Tinggi jatuh pengecoran maksimal 1,5 m agar tidak terjadi segregasi.
 5. Dilakukan juga pemadatan selama pengecoran berlangsung.
 6. Hindarkan pengecoran beton dari temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis.
 7. Perawatan yang bisa digunakan agar beton tidak mengalami hidrasi berlebihan dengan cara menggunakan *curing compound* atau membungkus dengan bahan penyerap air.

4.2.3 Pengendalian Mutu Pekerjaan Fondasi Dangkal

a. Batu

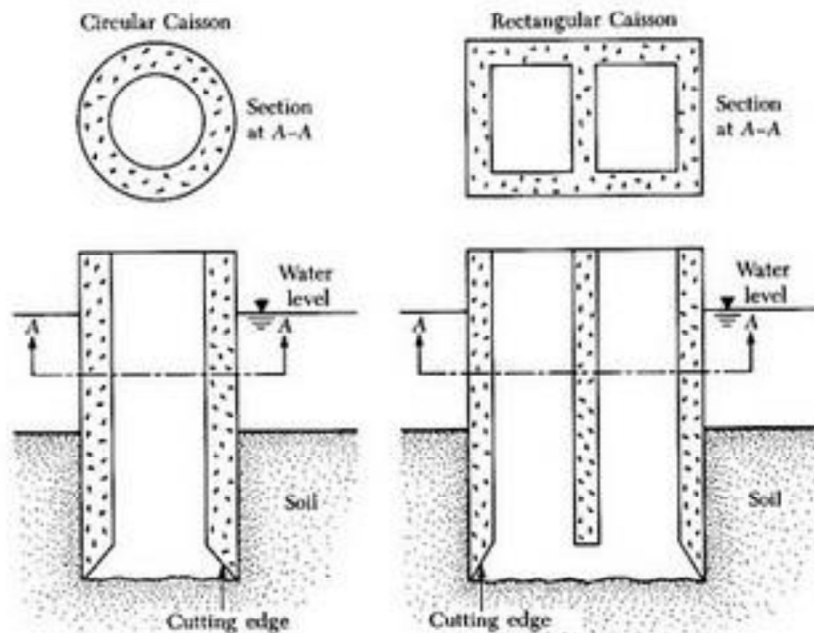
Batu harus bersih, keras, tanpa bagian yang tipis atau retak dan harus dari jenis yang diketahui awet. Bila perlu, batu harus dibentuk untuk menghilangkan bagian yang tipis atau lemah. Batu harus rata, lancip atau lonjong bentuknya dan dapat ditempatkan saling mengunci bila dipasang bersama-sama. Terkecuali diperintahkan lain oleh pengawas pekerjaan, batu harus memiliki ketebalan yang tidak kurang dari 15 cm, lebar tidak kurang dari satu setengah kali tebalnya dan panjang yang tidak kurang dari satu setengah kali lebarnya.

b. Adukan

1. Semen harus memenuhi ketentuan dalam AASHTO M85.
2. Agregat halus harus memenuhi ketentuan dalam AASHTO M45.
3. Kapur tohor harus memenuhi ketentuan dalam jumlah residu, letupan dan lekukan (*popping & pitting*), dan penahan air sisa untuk kapur jenis N dalam SNI 03-6378-2000.
4. Air harus memenuhi ketentuan spesifikasi sebagaimana diuraikan di atas.

4.3 Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Fondasi ini digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam.



Gambar 4.3 - Jenis fondasi sumuran

4.3.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Sumuran

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi sumuran, pengawas pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4.4 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran

a. Persiapan

1. Cek ulang lokasi kegiatan sesuai dengan gambar kerja.
2. Cek ulang ketersediaan material, pastikan tidak ada perubahan.
3. Cek dan amati ulang kesiapan alat, pastikan tidak ada perubahan dari kesiapan yang telah dilakukan.
4. Cek ulang kesiapan tenaga kerja, jumlah dan kualifikasinya pastikan tidak ada perubahan dari kesiapan yang telah dilakukan.
5. Ada penanggung jawab dari penyedia jasa untuk mengatasi kondisi khusus.
6. Ada pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).
7. Ada kesiapan penyediaan rambu-rambu.
8. Ada kesiapan penanganan lingkungan.
9. Ketentuan-ketentuan pelaksanaan pengawasan
 - a). Pengawasan pekerjaan fondasi sumuran hanya dilakukan pada lokasi pekerjaan yang *request*nya telah mendapatkan persetujuan dari semua pihak yang kompeten.
 - b). Pengawasan pekerjaan fondasi sumuran dilakukan sepanjang waktu pelaksanaan pekerjaan dilapangan mulai dari pemasokan bahan, penyiapan formasi, penempatan/ pengecoran dinding, penggalian/ penurunan dan pengisian sumuran.
 - c). Frekuensi pelaporan minimal satu kali pencatatan pada setiap hari kerja pada setiap lokasi fondasi sumuran.
 - d). Catatan penyimpangan atau kondisi seketika yang dapat mempengaruhi mutu, harus dicatat pada kolom catatan yang telah disediakan.
10. Ketentuan dinding sumuran
 - a). Unit beton pracetak harus dicor pada landasan pengecoran yang sebagaimana mestinya.
 - b). Cetakan harus memenuhi garis dan elevasi yang tepat dan terbuat dari logam.
 - c). Cetakan harus kedap air dan tidak boleh dibuka paling sedikit 3 hari setelah pengecoran.
 - d). Unit beton pracetak yang telah selesai dikerjakan harus bebas dari segregasi, keropos, atau cacat lainnya dan harus memenuhi dimensi yang disyaratkan.

b. Penyiapan Formasi

Elevasi dan as untuk penempatan dinding unit beton pracetak atau dinding sumuran cor ditempat sesuai dengan gambar kerja.

c. Penempatan Dinding Sumuran

1. Pengangkutan dan pemasangan dinding unit beton pracetak pada saat kuat tekan sudah mencapai 85%.
2. Cetakan untuk dinding sumuran yang dicor ditempat memenuhi garis dan elevasi yang tepat.

3. Penurunan dinding sumuran yang dicor ditempat pada saat kuat tekan sudah mencapai kuat tekan minimum yang disyaratkan.
- d. Galian dan Penurunan
 1. Posisi sumuran telah sesuai dengan gambar kerja. Penggalian dilakukan seragam sampai batas ujung pemotongan (*cutting edge*).
 2. Sisi-sisi sumuran harus sejajar dan tegak lurus.
 3. Penampang melintangnya dipasang tepat untuk menghindari perubahan posisi pada saat penurunan.
 - e. Penyumbatan Dasar Sumuran
 1. Dasar sumuran harus bersih dari material lepas atau lumpur.
 2. Tinggi pengecoran tidak boleh lebih dari 150 cm.
 3. Mutu beton penyumbat dasar sumuran $f_c' = 20$ Mpa.
 4. Pengecoran dilaksanakan dengan cara tremie atau pompa beton.
 5. Tebal sumbat dasar saluran sesuai dengan gambar kerja.
 - f. Pengisian Sumuran
 1. Pengisian sumuran dengan beton siklop $f_c' = 15$ Mpa.
 2. Pengisian sumuran dilaksanakan setelah sumbat dasar sumuran berumur 3 (tiga) hari.
 3. Elevasi akhir pengecoran beton siklop sesuai dengan gambar kerja.
 4. Penutupan sumuran dengan beton $f_c' = 20$ Mpa.
 5. Pengecoran dilaksanakan setelah beton siklop berumur 3 (tiga) hari.
 - g. Penanganan Bagian Atas Dinding Sumuran
 1. Pembongkaran bagian atas dinding sumuran memakai alat pemecah bertekanan (*pneumatic breakers*).
 2. Panjang baja tulangan dinding sumuran sebagai stek minimal 40 (empat puluh) kali diameter.

4.3.2 Pengawasan Mutu Pekerjaan Fondasi Sumuran

Untuk memperoleh hasil pekerjaan struktur yang sesuai dengan standar dan dapat dipertanggung jawabkan, maka mutu bahan untuk struktur dan finishing harus sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan kegiatan pengawasan dan pengendalian mutu yang meliputi pemilihan bahan, cara pelaksanaan, dan juga menggunakan test DCP.

Mutu beton yang tercakup dalam spesifikasi teknik ini :

- a. Mutu tinggi $f_c' \geq 45$ MPa untuk beton prategang seperti tiang pancang, gelagar, plat
- b. Mutu sedang $20 \leq f_c' < 45$ MPa untuk beton bertulang, lantai beton jembatan rangka baja, gelagar beton, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong
- c. Mutu rendah $15 \leq f_c' < 20$ MPa untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar, pasangan batu kosong

- d. Mutu rendah $f_c' < 15$ MPa untuk lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

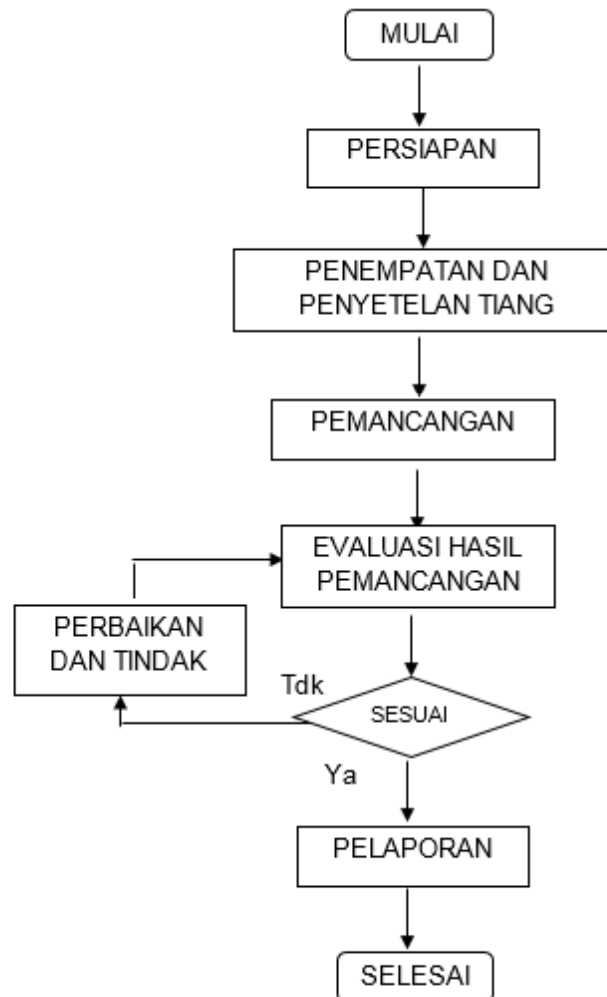
4.4 Fondasi Tiang Pancang

Fondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu.

Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (*steel*), dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, di bor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan *pile cap* (*poer*). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang di klasifikasikan berbeda-beda.

4.4.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang Beton

Dalam mengawasi pekerjaan pondasi tiang pancang beton, pengawas pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4.5 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang beton

a. Persiapan

1. Cek ulang lokasi kegiatan sesuai dengan gambar kerja
2. Cek semua peralatan pemancangan sesuai dengan ketentuan pedoman pelaksanaan teknis pekerjaan jembatan Bab 4
3. Cek ulang kesiapan tenaga kerja, jumlah dan kualifikasinya
4. Tidak ada perubahan kesiapan kerja yang diajukan
5. Ada penanggung jawab dari penyedia jasa untuk semua kegiatan dan untuk mengatasi kondisi kejadian khusus.
6. Adanya pengendalian keselamatan kerja
7. Ada kesiapan penanganan lingkungan
8. Penetapan titik referensi untuk elevasi pemancangan tiang pancang
9. Tentukan lokasi titik tiang pancang yang akan dipancang
10. Adanya pengajuan ijin pekerjaan (*request*) kepada Pengawas Pekerjaan
11. Cek utilitas bawah tanah tidak terganggu oleh pemancangan
12. Cek gangguan polusi udara dan suara terhadap pemukiman dengan jarak kurang dari 200m.

b. Pengujian Tiang Pancang

1. Cek sertifikat pabrik tiang pancang.
2. Kontrol diameter tiang pancang.
3. Cek jenis tiang pancang.
4. Tentukan tiang yang akan dilakukan pengujian untuk mengetahui kedalaman dan daya dukung dari fondasi tiang pancang.
5. Jumlah tiang pancang dan lokasi yang diuji sesuai dengan yang ditentukan pengawas pekerjaan, minimal satu dan tidak lebih dari empat tiang uji untuk setiap jembatan.

c. Tahap Penempatan dan Penyetelan Tiang Pancang

1. Cek ketersediaan tiang pancang sudah ada dilapangan.
2. Cek penempatan tiang pancang/posisi pemancangan sesuai gambar kerja dengan kemiringan dan kelandaian yang telah ditetapkan dengan menggunakan pemandu.
3. Cek penempatan alat pancang diatas ponton harus pada posisi ketika pemancangan tiang pancang dilakukan, bila pemancangan dilakukan diatas perairan
4. Ada alat keselamatan kerja pada unit mesin pancang dan alat pemadam kebakaran medium sesuai kebutuhan
5. Posisi tiang pancang pada penghantar tiang pancang dan palu (*hammer*) akan dapat bebas bergerak pada pengantar tiang

6. Posisi tiang pancang vertikal dan horizontal tidak berubah arah dan tidak melampaui batas toleransi, 75 mm dalam segala arah horizontal
 7. Palu (*hammer*), topi baja, bantalan topi, katrol dan tiang pancang harus mempunyai sumbu yang sama (*centris*) dengan tiang pancang termasuk tiang pancang miring.
- d. Tahap Pemancangan
1. Titik pengangkatan tiang pancang pada titik seperempat panjangnya atau sebagaimana diperintahkan oleh pengawas pekerjaan.
 2. Penumbukan awal dilakukan dengan palu (*hammer*) jatuh bebas.
 3. Cek penurunan tiang pancang setiap sepuluh pukulan palu, untuk mengetahui apakah penurunan normal atau tidak.
 4. Grafik kalendering di pasang pada badan tiang pancang dan kalendering dilakukan pada 1,5 m menjelang akhir pemancangan selesai sesuai panjang tiang yang dipancang menurut gambar.
 5. Catat bila ada kejadian khusus seperti penurunan yang tiba-tiba (*settlement*).
 6. Catat semua kejadian khusus yang terjadi pada saat pemancangan.
 7. Catatan pemancangan harus lengkap sesuai dengan spesifikasi umum.
 8. Cek kedalaman setiap tiang pancang yang masuk kedalam tanah.
 9. Cek jumlah panjang pemancangan dibawah air bilamana ada.
- e. Tahap Evaluasi Hasil Pemancangan
- Evaluasi hasil pemancangan setiap tiang pancang terdapat:
1. Kedalaman pemancangan.
 2. Penetrasi pada 1,5 m dari akhir pemancangan minimal 3 cm untuk setiap sepuluh pukulan.
 3. Posisi vertikal dan horizontal tiang pancang.
- f. Tahap Perbaikan
1. Cek semua kerusakan atau cacat dalam (internal) tiang pancang, ketidak sesuaian posisi dan elevasi yang ditunjukkan dalam gambar.
 2. Tiang pancang yang tidak memenuhi syarat atau cacat dan tidak dapat diterima oleh pengawas pekerjaan dan harus diperbaiki sehingga memenuhi ketentuan oleh penyedia jasa atas biaya sendiri.
 3. Cek perbaikan seperti yang ditentukan oleh pengawas pekerjaan akan mencakup dan tidak terbatas.
 - a). Perbaikan kembali tiang pancang yang rusak dan penggantian atau pemancangan tiang baru.
 - b). Pemancangan tiang kedua sepanjang sisi tiang pancang yang cacat atau pendek.

g. Pemotongan Kepala Tiang

1. Beton tiang pancang dikupas sampai pada elevasi yang ditentukan sehingga beton yang tertinggal akan masuk ke dalam kepala tiang fondasi (*pile cap*) sepanjang 5 cm sampai 10 cm.
2. Untuk tiang pancang beton bertulang, baja tulangan yang tertinggal setelah pengupasan harus cukup panjang sehingga dapat diikat ke dalam kepala tiang pancang (*pile cap*) sepanjang 50 cm sampai 75 cm.
3. Pengupasan tiang pancang beton harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah pecahnya atau kerusakan lainnya pada tiang pancang.
4. Setiap beton yang retak atau cacat harus dipotong dan diperbaiki dengan beton baru yang direkatkan sebagaimana mestinya dengan beton yang lama.

h. Pengukuran Hasil Pekerjaan

1. Periksa satuan pengukuran untuk pembayaran tiang pancang beton harus diukur dalam meter panjang dari tiang pancang yang terpasang
2. Tiang pancang beton akan diukur untuk pemancangan sebagai jumlah meter panjang dari tiang pancang yang terpasang
3. Tata cara pengukuran penyediaan dan pemancangan tiang pancang dapat dilihat secara detail dalam ketentuan spesifikasi yang masih berlaku.

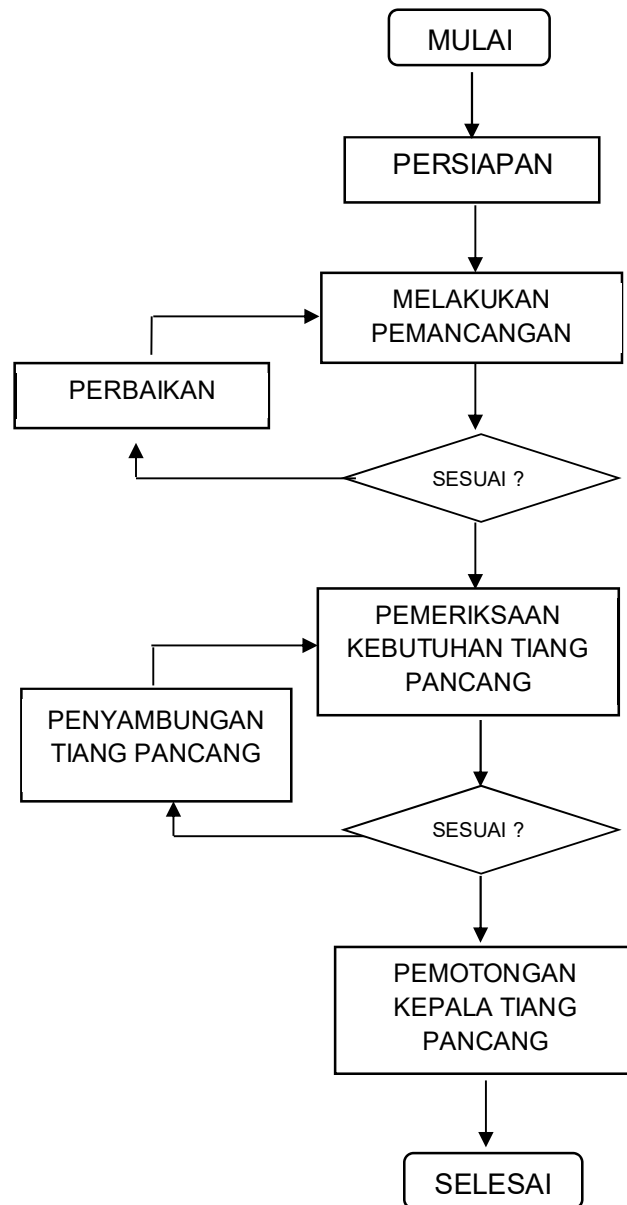
i. Tahap Pelaporan

Cek laporan yang meliputi dokumen:

1. Gambar denah fondasi
2. Gambar kerja dan detail tiang pancang
3. Catatan pemancangan/kalendering
4. Spesifikasi alat pancang, jenis hammer dan kalibrasinya.

4.4.2 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang Kayu

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi tiang pancang kayu, Pengawas Pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



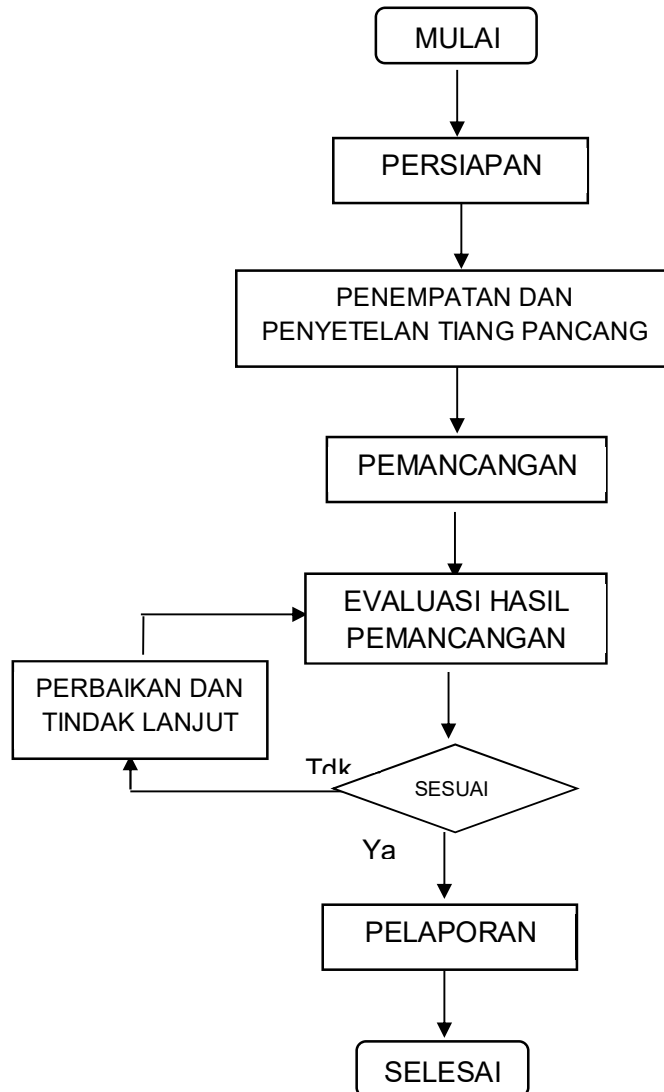
Gambar 4.6 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang kayu

- a. Persiapan
 1. Penyedia Jasa harus mengajukan metode kerja pemancangan secara terperinci kepada pengawas pekerjaan.
 2. Penyedia Jasa harus melakukan perhitungan rancangan peralatan yang diusulkan.
 3. Dilakukan pengujian pembebanan tiang pancang kayu.
 4. Ada pemeriksaan kelayakan tiang pancang kayu sebelum dilakukan pemancangan.
 5. Sebelum pemancangan pastikan harus ada persetujuan tertulis dari Pengawas Pekerjaan.
- b. Melakukan Pemancangan
 1. Dilakukan tindakan pencegahan atau proteksi terhadap kerusakan pada kepala tiang pancang kayu.
 2. Proteksi kepala tiang pancang kayu dapat dilakukan dengan memasang cincin baja atau besi yang kuat pada kepala tiang kayu.
 3. Tiang pancang dilengkapi sepatu tiang.
 4. Pemancangan di tanah lunak tidak diperlukan sepatu tiang.
 5. Posisi sepatu harus benar-benar sentris.
 6. Tinggi jatuh palu (*hammer*) harus diperhitungkan.
 7. Berat palu (*hammer*) minimal sama dengan berat tiang.
 8. Kepala tiang pancang harus selalu berada satu sumbu dengan palu.
- c. Perbaikan

Dilakukan perbaikan apabila tidak memenuhi batas toleransi yang ditentukan .
- d. Pemeriksaan Kebutuhan Tiang
 1. Dilakukan penyambungan apabila masih diperlukan untuk penambahan tiang.
 2. Pemancangan dihentikan apabila dinilai sudah memenuhi kekuatan tiang pancang kayu sesuai beban rencana.
- e. Penyambungan Tiang Pancang
 1. Permukaan ujung tiang pancang dipotong tegak lurus terhadap as tiang pancang.
 2. Sambungan harus diperkuat dengan kayu atau plat penyambung baja.
 3. Penyambung tiang yang bulat harus diperkuat dengan pipa penyambung besi atau baja.
 4. Penyambungan pada titik-titik lendutan maksimum tidak diperbolehkan.
- f. Pemotongan Kepala Tiang
 1. Kepala tiang pancang dipotong tegak lurus terhadap as tiang pancang.
 2. Kepala tiang pancang yang dipotong diberi bahan pengawet sebelum dipasang *pile cap*.

4.4.3 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Baja Struktur

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi tiang pancang baja struktur, pengawas pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4.7 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang baja struktur

a. Persiapan

1. Pengecekan Lokasi Pemasangan.

Petugas Pengawas (pengawas pekerjaan) harus melakukan pengecekan kesiapan lokasi pemasangan, titik pemasangan, patok elevasi untuk pedoman/referensi pemasangan pada jarak tertentu dari titik pemasangan.

2. Pengecekan Kesiapan Alat Pancang.

Pengecekan peralatan dan kesiapan alat pancang sudah terpasang ditempat seperti *crane*, motor penggerak, kabel (*sling*) pengikat/ pengangkat, *hammer (drop* atau *diesel)*, topi tiang (*driving cap*) dan peralatan kecil lainnya.

3. Pengecekan Kalibrasi Alat.

Pengecekan kalibrasi *diesel hammer* dengan berat yang sesuai dengan ketentuan, *single action* atau *double action*.

4. Penanggung Jawab Kegiatan.

Harus dipastikan penanggung jawab kegiatan telah ditetapkan dan berada di lokasi kegiatan.

5. Pengendalian lalu lintas.

a). Penyedia Pekerjaan Konstruksi menyediakan petugas pengendalian lalu-lintas.

b). Penyedia Jasa harus menyediakan rambu jalan atau perlengkapan penanganan lalu lintas. Penyediaan dan penempatan rambu ini sekurang-kurangnya harus sesuai dengan Pedoman Perambuan Sementara untuk Pekerjaan Jalan No. Pd-T-12-2003. Penyedia Jasa harus menyediakan peralatan tersebut dalam waktu 48 jam dan memasang serta memelihara peralatan tersebut selama periode pelaksanaan.

6. Polusi suara dan getaran.

a). Penyedia Jasa harus melakukan semua peringatan untuk memperkecil jumlah kebisingan dan vibrasi yang datang dari kegiatan konstruksi dan pengangkutan, oleh semua kendaraan dan peralatan, dengan menggunakan kendaraan dan peralatan yang modern serta dengan manajemen dan pemeliharaan yang baik.

b). Periksa apakah lokasi pemukiman terdekat jaraknya kurang dari 200 m (jarak aman terhadap getaran dan bising) dari lokasi pekerjaan.

7. Utilitas bawah tanah.

Penyedia Jasa harus bertanggungjawab untuk memperoleh informasi tentang keberadaan dan lokasi utilitas bawah tanah dan untuk memperoleh dan membayar setiap ijin atau wewenang lainnya yang diperlukan dalam melaksanakan galian yang diperlukan dalam Kontrak.

8. Keterlibatan Pengawas Pekerjaan.

Semua pekerjaan pemasangan harus dihadiri oleh pengawas pekerjaan atau wakilnya.

b. Penempatan dan Penyetelan Tiang Pancang

1. Tiang Pancang Didarat

Tiang pancang harus ditempatkan pada posisi pemancangan sesuai gambar kerja dengan kemiringan dan kelandaian yang telah ditetapkan dengan menggunakan Pemandu (*Leader*).

2. Posisi Alat Pancang Diperairan.

Bila pemancangan dilakukan diatas perairan, penempatan alat pancang diatas ponton harus tepat pada posisi ketika pemancangan dilakukan.

3. Penyetelan Sebelum Pemancangan

Palu, topi baja, bantalan topi, katrol dan tiang pancang harus mempunyai sumbu yang sama dan harus terletak dengan tepat satu di atas lainnya.

4. Penyetelan Tiang Pancang Miring

Tiang pancang termasuk tiang pancang miring harus dipancang secara sentris dan diarahkan dan dijaga dalam posisi yang tepat.

c. Pemancangan

1. Kedalaman Pemancangan.

Tiang Pancang baja struktur harus dipancang sampai penetrasi maksimum sesuai gambar rencana

2. Tinggi Jatuh Palu.

Tinggi jatuh palu (diesel hammer) tidak boleh melampaui 2,5 meter atau sebagaimana yang diperintahkan oleh pengawas pekerjaan. Penumbukan dengan gerakan tunggal (*single acting*) atau palu yang dijatuhkan harus dibatasi sampai 1,2 m dan lebih baik 1 m. Penumbukan dengan tinggi jatuh yang lebih kecil harus digunakan bilamana terdapat kerusakan pada tiang pancang.

3. Perlakuan Tumbukan Pada Tiang Pancang Yang Telah Mencapai Persyaratan Kalendering.

Bilamana serangkaian penumbukan tiang pancang untuk 10 (sepuluh) kali terakhir telah mencapai hasil yang memenuhi ketentuan, penumbukan ulangan harus dilaksanakan dengan hati-hati, dan pemancangan yang terus menerus setelah tiang pancang hampir berhenti penetrasi harus dicegah, terutama jika digunakan palu berukuran sedang.

4. Catatan Pemancangan/Kalendering

Sebuah catatan detail dan akurat tentang pemancangan harus disimpan oleh Pengawas Pekerjaan dan Penyedia Jasa harus membantu Pengawas Pekerjaan dalam menyimpan catatan ini meliputi : jumlah tiang pancang, posisi, jenis, ukuran, panjang aktual, tanggal pemancangan, panjang dalam fondasi telapak, penetrasi pada saat penumbukan terakhir, energi pukulan palu, berat dan jenis palu, panjang perpanjangan tiang pancang, panjang pemotongan dan panjang akhir yang dapat dibayar (*driving pile*).

d. Pemantauan Proses Pemancangan

Pemantauan proses pemancangan dilakukan sepanjang waktu pemancangan untuk mendeteksi terjadinya kelainan sehingga dapat ditindak lanjuti dengan langkah langkah sebagai berikut :

1. Tiang Pancang Yang Naik

- a). Bila tiang pancang mungkin naik akibat naiknya permukaan tanah, maka elevasi tiang pancang harus diukur dalam interval waktu dimana tiang pancang yang berdekatan sedang dipancang.
- b). Tiang pancang yang naik sebagai akibat pemancangan yang berdekatan sedang dipancang berdekatan, harus dipancang kembali sampai kedalaman atau ketahanan semula, kecuali jika pengujian pemancangan kembali pada tiang pancang yang berdekatan menunjukkan bahwa pemancangan ulang ini tidak diperlukan.

2. Tiang Pancang Yang Cacat

- a). Tiang pancang yang cacat harus diperbaiki atas biaya Penyedia Jasa sebagaimana disyaratkan dan sebagaimana yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- b). Bilamana pemancangan ulang untuk mengembalikan ke posisi semula tidak memungkinkan, tiang pancang harus dipancang sedekat mungkin dengan posisi semula, atau tiang pancang tambahan harus dipancang sebagaimana yang diperintahkan oleh pengawas pekerjaan.

3. Inkonsistensi Penetrasi

Setiap perubahan yang mendadak dari kecepatan penetrasi yang tidak dapat dianggap sebagai perubahan biasa dari sifat alamiah tanah harus dicatat dan penyebabnya harus dapat diketahui sebelum pemancangan dilanjutkan.

4. Tindak Lanjut Pada Tiang Pancang Yang Kalenderingnya Belum Tercapai.

- a). Bilamana kalendering belum tercapai akan tetapi panjang tiang pancang diperkirakan akan melampaui kebutuhan sebagaimana ditetapkan didalam gambar perencanaan
- b). Bilamana tiang pancang masih memungkinkan untuk disambung maka penyambungan harus dilakukan dengan metode penyambungan yang disetujui secara tertulis oleh pengawas pekerjaan dan pemancangan dilanjutkan.
- c). Bilamana tiang pancang tidak memiliki kepala penyambung, maka penyambungan dilakukan dengan metode penyambungan yang disetujui secara tertulis oleh pengawas pekerjaan.

e. Evaluasi Hasil Pemancangan

Evaluasi hasil pemancangan tiang pancang terhadap ketentuan :

1. Lokasi Kepala Tiang Pancang

Tiang pancang harus ditempatkan sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar. Penggeseran lateral kepala tiang pancang dari posisi yang ditentukan tidak boleh

melampaui 7,5 cm dalam segala arah.

2. Kemiringan Tiang Pancang

Penyimpangan arah vertikal atau kemiringan yang disyaratkan tidak boleh lebih melampaui 2 cm per meter.

3. Kalendering Hasil Pemancangan.

Penetrasi pada 1,50 m dari akhir pemancangan 3 cm untuk setiap pukulan. Bilamana tiang pancang adalah point bearing, kalendering terakhir harus lebih kecil dari 2,5 cm/10 pukulan untuk tiang pancang baja. (Sumber Manual Pengawasan Pelaksanaan Jembatan)

f. Perbaikan dan Tindak Lanjut

1. Bilamana tiang pancang keluar dari batas toleransi, maka Penyedia Jasa harus menyelesaikan setiap langkah perbaikan yang dianggap perlu oleh Pengawas Pekerjaan dengan biaya sendiri.

2. Setiap tiang pancang yang rusak akibat cacat dalam (*internal*) atau pemancangan tidak sebagaimana mestinya, dipancang keluar dari lokasi yang semestinya atau dipancang di bawah elevasi yang ditunjukkan dalam gambar atau ditetapkan oleh pengawas pekerjaan, harus diperbaiki atas biaya penyedia jasa.

3. Pekerjaan perbaikan, seperti yang telah ditentukan oleh pengawas pekerjaan dan dikerjakan atas biaya penyedia jasa, akan mencakup, tetapi tidak perlu dibatasi berikut ini :

a). Pemancangan tiang pancang kedua sepanjang sisi tiang pancang yang cacat atau pendek. Perpanjangan tiang pancang dengan cara penyambungan, seperti yang telah disyaratkan di bagian lain dari seksi ini, untuk memungkinkan penempatan kepala tiang pancang yang sebagaimana mestinya dalam pur (*pile cap*).

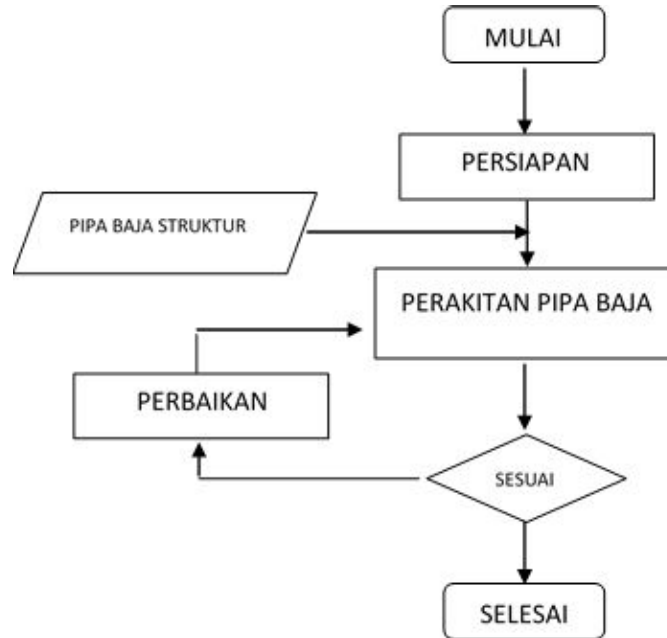
g. Pelaporan

Penyedia Jasa harus membuat laporan meliputi seluruh proses dan hasil pemancangan termasuk penanganan pasca pemancangan tiang pancang. Laporan harus meliputi dokumen-dokumen berikut ini :

1. Gambar denah fondasi dan titik pancang;
2. Gambar kerja dan detail tiang pancang;
3. Spesifikasi alat pancang dan kalibrasi Hammer Diesel.
4. Catatan pemancangan/Kalendering penetrasi.

4.4.4 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pipa Baja

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi tiang pancang baja struktur, Pengawas Pekerjaan perlu mengetahui tahapan pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4.8 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pipa baja

- a. Persiapan
 1. Petugas Pengawas (pengawas pekerjaan) harus melakukan pengecekan terhadap kesiapan kerja penyedia jasa
 2. Pengawas pekerjaan harus melakukan pengecekan persiapan bahan pipa baja struktur untuk tiang pancang dan persiapan bahan beton untuk pengisi pipa baja tiang pancang
- b. Perakitan Pipa Baja Struktur
 1. Perakitan
Perakitan dan penyambungan pipa baja untuk tiang pancang sebaiknya dilakukan dilapangan
 2. Penyambungan Tiang Pancang
Penyambungan tiang pancang baja harus dilakukan dengan pengelasan. Pengelasan harus dikerjakan sedemikian rupa hingga kekuatan penampang baja semula dapat ditingkatkan. Sambungan harus dirancang dan dilaksanakan dengan cara sedemikian hingga dapat menjaga alinyemen dan posisi yang benar pada ruas-ruas tiang pancang. Bilamana tiang pancang pipa atau kotak akan diisi dengan beton setelah pemancangan, sambungan yang dilas harus kedap air.

Panjang tiang pancang yang disambung/dilas disesuaikan dengan panjang penghantar tiang pancang dan pemandu (*leader*) dari alat pancang untuk menyangga tiang pancang pada saat pemancangan. Penyambungan/pengelasan

yang lebih panjang dilakukan pada saat pemancangan berlangsung dengan posisi tegak lurus atau miring sesuai posisi tiang pancang dalam gambar.

3. Pengelasan

Prosedur pengelasan, termasuk keterangan tentang persiapan permukaan-permukaan yang akan disambung harus diserahkan secara tertulis, untuk persetujuan dari Pengawas Pekerjaan sebelum memulai fabrikasi.

Cara menandai setiap pelengkap sementara harus disetujui terlebih dahulu oleh Pengawas Pekerjaan. Setiap goresan pada pelengkap sementara harus diperbaiki sampai diterima oleh pengawas pekerjaan.

Bilamana perbaikan dengan pengelasan diperlukan, maka perbaikan ini harus dilaksanakan atas persetujuan pengawas pekerjaan. Permukaan las yang tampak harus dibersihkan dari residu kerak. Semua percikan pengelasan yang mengenai permukaan harus dibersihkan. Agar dapat memperoleh ketebalan elemen baja yang penuh pada sambungan dengan pengelasan maka harus digunakan pelat penyambung "*run-on*" dan "*run-off*" pada bagian ujung elemen.

4. Sambungan Las

Untuk sambungan las, maka setiap penyimpangan yang tidak dikehendaki akibat kesalahan penjajaran bagian-bagian yang akan disambung tidak melampaui 0,15 kali ketebalan pada bagian yang lebih tipis atau 3 mm. Akan tetapi, baik perbedaan ketebalan yang timbul dari toleransi akibat proses rolling maupun kombinasi toleransi akibat proses rolling dan kesalahan penjajaran yang diijinkan di atas, maka penyimpangan yang melampaui 3 mm harus diperhalus dengan suatu kelandaian 1: 4.

5. Kepala Tiang Pancang

Sebelum pemancangan, kepala tiang pancang harus dipotong tegak lurus terhadap panjangnya dan topi pemancang (*driving cap*) harus dipasang untuk mempertahankan sumbu tiang pancang segaris dengan sumbu palu. Setelah pemancangan, pelat topi, batang baja atau pantek harus ditambatkan pada pur, atau tiang pancang dengan panjang yang cukup harus ditanamkan ke dalam pur (*pile cap*).

6. Sepatu Tiang Pancang

- a). Pada umumnya sepatu tiang pancang tidak diperlukan pada profil H atau profil baja gilas lainnya.
- b). Namun bilamana tiang pancang akan dipancang di tanah keras, maka ujungnya dapat diperkuat dengan menggunakan pelat baja tuang atau dengan mengelaskan pelat atau siku baja untuk menambah ketebalan baja.
- c). Tiang pancang pipa atau kotak dapat juga dipancang tanpa sepatu, tetapi bilamana sepatu tiang diperlukan, maka sepatu tiang ini dapat dikerjakan dengan cara mengelaskan pelat datar atau yang dibentuk sedemikian rupa dari pelat baja dengan mutu yang atau baja fabrikasi.
- d). Sepatu tiang pancang pipa baja dapat dibentuk sedemikian rupa dengan mengiris ujung pipa baja, ditekuk dan dilas sebagaimana mestinya, sehingga

membentuk sepatu tiang pancang yang dikehendaki sesuai gambar.

7. Pemotongan Tiang Pancang Baja

Pemotongan harus dilaksanakan secara akurat, hati-hati dan rapi. Setiap deformasi yang terjadi akibat pemotongan harus diluruskan kembali. Sudut tepi-tepi potongan pada elemen utama yang merupakan tepi bebas setelah selesai dikerjakan, harus dibulatkan dengan suatu radius kira-kira 0,5 mm atau ditumpulkan. Pengisi, pelat penyambung, batang pengikat dan pengaku lateral dapat dibentuk dengan pemotongan cara geser (*shearing*), tetapi setiap bagian yang tajam seperti duri akibat pemotongan harus dibuang. Setiap kerusakan yang terjadi akibat pemotongan harus diperbaiki. Sudut-sudut ini umumnya dibulatkan dengan suatu radius 1,0 mm.

8. Perlindungan Terhadap Korosi

Bilamana korosi pada tiang pancang baja mungkin dapat terjadi, maka panjang atau ruas-ruasnya yang mungkin terkena korosi harus dilindungi dengan pengecatan menggunakan lapisan pelindung yang telah disetujui dan/atau digunakan logam yang lebih tebal bilamana daya korosi dapat diperkirakan dengan akurat dan beralasan. Umumnya seluruh panjang tiang baja yang terekspos, dan setiap panjang yang tertanam dalam tanah yang terganggu di atas muka air terendah, harus dilindungi dari korosi.

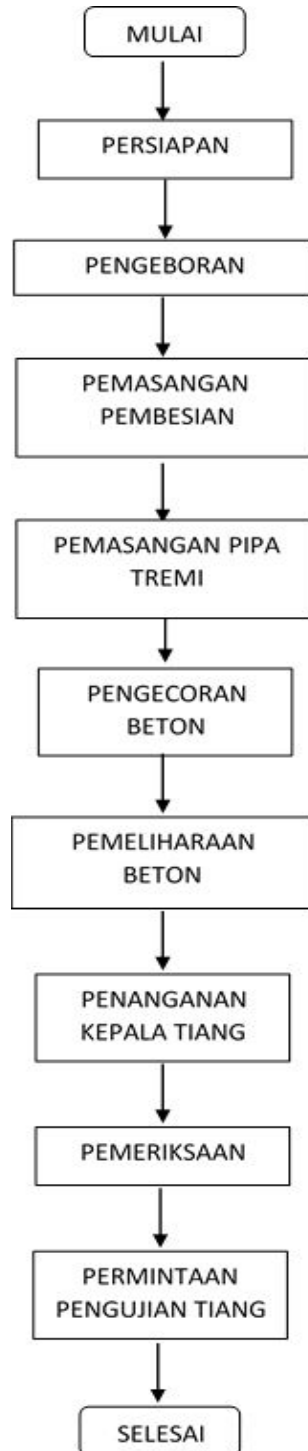
4.5 Fondasi Tiang Bor

Fondasi tiang bor adalah jenis fondasi dalam yang mempunyai bentuk seperti tabung memanjang yang terdiri dari campuran beton dengan besi bertulang dengan dimensi diameter tertentu yang dipasang didalam tanah dengan menggunakan metode pengeboran dengan instalasi pemasangan besi setempat serta pengecoran beton setempat.

Panjang tiang fondasi tiang bor harus sampai pada kedalaman dengan tingkat kekerasan daya dukung tanah yang disyaratkan untuk fondasi dasar konstruksi bangunan.

4.5.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor

Dalam mengawasi pekerjaan fondasi tiang pancang baja struktur, pengawas pekerjaan perlu:



Gambar 4.9 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang bor

- a. Persiapan
 1. Pastikan penyedia mengajukan gambar kerja dan metode pelaksanaan untuk pekerjaan pengeboran kepada pengawas pekerjaan.
 2. Periksa persiapan pelaksanaan pekerjaan, meliputi peralatan pengeboran, beton, baja tulangan, *staking out*.
 3. Periksa dan setuju gambar kerja yang diajukan penyedia serta rekomendasikan persetujuan pengawas pekerjaan.
 4. Periksa pengujian *penetrometer* untuk bahan di lapangan yang dilakukan selama penggalian dan pada dasar tiang bor.
- b. Kedalaman tiang bor
 1. Periksa kedalaman lubang-lubang yang dibor sampai kedalaman yang ditunjukkan dalam gambar atau ditentukan berdasarkan pengujian hasil pengeboran.
 2. Periksa diameter case lubang, bila kurang dari setengah diameter yang ditentukan, pekerjaan ditolak.
 3. Pastikan semua lubang ditutup sehingga keutuhan lubang dapat terjamin
 4. Periksa dasar selubung (*casing*) tidak boleh lebih dari 1,5 m dan tidak kurang dari 0,3 m di bawah permukaan beton selama penarikan dan operasi penempatan.
 5. Pastikan sampai kedalaman 3 m dari permukaan beton yang dicor harus digetarkan dengan alat penggetar (*vibrator*).
 6. Pastikan semua lubang bor bersih dari bahan lepas, contohnya sampah kayu.
 7. Pastikan lubang tidak digenangi air atau lakukan pemompaan air keluar jika diperlukan.
 8. Pastikan selubung (*casing*) digetarkan pada saat pencabutan untuk menghindari menempelnya beton pada dinding *casing*.
- c. Penulangan dan Pengecoran
 1. Pastikan pekerjaan pemasangan baja tulangan telah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan.
 2. Pastikan pekerjaan pengecoran beton telah mendapat persetujuan dari pengawas pekerjaan .
 3. Pastikan beton harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan pada ke panduan teknis pelaksanaan jembatan sub-bab 2.2.9.4.
 4. Periksa apakah cara tremie yang akan digunakan telah disetujui pengawas pekerjaan.
 5. Pastikan lubang dalam keadaan kering dan bersih sebelum pengecoran.
 6. Pastikan beton dicor melalui sebuah corong dengan pipa panjang (*tremie*).
 7. Periksa arah pengaliran sehingga beton tidak menimpa baja tulangan atau sisi-sisi lubang.

8. Pastikan pelaksanaan pengecoran beton sesegera mungkin setelah pengeboran, untuk mengantisipasi kemungkinan adanya longsoran tanah.
 9. Pastikan dasar lubang bersih dari bahan lunak dan bahan lepas, bila pengecoran beton di dalam air atau lumpur.
 10. Pastikan cara tremie harus mencakup sebuah pipa yang diisi dari corong di atasnya.
 11. Pastikan pipa diperpanjang sedikit dibawah permukaan beton baru dalam tiang bor sampai di atas elevasi air/lumpur.
 12. Periksa bila beton mengalir keluar dari dasar pipa, maka corong harus diisi lagi dengan beton sehingga pipa selalu penuh dengan beton baru.
 13. Periksa pipa *tremie*, dimana harus kedap air dan harus berdiameter paling sedikit 15 cm.
 14. Pastikan sebuah sumbat ditempatkan di depan beton yang dimasukkan pertama kali dalam pipa, untuk mencegah tercampurnya beton dengan air.
 15. Pastikan beton yang belum mengeras pada bagian atas *bor pile* tidak tercampur dengan air atau tidak terpengaruh arus air sungai.
 16. Pastikan pekerjaan tiang bor lain tidak menimbulkan kerusakan pada tiang bor yang dibentuk sebelumnya.
- d. Penanganan Kepala Tiang Bor
1. Pastikan tiang bor yang dicor sampai kira-kira 1 m diatas elevasi yang akan dipotong.
 2. Pastikan bagian puncak tiang bor yang dipotong bersih dari material lepas dan sisa bongkaran lainnya.
 3. Pastikan baja tulangan yang tertinggal mempunyai panjang yang cukup untuk pengikatan yang sempurna ke dalam kepala tiang pondasi (*pile cap*) atau struktur di atasnya.
 4. Periksa tiang yang tidak sempurna masih memenuhi batas toleransi yang diijinkan.
- e. Perbaikan
- Tiang bor yang cacat dan yang tidak memenuhi batas toleransi yang diijinkan harus diperbaiki dengan ijin pengawas pekerjaan.
- f. Pengukuran Hasil pekerjaan
1. Periksa pengukuran tiang bor beton cor langsung di tempat, harus merupakan jumlah aktual panjang tiang bor yang telah selesai dibuat dan diterima sebagai suatu struktur, yang diukur dari ujung tiang bor sampai elevasi bagian atas tiang bor yang dipotong, dalam satuan meter panjang.
 2. Periksa pelaksanaan tiang bor beton cor langsung di tempat yang dilaksanakan dibawah air, dimana pengukuran dilakukan dari ujung bor sampai elevasi permukaan air normal.

4.6 Pengujian Tiang

4.6.1 Umum

Pengujian tiang dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian terhadap daya dukung dan integritas (keutuhan) dari tiang fondasi. Secara garis besar pengujian daya dukung dibagi menjadi metode statis dan dinamis. Pengujian integritas (keutuhan) dari tiang fondasi yang umum dilakukan adalah dengan PIT (*Pile Integrity Test*) dan CSL (*Crosshole Sonic Logging*).

Tabel 4.1- Jenis pengujian tiang berdasarkan jenis fondasinya

Pengujian	No	Metode	Arah	Jenis Pengujian		Jenis Tiang
Daya Dukung	1	Statik	Axial	Static Loading Test	1. Metode Beban Mati (<i>Kentledge</i>)	Tiang Pancang dan Tiang Bor
					2. Metode Tiang Reaksi (<i>Reaction Pile</i>)	
			3. Metode Kombinasi Beban Mati dan Tiang Reaksi			
			4. BDLT (<i>Bidirectional Loading Test</i>)	Tiang Bor		
Lateral	Lateral Loading Test	1. Metode Tiang Reaksi (<i>Reaction Pile</i>)	Tiang Pancang dan Tiang Bor			
		2. Metode <i>Deadman / Weight Platform</i>	Tiang Pancang dan Tiang Bor			
Integritas	2	Dinamik	Axial	PDA Test	-	Tiang Pancang dan Tiang Bor
	1	-	-	PIT (<i>Pile Integrity Test</i>)	-	Tiang Pancang dan Tiang Bor
Integritas	2	-	-	CSL (<i>Crosshole Sonic Logging</i>)	-	Tiang Bor

4.6.2 Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik

Pengujian aksial tiang dengan metode static terdapat 4 cara yaitu metode beban mati (*Kentledge*), metode tiang reaksi (*Reaction Pile*), metode kombinasi (beban mati dan tiang reaksi) dan metode beban statik dengan cell 2 arah (*Bi-directional Static Load Test*). Pengawasan untuk pengujian aksial tiang dengan metode static adalah:

- Prosedur pembebanan pengujian aksial tiang dilakukan berdasarkan ASTM D1143 / SNI 03-6476-2000.
- Pengujian Dengan Metode Beban Mati (*Kentledge*) dilakukan berdasarkan ASTM D1145 dan SNI 8460-2017. Pengujian dilakukan dengan meletakkan bebab mati pada platform diatas tiang dan dipasan *hydraulic jack* atau *load cell* diantara platform beban mati dan tiang.
- Pengujian dengan metode Tiang Reaksi (*Reaction Pile*) dilakukan berdasarkan acuan ASTM D1143 dan SNI 8460-2017. Pengujian dilakukan dengan memasang kerangka baja pada tanah atau tiang fondasi yang lain, kemudian *hydraulic jack* atau *load cell* dipasangkan diantara kerangka baja dan tiang yang akan diuji.
- Pengujian tiang dengan BDLT (*Bi-directional Loading Test*) mengacu pada ASTM D8169 / D8169M – 18.
- Pengecekan kesiapan alat yang akan digunakan dan kalibrasinya. Macam-macam alat untuk pengujian bebab aksial tiang bisa dilihat di buku Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan Bab 3.8.2 .
- Pengujian tiang dilakukan setelah tiang selesai dipancang selama 3-30 hari
- Pastikan umur beton yang cukup untuk melakukan pengujian tian (untuk tiang beton *cast in-place*)
- Panjang tiang yang menonjol di atas tanah tidak boleh lebih dari 1 m, untuk menghindari terjadinya tekuk pada tiang pada saat pengujian tiang

- i. Bila pembebanan menggunakan *hydraulic jack*, maka pastikan posisi *hydraulic jack* terlindungi dari sinar matahari untuk mencegah pemuaian pada *pile jack* yang tidak konstannya pembebanan
- j. Prosedur *Quick Test* yaitu Pembebanan yang dilakukan dengan memberikan kenaikan beban 5 % dari beban rencana ultimit. Lakukan penambahan beban dengan kontinyu hingga beban rencana ultimit, durasi pembebanan antara 4-15 menit. Pembacaan dilakukan setelah pembebanan diberikan pada tiang
- k. Prosedur *Maintained Test* (opsional) yaitu pengujian dilakukan dengan memberi beban maksimum yang dijaga hingga 200 % dari beban rencana untuk test tiang tunggal dan 150 % untuk grup tiang, lakukan penambahan beban sebesar 25% dari beban rencana. Jaga setiap penambahan beban hingga pergerakan aksial tidak lebih dari 0.25 mm per jam. Setelah beban maksimum telah tercapai dan waktu pengujian secara keseluruhan mencapai 12 jam, mulai lakukan *unloading* ketika pergerakan aksial terukur selama jangka waktu 1 jam tidak melebihi 0.25 mm, jika tidak beban maksimum tetap diberikan pada tiang hingga 24 jam. Jika terjadi keruntuhan selama pembebanan, *maintain* beban runtuh tersebut atau beban maksimum yang mungkin dilakukan, hingga total pergerakan aksial sama dengan 15% dari diameter tiang atau lebarnya. Setelah dilakukan penambahan beban final, kurangi beban dengan pengurangan 25% dari beban maksimum dengan jarak waktu 1 jam setiap pengurangan.
- l. Prosedur pengujian pembebanan siklis (opsional), secara umum *increment* pemberian beban pada pembebanan siklis ini adalah sama dengan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Setelah beban yang diberikan sama dengan 50, 100, dan 150% dari beban desain, biarkan masing-masing beban tersebut untuk 1 jam dan angkat kembali beban dengan pengurangan yang sama besarnya dengan pada saat *increment* pemberian beban. Biarkan beban untuk selama 20 menit untuk tiap tahap pengurangannya.

Prosedur pembebanan siklis, *loading-unloading*

- Siklus 1: 0% 25% 50% 25% 0%
- Siklus 2: 0% 50% 75% 100% 75% 50% 0%
- Siklus 3: 0% 50% 100% 125% 150% 125% 100% 50% 0%
- Siklus 4: 0% 50% 100% 150% 175% 200% 150% 100% 50%

Setelah beban yang diberikan diangkat semua untuk tiap tahapnya, berikan kembali beban dengan *increment* sebesar 50% dari beban desain sampai dengan sebesar tahap sebelum diangkat. Jarak antar *increment* tersebut adalah selama 20 menit. Kemudian beban tambahan untuk tahap berikutnya diberikan sesuai dengan prosedur yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. Setelah beban total yang disyaratkan telah diberikan, tahan dan angkat beban tersebut seperti yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya.

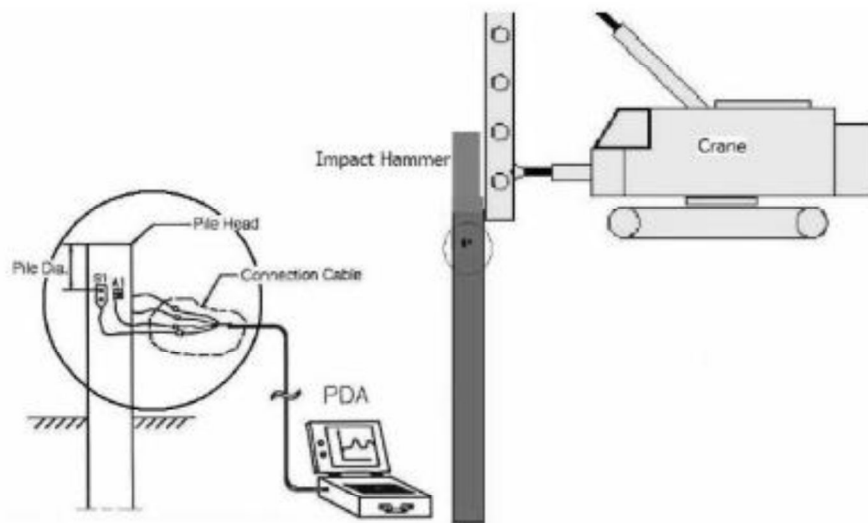
- m. Pastikan semua prosedur pengujian tiang dilakkan dengan rencana

4.6.3 Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA Test

PDA Test termasuk salah satu jenis pengujian dinamik dengan menggunakan metoda wave analysis dan sering disebut dengan re-strike test sesuai dengan sifat pengujiannya yang melakukan re-strike atau pemukulan ulang Fondasi tiang yang diuji.

Analisa data PDA dilakukan dengan prosedur *Case Method*, yang meliputi pengukuran data kecepatan (*velocity*) dan gaya (*force*) selama pelaksanaan pengujian (*re-strike*) dan perhitungan variabel dinamik secara *real time* untuk mendapatkan gambaran tentang daya dukung Fondasi tiang tunggal. Dari PDA Test dengan menggunakan "*Case Method*" kita akan dapat mengetahui :

1. Daya dukung fondasi tiang tunggal
2. Integritas atau keutuhan tiang dan sambungan
3. Efisiensi dari transfer energi pukulan hammer/alat pancang



Gambar 4.10 - Contoh pengecekan tiang menggunakan PDA test

Pengawasan Pelaksanaan Pengujian Tiang dengan PDA Test

- a. Pembebanan pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM D 4945-08 "*Standart Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundation*".
- b. Pastikan semua peralatan yang akan digunakan sudah sesuai dengan rencana dan kalibrasinya. Peralatan yang digunakan untuk pengujian tiang bis dilihat di Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan Bab 4.8.4.
- c. Pastikan keiapan lahan dan tiang uji serta penggalian tanah permukaan sekeliling kepala tiang sejajar dengan permukaan tanah.
- d. Pastikan adanya pengeboran lubang kecil pada tiang untuk pemasangan kabel.
- e. *Strain transducer* harus dipasang pada garis netral dan akselerometer pada lokasi berlawanan secara diametral. Jarak pemasangan instrument minimal $1.5 D$ (diameter) atau $1.5 B$ (lebar) dari ujung kepala tiang.
- f. Pile Driving Hammer, dan posisikan palu agar tegak lurus terhadap garis *strain transducer*.
- g. Pengujian dilakukan dengan mengangkat palu setinggi $1.5 - 2$ m atau sesuai dengan kebutuhan desain.

4.6.4 Pengujian Daya Dukung Lateral Tiang

- a. Pengujian lateral tiang dilakukan dengan beban rencana dari perencana dengan *sistem maintained load* atau siklus pembebanan yang sesuai dengan peraturan ASTM D3966 - D3966M - 07 (2013) e1 dan SNI Geoteknik 8460 - 2017.
- b. Pastikan semua peralatan yang akan digunakan sudah sesuai dengan rencana dan kalibrasinya. Peralatan yang digunakan untuk pengujian tiang bisa dilihat di Buku Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan Bab 4.8.5
- c. Pastikan tiang uji dan lahan serta metode pembebanan telah ditentukan
- d. Jika menggunakan metode *weighted platforms / deadman* maka dipersiapkan beban penahan yang akan digunakan, beban haruslah lebih besar minimal tiga kali lebih besar dari beban uji
- e. Jika metode *reaction pile* yang digunakan maka harus diperhitungkan jarak antara ke dua buah tiang untuk mempersiapkan *transfer beam* serta jumlah plat untuk mengakomodir jarak tersebut
- f. Jika cut of level berada dibawah elevasi tanah eksisting, maka dilakukan penggalian sampai elevasi *cut of level* benda uji
- g. Pastikan peralatan harus rata serta sejajar dengan sumbu tiang uji
- h. baiknya area pengujian di tutup agar pengujian dapat dilakukan tanpa terganggu
- i. Dipastikan tidak ada pekerjaan lain di area pengujian dan sekitarnya yang dapat mengganggu ke-akuratan pengukuran instrument
- j. Pastikan sebelum pengujian dimulai, dilakukan pengetesan pada alat uji (*dial gauges*) dengan memberikan beban kurang lebih sebesar 5% dari beban uji untuk melihat apakah dial gauges yang dipasang berfungsi dengan baik
- k. .Pastikan seluruh pelaksanaan pengujian sesuai dengan acuan yang berlaku.

4.6.5 Pengujian Integritas Tiang Fondasi

4.6.5.1 PIT (*Piled Integrity Test*)

PIT adalah pengujian integritas tiang dengan cara memberikan gelombang impak regangan rendah pada kepala tiang dan kemudian memonitor respon gelombang tersebut di kepala tiang. Prinsip pengujian PIT menggunakan teori gelombang 1-D *CASE*. Pengujian PIT saat ini hanya dapat dilakukan pada tiang beton saja, karena adanya limitasi ratio diameter terhadap panjang tiang dan dilaksanakan merujuk pada ASTM D5882-07.

- a. Alat Uji PIT
 1. Palu genggam yang terbuat dari bahan khusus
 2. Sebuah akselerometer yang berpresisi tinggi yang dihubungkan dengan komputer yang dilengkapi dengan penyesuaian, penguat dan pen-digitasi-an sinyal
- b. Pelaksanaan Uji PIT

Pengujian ini dilakukan pada saat tiang belum dihubungkan dengan struktur di atasnya, berikut prosedur pengujian uji integritas tiang PIT :

1. Langkah awal adalah menghaluskan permukaan tiang yang akan diuji pada bagian dimana akselerometer akan ditempatkan dan dimana pukulan palu dilakukan.

2. Kemudian akselerometer dipasang/dilekatkan pada permukaan tiang dan pukulan palu dilakukan. Pemukulan ini menimbulkan gelombang tekan atau gelombang akustik beregangan kecil (*low strain stress wave*). Rambatan gelombang tekan ini dibatasi oleh material tiang dan keadaan disekelilingnya (dalam hal ini tanah).
3. Jika kedua media tersebut mempunyai karakteristik akustik yang sama maka gelombang yang timbul akan terpencah ke segala arah dan tidak akan menimbulkan rambatan gelombang bidang/satu dimensi yang berarti. Untungnya material tiang dan tanah pada umumnya mempunyai sifat akustik yang sangat berbeda. Akselerasi gelombang tekan yang ditangkap oleh akselerometer diteruskan ke komputer yang akan mengintegrasikan akselerasi terhadap waktu untuk memperoleh sinyal kecepatan gelombang tekan.
4. Hasil dari uji ini berupa grafik gelombang tekan terhadap waktu (*time domain*). Dengan memasukkan kecepatan gelombang tekan dan mengalikannya dengan waktu rambat akan diperoleh kedalaman / panjang tiang, sehingga hasil uji PIT berupa grafik kecepatan terhadap panjang/kedalaman tiang yang seketika itu juga ditampilkan di monitor komputer. Pengujian pada satu tiang dilakukan beberapa kali pemukulan sampai diperoleh grafik hasil uji yang konsisten.

Pada pelaksanaan pengujian fondasi, ahli geoteknik harus hadir dalam pelaksanaan pengujian dan menandatangani laporan hasil pengujian fondasi.

4.6.5.2 CSL (*Piled Integrity Test*)

Crosshole Sonic Logging (CSL) merupakan suatu teknik yang paling akurat untuk menilai integritas suatu Fondasi bangunan yang terbuat dari beton. Biasanya, metode *Crosshole Sonic Logging* atau *CSL Test* ini digunakan untuk menentukan kualitas suatu tempat untuk dijadikan poros pengeboran (*drilled shafts*). Dengan teknik CSL ini maka kondisi beton Fondasi apakah mengalami cacat (penggumpalan tanah, void, dll) atau tidak.

Metode *Crosshole Sonic Logging* dapat mendeteksi luas, sifat, kedalaman, dan lokasi lateral yang mengalami cacat. Metode ini biasanya dilakukan menggunakan tabung akses (tabung PVC atau baja) 1,5 inchi. Tabung ini dipasang dengan cara diikat pada rebar cage, kemudian dimasukan ke dalam shaft pada saat konstruksi.

Tabung ini diisi dengan air yang berfungsi sebagai media perantara, kemudian sensor yang berupa transmitter dan receiver diturunkan. Ketinggian kedua sensor ini harus sama agar hasil pengukuran yang didapat bisa sesuai.

Prinsip kerja dari CSL test itu sendiri yaitu menggunakan gelombang sonic dengan komponen 1 jenis transmitter dan 1 *receiver* yang nantinya ditarik secara bersamaan pada jarak yang sama. Satu hal yang harus diperhatikan, lubang untuk *transmitter* dan *receiver* harus di *flushing* dengan benar sehingga tidak terjadi penyumbatan. Sensor *transmitter* dan *receiver* ini memberikan hasil semua pengukuran ke data *logger* (komputer).

Semua prosedur diatas dilakukan berulang-ulang secara berkala, kemudian hasil pengukuran dipetakan. Hasil yang didapatkan dari tabung akses tersebut berupa data grafik yang nantinya bisa dianalisa untuk mengetahui kondisi dan struktur beton fondasi.

4.7 K3 Fondasi

4.7.1 K3 Fondasi Dangkal

- a. Pekerjaan Persiapan
 1. Pemeriksaan lapangan
 - a). Pemakaian peralatan perlindungan kerja standar seperti helm, sepatu, kaca mata, masker dan sarung tangan.
 2. Mobilisasi dan demobilisasi
 - a). Menyediakan kantor lapangan dan tempat tinggal pekerja yang memenuhi syarat,
 - b). Menyediakan lahan, gudang dan bengkel yang memenuhi syarat,
 - c). Pelaksanaan pembongkaran bangunan, instalasi serta pembersihan tempat kerja dan pengembalian kondisi harus memenuhi syarat.
 3. Kantor lapangan dan fasilitasnya
 - a). Bangunan untuk kantor dan fasilitasnya harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga terbebas dari polusi yang dihasilkan oleh kegiatan pelaksanaan,
 - b). Bangunan kantor dan fasilitas lainnya harus dibuat dengan kekuatan struktural yang memenuhi syarat,
 - c). Bangunan kantor dan fasilitas harus dibuat pada elevasi yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya, diberi pagar keliling, dilengkapi dengan jalan masuk dari kerikil serta tempat parkir
 4. Fasilitas dan pelayanan pengujian logistik
 - a). Harus tersedia pemadam kebakaran dan kebutuhan P3K yang memadai diseluruh barak, kantor, gudang dan bengkel,
 - b). Bahan dan peralatan yang digunakan harus memenuhi syarat,
 - c). Pengangkutan bahan harus sesuai dengan beban lalu lintas pada jalan yang akan dilewati,
 - d). Bahan dan material berbahaya harus disimpan tersendiri dan terlindung dengan baik,
 - e). Pembuangan bahan atau material harus pada tempat yang telah ditetapkan, aman dan tidak mengganggu lalu lintas.
- b. Pekerjaan galian struktur dengan kedalaman 2-4 meter
 1. Pengukuran dan pematokan
 - a). Harus menggunakan perlengkapan kerja yang standar,
 - b). Pengukuran harus dilakukan dengan menggunakan meteran yang sesuai dengan standar,
 - c). Pengaturan lalu lintas harus sesuai dengan standar,
 - d). Alat dan cara menggunakan harus benar sesuai dengan standar,

e). Pemasangan patok harus benar dan sesuai dengan syarat.

2. Penggalian

a). Jarak antara penggali harus aman,

b). Bila penggalian dilakukan pada cuaca gelap atau malam hari harus menggunakan lampu penerangan yang cukup,

c). Penggalian harus dilakukan oleh orang yang ahli dengan metode yang benar,

d). Operasional alat berat harus dilakukan sesuai dengan standar.

3. Pembuangan bahan galian

Pekerjaan pembuangan bahan galian pada pekerjaan galian struktur dengan kedalaman 2-4 meter mempunyai potensi bahaya terhadap tenaga kerja, misalnya kecelakaan akibat tumpukan bahan galian yang akan digunakan untuk timbunan.

c. Pekerjaan Pasangan Batu

1. Pengukuran dan pematokan

a). Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personil yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan,

b). Diusahakan sedemikian rupa agar waktu memasang patok, tangan menggunakan sarung tangan yang sesuai dan menggunakan palu yang proporsional. Jika pemotongan menggunakan gergaji manual atau alat potong otomatis/listrik dilakukan secara hati-hati.

2. Penggalian

a). Sebelum pekerjaan di mulai pada setiap tempat galian pemberi kerja harus melakukan pemeriksaan terlebih dahulu atas segala instalasi di bawah tanah seperti saluran pembuangan, pipa gas, pipa air, dan konduktor listrik, yang dapat menimbulkan bahaya selama waktu pekerjaan,

b). Diusahakan agar menjaga jarak antar pekerja jika penggalian menggunakan tenaga manusia dengan alat bantu (cangkul, balincong, dll),

c). Diusahakan sedemikian rupa penggalian yang dilakukan di malam hari menggunakan lampu penerangan yang cukup,

d). Penggalian pada lereng dan tebing jalan diusahakan agar tetap mempertahankan kemiringan lereng,

e). Apabila tanah tidak menjamin tempat berpijak yang aman, harus disediakan konstruksi penyangga yang cukup,

f). Apabila orang sedang bekerja pada ketinggian yang berbeda, sarana yang cukup seperti papan lantai harus disediakan untuk mencegah orang yang ada dibawahnya tertimpa alat atau benda yang terjatuh dari atas,

g). *Excavator* yang dilengkapi dengan unit untuk panggilan yang dalam harus dirancang sedemikian rupa sehingga gigi pengeruknya tidak dapat mendekati lengannya sampai sejarak 40 cm atau harus dilengkapi dengan

suatu alat penyetop yang dapat dipercaya dapat mencegah kejadian ini. Operator *excavator* harus :

- 1). Sedikitnya berumur 18 tahun,
 - 2). Sudah terbiasa menjalankan dan memelihara mesin yang bersangkutan,
 - h). Untuk maksud pengamanan segera setelah memungkinkan bagian atas sumuran harus dilindungi dengan pagar yang cukup atau pegangan pengaman dan injakan serta pintu masuk,
 - i). Apabila sumuran sedang digali ke dalam lapisan yang mengandung air, harus disediakan suatu sarana untuk menyelamatkan diri.
3. Penyiapan Lantai Kerja
- a). Penyiapan peralatan dan bahan sedekat mungkin dengan lokasi pekerjaan.
 - b). Pemeriksaan terhadap peralatan dan bahan sebelum pelaksanaan pekerjaan,
 - c). Diusahakan sedemikian rupa lantai kerja terbebas dari air, jika perlu dibuat penahan rembesan air dan dipasang perancah atau tangga yang sesuai dan memenuhi faktor keamanan.
4. Pemasangan
- a). Untuk menjaga resiko kecelakaan para pekerja yang melakukan pemasangan batu dilengkapi dengan sarung tangan, helm dan sepatu boot,
 - b). Diusahakan sedemikian rupa menghindari kontak langsung antara tangan/kulit terhadap adukan semen,
 - c). Diusahakan sedemikian rupa menghindari tangan terjepit oleh batu.
5. Penimbunan
- a). Timbunan diusahakan agar tetap kering agar tidak membahayakan lalu lintas maupun pekerja,
 - b). Pelaksanaan timbunan pada tanjakan agar dijaga sedemikian rupa agar tidak membahayakan alat pematik dengan mesin,
 - c). Penimbunan dengan menggunakan mesin harus dilakukan oleh orang yang ahli dibidangnya,
 - d). Penimbunan menggunakan peralatan manual (cangkul/peralatan sejenisnya) dilakukan dengan hati-hati dan mempunyai jarak yang cukup dengan pekerja lainnya.
- d. Pekerjaan beton
1. Pengukuran dan pematokan
 - a). Pelaksanaan pengukuran dan pematokan harus dilakukan oleh pekerja yang terampil serta berpengalaman dibidangnya,
 - b). Pekerja harus memakai pakaian dan perlengkapan kerja yang sesuai (sarung tangan, sepatu boot dan helm) serta memenuhi syarat,

- c). Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personel yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan.

2. Penyiapan

- a). Pekerja harus memakai pakaian dan perlengkapan kerja yang sesuai dan memenuhi syarat,
- b). Menutup material dengan plastik sehingga debu tidak beterbangan,
- c). Menyediakan alat pemadam kebakaran di gudang atau tempat penyimpanan material,
- d). Mengecek alat *concrete mixer* sebelum digunakan termasuk penguat-penguatnya, dijalankan oleh orang yang ahli dibidangnya,
- e). Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personel yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera disemua tempat kegiatan.

3. Pemasangan bekisting

- a). Pemasangan bekisting harus dilakukan oleh pekerja terampil yang telah berpengalaman dibidangnya, pemasangan bekisting di daerah galian harus memperhatikan ketentuan- ketentuan berikut ini :
 - 1). Memakai pakaian dan perlengkapan kerja terutama helm yang sesuai dengan standar,
 - 2). Dinding galian harus diberi penahan dinding secukupnya
 - 3). Pada daerah pemasangan bekisting harus diberi penerangan secukupnya,
 - 4). Dilarang menyimpan/menempatkan tanah galian dipinggir pembuatan bekisting, tanah galian harus dibuang pada tempat yang aman yang telah ditentukan,
 - 5). Disediakan jalan keluar untuk menyelamatkan diri bila terjadi bahaya,
 - 6). Dipasang tangga yang sesuai dan memenuhi syarat dari segi kekuatannya,
- b). Dilarang menempatkan atau menggerakkan beban mesin atau peralatan lainnya dekat pemasangan bekisting/disisi galian yang dapat menyebabkan runtuhnya sisi galian dan membahayakan setiap orang di dalamnya,
- c). Paku-paku yang menonjol keluar perlu dibenamkan atau dibengkokkan.

4. Penulangan

- a). Pelaksanaan penulangan harus dilakukan oleh pekerja yang terampil dan berpengalaman dibidangnya, dilengkapi dengan helm, sarung tangan, sepatu boot yang sesuai dan memenuhi syarat seta memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut :
 - 1). Sisa-sisa besi/kawat baja ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan bahaya,

- 2). Besi tulangan yang menjorok ke luar dari lantai atau dinding harus diberi pelindung,
 - 3). Bila melakukan penyambungan besi tulangan maka ujungnya menjorok ke luar tidak boleh menimbulkan bahaya,
 - 4). Besi tulangan tidak boleh disimpan pada perancah atau papan acuan yang dapat membahayakan kestabilannya,
- b). Untuk pemasangan tulangan dibawah permukaan tanah/didaerah galian harus diperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini :
- 1). Memakai pakaian dan perlengkapan kerja terutama helm yang sesuai dengan standar,
 - 2). Dinding galian harus diberi penahan dinding secukupnya,
 - 3). Pada daerah pemasangan bekisting harus diberi penerangan secukupnya,
 - 4). Dilarang menyimpan/menempatkan tanah galian dipinggir pembuatan bekisting, tanah galian harus dibuang pada tempat yang aman yang telah ditentukan,
 - 5). Disediakan jalan keluar untuk menyelamatkan diri bila terjadi bahaya,
 - 6). Dipasang tangga yang sesuai dan memenuhi syarat dari segi kekuatannya.
5. Pengecoran
- a). Pelaksanaan pengecoran harus dilakukan oleh tenaga terampil yang berpengalaman dan dalam melaksanakan pekerjaan, harus memakai pakaian dan perlengkapan kerja sesuai dengan standar,
 - b). Semua gigi, rantai-rantai dan roda pemutar dari pengaduk beton harus dilindungi sedemikian sehingga aman,
 - c). Penyangga pengaduk beton harus dilindungi oleh pagar pengaman untuk mencegah para pekerja lewat di bawahnya ketika alat yang bersangkutan sedang diangkat,
 - d). Operator *mixer* beton tidak diperkenankan menurunkan penyangga sebelum semua pekerja berada di tempat yang aman,
 - e). Pada waktu membersihkan tabung pengaduk, tindakan-tindakan pengamanan harus diambil untuk melindungi para pekerja di dalamnya, misalnya dengan mengunci tombol dalam posisi terbuka melepaskan sikring-sikring atau dengan cara mematikan sumber tenaga,
 - f). Ketika beton sedang dituang dari bak muatan, pekerja harus berada pada jarak yang aman terhadap setiap percikan beton,
 - g). Pelaksanaan pencampuran aggregate, semen dan air harus tidak menimbulkan debu yang beterbangan, pekerja harus menggunakan masker pernapasan,

- h). Pekerja yang menggunakan *vibrator* listrik harus ahli dan berpengalaman di bidangnya,
- i). Pipa-pipa penyalur ke alat *vibrator* harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - 1). Hubungan pipa harus diikat dengan rantai pengaman atau cara lain yang efektif,
 - 2). Mulut pipa pengeluaran harus terikat kuat sehingga dapat mencegah gerakan bergeser,
- j). Bila menggunakan vibrator listrik, maka :
 - 1). Dihubungkan ke tanah (*earthed*),
 - 2). Bagian-bagian yang penting harus cukup diberi isolasi,
 - 3). Arus listrik harus dimatikan bila sedang tidak digunakan,
 - 4). Diusahakan sedemikian rupa bila beton mulai mengeras maka harus dilindungi terhadap arus air yang mengalirkan bahan-bahan kimia, dan getaran begitu juga terhadap pekerja,
 - 5). Diusahakan sedemikian rupa tidak boleh meletakkan beban di atas beton yang sedang mengeras,
- k). Bahan-bahan kering dari beton harus dicampur pada ruang yang tertutup :
 - 1). Debu harus tersalur/terbuang ke luar,
 - 2). Bila debu tidak dapat terbuang, maka para pekerja harus menggunakan alat pernapasan,
- l). Selama pengecoran papan acuan dan penumpunya harus dicegah terhadap kerusakan,
- m). Pengoperasian alat pengaduk, penggetar dan water tanker harus dilakukan oleh orang yang ahli dan berpengalaman dan harus selalu dijaga agar tidak ada orang luar maupun pekerja lain yang tidak berkepentingan berada di tempat pengecoran beton,
- n). Membatasi daerah pekerjaan pengecoran dengan pagar atau rambu yang informatif,
- o). Menyiapkan penerangan apabila harus bekerja pada malam hari,
- p). Lantai kerja sementara yang menahan pipa pemompa beton harus kuat untuk menumpu pipa yang sedang berisi dan mempunyai faktor pengaman sedikitnya 4.

4.7.2 K3 Fondasi Sumuran

a. Penurunan Fondasi Sumuran

1. Pengukuran dan pematokan

- a). Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personil yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan.
- b). Diusahakan sedemikian rupa agar waktu memasang patok, tangan menggunakan sarung tangan yang sesuai dan menggunakan palu yang proporsional. Jika pemotongan menggunakan gergaji manual atau alat potong otomatis/listrik dilakukan secara hati-hati.

2. Penggalian

- a). Sebelum pekerjaan di mulai pada setiap tempat galian pemberi kerja harus melakukan pemeriksaan terlebih dahulu atas segala instalasi di bawah tanah seperti saluran pem- buangan, pipa gas, pipa air, dan konduktor listrik, yang dapat menimbulkan bahaya selama waktu pekerjaan.
- b). Diusahakan agar menjaga jarak antar pekerja jika penggalian menggunakan tenaga manusia dengan alat bantu (cangkul, balincong, dll).
- c). Diusahakan sedemikian rupa penggalian yang dilakukan di malam hari menggunakan lampu penerangan yang cukup.
- d). Penggalian pada lereng dan tebing jalan diusahakan agar tetap mempertahankan kemiringan lereng.
- e). Apabila tanah tidak menjamin tempat berpijak yang aman, harus disediakan konstruksi penyangga yang cukup.
- f). Apabila orang sedang bekerja pada ketinggian yang berbeda, sarana yang cukup seperti papan lantai harus disediakan untuk mencegah orang yang ada dibawahnya tertimpa alat atau benda yang terjatuh dari atas.
- g). *Excavator* yang dilengkapi dengan unit untuk panggilan yang dalam harus dirancang sedemikian rupa sehingga gigi pengeruknya tidak dapat mendekati lengannya sampai sejarak 40 cm atau harus dilengkapi dengan suatu alat penyetop yang dapat dipercaya dapat mencegah kejadian ini. Operator *excavator* harus :
 - 1). Minimal berumur 18 tahun.
 - 2). Sudah terbiasa menjalankan dan memelihara mesin yang bersangkutan.
- h). Untuk maksud pengamanan segera setelah memungkinkan bagian atas sumuran harus dilindungi dengan pagar yang cukup atau pegangan pengaman dan injakan serta pintu masuk.
- i). Apabila sumuran sedang digali ke dalam lapisan yang mengandung air, harus disediakan suatu sarana untuk menyelamatkan diri.

3. Pemompaan

- a). Kabel-kabel yang mengalirkan listrik diberi perlindungan secukupnya. Apabila ada sambungan kabel diberi isolasi yang cukup aman.
- b). Para pekerja dilengkapi dengan sepatu boot/karet, sarung tangan, helm yang sesuai.
- c). Jika perlu dilakukan pembuatan dinding penahan rembesan.
- d). Lakukan penyumbatan dan pemompaan agar air dapat keluar dari lokasi pemasangan gabion.
- e). Pada saat pemompaan dilakukan sebagai langkah dewatering, pengaliran air hasil pemompaan diusahakan sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan resiko bahaya kecelakaan.

4. Penyiapan Lantai Kerja

- a). Penyiapan peralatan dan bahan sedekat mungkin dengan lokasi pekerjaan. Pemeriksaan terhadap peralatan dan bahan sebelum pelaksanaan pekerjaan,
- b). Diusahakan sedemikian rupa lantai kerja terbebas dari air, Jika perlu dibuat penahan rembesan air dan dipasang perancah atau tangga yang sesuai dan memenuhi faktor keamanan.

5. Penurunan Dinding Sumuran

- a). Diusahakan sedemikian rupa penurunan dinding sumuran dilaksanakan dengan tepat dan telah mengecek kondisi tanah, dan dilakukan oleh orang yang ahli dibidangnya,
- b). Untuk menghindari resiko bahaya kecelakaan alat penurunan dinding sumuran/kerekan terlebih dahulu di periksa baik itu tali/ takel ataupun perlengkapan lainnya.

6. Penimbunan

- a). Timbunan diusahakan agar tetap kering agar tidak membahayakan lalu lintas maupun pekerja,
- b). Pelaksanaan timbunan pada tanjakan agar dijaga sedemikian rupa agar tidak membahayakan alat pematik dengan mesin,
- c). Penimbunan dengan menggunakan mesin harus dilakukan oleh orang yang ahli dibidangnya,
- d). Penimbunan menggunakan peralatan manual (cangkul/peralatan sejenisnya) dilakukan dengan hati-hati dan mempunyai jarak yang cukup dengan pekerja lainnya.

4.7.3 K3 Fondasi Dalam

- a. Pekerjaan Pemancangan Fondasi Tiang
 1. Pengukuran, pemotongan dan pematokan
 - a). Memasang rambu-rambu pada lokasi pekerjaan untuk melindungi personil yang bekerja dari kendaraan yang melintasi proyek dan menempatkan petugas bendera di semua tempat kegiatan pelaksanaan,
 - b). Pelaksanaan pengukuran, pemotongan dan pematokan harus dilakukan oleh pekerja yang terampil dan berpengalaman.
 2. Pemancangan
 - a). Para pekerja harus diberi sumbat telinga,
 - b). Diusahakan sedemikian rupa peruncingan bagian bawah dilakukan dengan hati-hati dan para pekerja menggunakan sarung tangan,
 - c). Pemancangan harus dipancang secara simetris untuk menghindari resiko bahaya kecelakaan,
 - d). Pemancangan mengikuti prosedur yang berlaku.

5. Contents

4. FONDASI	4-1
4.1 Umum.....	4-1
4.2 Fondasi Dangkal.....	4-1
4.2.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Pasangan Batu	4-1
4.2.2 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Beton.....	4-6
4.2.3 Pengendalian Mutu Pekerjaan Fondasi Dangkal	4-8
4.3 Fondasi Sumuran.....	4-8
4.3.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Sumuran	4-9
4.3.2 Pengawasan Mutu Pekerjaan Fondasi Sumuran.....	4-11
4.4 Fondasi Tiang Pancang	4-12
4.4.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang Beton.....	4-12
4.4.2 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang Kayu	4-16
4.4.3 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Baja Struktur.....	4-18
4.4.4 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Pipa Baja.....	4-23
4.5 Fondasi Tiang Bor.....	4-25
4.5.1 Pengawasan Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor	4-26
4.6 Pengujian Tiang.....	4-29
4.6.1 Umum.....	4-29
4.6.2 Pengujian Aksial Tiang Dengan Metode Statik.....	4-29
4.6.3 Pengujian Aksial Tiang Metode Dinamik Dengan PDA Test	4-30
4.6.4 Pengujian Daya Dukung Lateral Tiang.....	4-32
4.6.5 Pengujian Integritas Tiang Fondasi.....	4-32
4.7 K3 Fondasi	4-34
4.7.1 K3 Fondasi Dangkal.....	4-34
4.7.2 K3 Fondasi Sumuran.....	4-40
4.7.3 K3 Fondasi Dalam.....	4-42
Gambar 4.1- Bagan alir pelaksanaan fondasi pasangan batu	4-2
Gambar 4.2 - Bagan alir pelaksanaan fondasi beton.....	4-6
Gambar 4.3 - Jenis fondasi sumuran	4-8
Gambar 4.4 - Bagan alir pelaksanaan fondasi sumuran.....	4-9
Gambar 4.5 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang beton.....	4-12
Gambar 4.6 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pancang kayu	4-16
Gambar 4.7 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang baja struktur	4-18
Gambar 4.8 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang pipa baja	4-23
Gambar 4.9 - Bagan alir pelaksanaan fondasi tiang bor.....	4-26
Gambar 4.10 - Contoh pengecekan tiang menggunakan PDA test	4-31

Tabel 4.1- Jenis pengujian tiang berdasarkan jenis fondasinya 4-29

参考資料2:

「Panduan Teknik pengawasan pelaksanaan jembatan(橋梁工事施工要領)」

第4章 日本語訳

4.4 杭基礎（既成杭）

杭基礎は、上部構造物からの荷重を一定の深さにある支持地盤に受け渡す（流す）ために用いてある深さに位置する構造物の一部である。

杭は、地中深くまで荷重を伝える細長い形状をしている。

杭の主な材質は、木材、鋼材、コンクリートなどである。これらの材料から作られた杭を地中に打ち込み、ドリルで穴を開けやジャッキで押し込むなどして杭キャップ（poer）に接続します。土質、材質、散布特性にもよるが杭の荷重分布特性によって、杭の分類が異なります。

4.4.1 コンクリート杭基礎の施工監理

コンクリート杭基礎工事の監理において、作業監督者は以下の仕事の実施段階を知る必要がある。

・ 図表

MULAI→スタート

Persiapan→準備

penempatan dan penyetelan tiang→杭の配置と設定

Pemancangan→杭打ち

evaluasi hasil pemancangan→杭打ち結果の評価

perbaikan dan tindak→改善とフォローアップ

SESUAI→適合

Tdk→いいえ

Ya→はい

Pelaporan→報告

Selesai→終了

図 4.5 「コンクリート杭基礎の実施フローチャート

橋梁施工監視要領 4-12

a. 準備

1. 作業図面による位置の再確認
2. 橋梁工事実施要領第4章の規定に基づき、すべての杭打ち設備を点検する。

3. 労働者の準備、人数、資格の状況を再確認
4. 作業準備の変更がない
5. すべての活動および特別な事態を対処するためのサービス提供者側の責任者が存在する。
6. 作業安全管理を行う
7. 環境管理を行う準備をする
8. 杭打ち高さの基準点の設定
9. 打設する杭の位置の決定
10. 作業監督者への作業許可証（依頼書）を申請する
11. 杭打ちの際に地下インフラが妨害されないことを確認する
12. 半径 200m 未満の住宅地に対する大気汚染、騒音の公害を確認する

b. 杭打ち試験

1. 杭の製造工場の証明書を確認する
2. 杭の直径を確認する
3. 杭の種類を確認する
4. 杭基礎の深さと支持力を知るために試験する杭を決定する
5. 試験する杭の本数及び位置は監督者が指定したものと適合している。試験する杭は各橋梁において 1 本以上で 4 本以下。

c. 杭の配置と設定段階

1. 現地にある杭の有無を確認する。
2. ガイドを使用して定めた傾きと勾配で作業図面に従って杭の配置・位置を確認する。
3. 水上で杭打ちを行う場合は、杭打ち機が土台の上にあることを確認する。
4. 必要に応じて杭打ち機ユニットには安全装置があり、中型消火器も設置している。
5. 杭誘導装置における杭とハンマーの位置は杭誘導装置内で自由に動ける。

6. 垂直方向と水平方向の杭の位置が変化せず、水平方向のいずれでも許容限界である75mmを超えないこと。

7. ハンマー、スチールキャップ、キャップパッド、プーリー、杭は、傾斜杭を含む杭と同じ軸であること。

d. 杭打ち段階

1. 杭を上げる地点は長さの4分の1または作業監督者の指示によるもの

2. 最初の打ち込みはフリーフォールハンマーで行う

3. 杭打ちが正常か否かを確認するために、ハンマーで10回叩くごとに杭の沈下を確認する。

4. 杭本体にカレンダーリングチャートを貼り付け、図面による杭の長さに応じて、杭打ちが終わる1.5m手前でカレンダーリングを実施する。

5. 突如沈下などの特別な事態があれば記録する。

6. 杭打ち中に発生した特別な事態のすべてを記録する。

7. 杭打ちの記録は、一般的な仕様書に従って完全であること。

8. 地中に入る各杭の深さを確認する。

9. 水面下の杭の全長を確認する（該当する場合）。

e. 杭打ち結果の評価段階

以下に対して、各杭打ち結果を評価する。

1. 杭打ち深さ。

2. 杭打ち最後の1.5mは、10回叩く毎に3cm以上であること。

3. 杭の垂直方向と水平方向の位置。

f. 修正段階

1. 杭の損傷や内部欠陥、図面に示された位置や高さの不適合などをすべて確認する。

2. 不適合または欠陥のある杭および工事監理者が受理できないものは、条件を満足するために必ずサービス提供者が自己の費用で修正すること。

3. 工事監督が定める修正の確認は、以下を含むがその限りではない。

a). 欠陥杭の修正および新杭への交換・杭打ち。

b). 欠陥または短い杭の側面に沿って2本目の杭打ち。

橋梁施工監視要領 4-14

g. 杭ヘッドの切断

1. 杭のコンクリートを所定の高さまで剥がし、残ったコンクリートが基礎杭ヘッド（パイロキャップ）に5cm～10cm程度入り込むようにする。

2. 鉄筋コンクリート杭の場合、剥ぎ取り後に残った鉄筋は、杭頭(パイルキャップ)に 50cm～75cm の長さで結束できるような長さにする必要がある。
3. コンクリート杭の剥がしは、杭の破断などを防ぐために慎重に行う必要がある。
4. ひび割れや欠陥したコンクリートは、必ず切断し新しいコンクリートを古いコンクリートに接着して補修すること。

h. 作業結果の測定

1. コンクリート杭の支払いのための確認単位は、設置された杭の長さをメートル単位とする。
2. 杭打ちに測定するコンクリート杭は、長さのメートルと設置済み杭で測定する。
3. 杭の供給と杭打ちの測定手順の詳細は、有効な仕様書の規定で参照できる。

i. 報告段階

以下の書類で報告書を確認する。

1. 基礎計画図面
2. 施工図、杭の詳細図
3. 杭打ち記録／カレンダーリング
4. 杭打ち工具の仕様、ハンマーの種類とその校正

橋梁施工監視要領 4-15

4.4.2 木材杭基礎の施工監視

木材杭基礎の作業監督を行う場合、作業監督者は以下の工事段階を知る必要がある。

MULAI→スタート

PERSIAPAN→準備

MELAKUKAN PEMANCANGAN→杭打ち

PERBAIKAN→修正

SESUAI? →適合?

PEMERIKSAAN KEBUTUHAN TIANG PANCANG→杭の必要性を確認

PENYAMBUNGAN TIANG PANCANG→杭の接合

PEMOTONGAN KEPALA TIANG PANCANG→杭頭の切断

SELESAI→終了

図 4.6 木材杭基礎施工フロー

橋梁施工監視要領 4-16

a. 準備

1. サービス提供者は、杭打ち作業の詳細な方法を必ず作業監督者に提出すること。
2. サービス提供者は、提案された機器の設計を計算すること。
3. 木材杭の荷重を試験する。
4. 杭打ち前の木材杭の適正確認がある。
5. 杭打ち前には必ず作業監督者の書面による承認があること。

b. 杭打ち

1. 木材杭の頭部を欠陥に対する予防や保護措置を行う。
2. 木製杭の頭部の保護は、木製杭の頭部に強度の鋼鉄や鉄のリングを取り付けることで可能。
3. 杭にはパイルシューが装備されている。
4. 軟弱地盤での杭打ちは、パイルシュー不要。
5. シューの位置は必ずセンターにあること。
6. ハンマー落下高さを必ず計算すること。
7. ハンマーの重量は、最低でも杭の重量と同じであること。
8. 杭頭は必ずハンマーと同じ軸にあること。

c. 修理

指定された許容範囲を満たさない場合には修理を行う。

d. 杭の必要性確認

1. 杭の追加が必要な場合は、接合を行う。
2. 杭の強度が計画荷重を満たしたと判断した場合は、杭打ちを中止する。

e. 杭の接合

1. 杭の端面は、杭軸に対して垂直に切断すること。
2. 接合部は木や鉄の接合板で補強すること。
3. 丸杭の接続部は、鉄製又は鋼製の接合パイプで補強すること。
4. 最大たわみ量での接合は認められない。

f. 杭頭の切断

1. 杭頭は、杭軸に対して垂直に切断すること。
2. 切断された杭頭は、パイルキャップを設置する前に防腐剤で処理すること。

4.4.3 鋼構造杭基礎の施工監視

鋼構造杭基礎の作業監督を行う場合、作業監督者は以下の工事段階を知る必要がある。

MULAI: スタート

PERSIAPAN: 準備

PENEMPATAN DAN PENYETELAN TIANG PANCANG : 杭の配置と調整

PEMANCANGAN : 杭打ち

EVALUASI HASIL PEMANCANGAN : 杭打ち結果の評価

PERBAIKAN DAN TINDAK LANJUT : 修理とフォローアップ

SESUAI : 適合

PELAPORAN : 報告

SELESAI : 終了

Tdk : いいえ

Ya: はい

図 4.7 鋼構造杭基礎施工フロー

橋梁施工監視要領 4-18

p.247

a. 準備

1. 杭打ち現場の確認

監督者（作業監督者）は杭打ち現場の準備状況、杭打ち位置、杭打ち一あらゆる一定の距離における杭打ちガイドのための杭打ち点を必ず確認すること。

2. 杭打ち設備の準備状況確認

クレーン、駆動モーター、結束・吊り上げケーブル（スリング）、ハンマー（ドロップ式またはディーゼル式）、ドライビングキャップ、その他小型工具などの準備状況を確認する。

3. 機材の校正確認

シングルアクションやダブルアクションの規定に応じた重量でのディーゼルハンマーの校正を確認する。

4. 活動責任者

活動責任者が現場にいることを必ず確認すること。

5. 交通管理

a). 建設工事業者は、交通整理員を配置すること。

b). サービス提供者は、道路標識または交通処理装置を提供するものとする。これらの標識の設置や配置は、少なくとも「道路工事のための仮設標識ガイドライン No.Pd-T-12-2003」に従うこと。サービス提供者は、48 時間以内に当該標識などを提供し、工事期間中に設置・保守を行うこと。

6. 騒音・振動公害。

a). サービス提供者は、管理・整備されたモダンな車両や設備を使用して、全ての車両や設備による工事や運搬からの騒音や振動を最小限にする注意をすること。

b). 工事現場から 200m 以内（振動・騒音に対する安全距離）の最寄りの住宅地があることを確認する。

7. 地下施設

サービス提供者は、地下施設の存在・場所に関する情報を取得し、契約書で必要な掘削を実施するための各認可類の取得・支払いを行うこと。

8. 作業監督者の関与。

すべての杭打ち工事は、作業監督者またはその代理に必ず立ち会うこと。

p.248

b. 杭の配置と調整

1. 陸上での杭

杭はガイド（リーダー）を使用して、所定の勾配と傾きで作業図面作業図面に応じた杭打ち位置に必ず配置すること。

2. 水上での杭打ち装置の位置。

水上で杭打ちを行う場合、台の上での杭打ち機の設置は必ず正確に杭打ち時の位置にあること。

3. 杭打ち前の調整

ハンマー、スチールキャップ、キャップパッド、プーリー、杭は、必ず同じ軸を持ち、それぞれの真上に適切に配置すること。

4. 傾斜杭の調整

傾斜杭を含む杭は、必ずセンターに杭打ちをし、適切な位置へ誘導・維持すること。

c. 杭打ち

1. 杭打ちの深さ

鋼構造杭は、計画図面に従って最大貫通まで杭打ちすること。

2. ハンマードロップの高さ。

ハンマー（ディーゼルハンマー）の落下高さは2.5mまたは作業監督者の指示を超えないこと。単動式の衝撃（シングルアクション）または落下するハンマーは1.2mまでに制限し、できれば1mが望ましい。杭に損傷がある場合は落下高さを必ず低くすること。

3. カレンダーリング要件を満足した杭における衝撃処理

最後の10回の杭打ちが規定を満足した結果が得られた場合、繰り返しの衝撃は慎重に行い、杭の貫通がほぼ停止した後の連続打設は必ず予防し、特に中型のハンマーを使用した場合。

4. 杭打ち記録／カレンダー

杭打ちの詳細かつ正確な記録は、必ず作業監督者が保管するものとし、サービス提供者は、この記録の保管について必ず作業監督者を支援すること。記録内容は次を含む：杭の本数、

位置、種類、サイズ、実際の長さ、杭打ちの日付、基礎の長さ、最後の衝撃における貫通、ハンマーの打撃エネルギー、ハンマーの重量と種類、杭の延長の長さ、切断の長さ、得られた最終長さ（ドライビングパイル）。

p.249-250

d. 杭打ち工程のモニタリング

次の対策でフォローできるように、異常を発見するために随時杭打ち作業のモニタリングを行う。

1. 上がる杭

a). 地盤の上昇により杭が上がる可能性がある場合、杭の標高は隣接する杭が杭打ち時の間隔で測定する。

b). 隣接する杭の杭打ちによって杭が上がる場合、元の深さに再度杭打ちをすること。但し、隣接の杭における再杭打ちの試験によって再杭打ちが不要の場合を除く。

2. 欠陥杭

a). 欠陥杭は、作業監督の条件と承認に従って、サービス提供者の費用負担で修理するものとする。

b). 原点復帰への再杭打ちが不可能の場合、杭は可能な限り元の位置に近いところで杭打ちし、または追加杭を作業監督者に命令に従って杭打ちすること。

3. 貫通の不一貫

土の自然的な性質による普通に変化として認められない貫通スピードの突発的な変化は、必ずそれを記録し、かつその原因を杭打ちが再開する前に確認すること。

4. カレンダーリングが未達成の杭に対するフォロー

a). カレンダーリングが未達成で、しかし杭の長さが計画図面で定めた必要性を超える場合。

b). 杭を接合することがまだ可能の場合、接合は作業監督者が書面で承認した接合方法で行い、杭打ちを継続する。

c). 杭に接合ヘッドがない場合接合は作業監督者が書面で承認した接合方法で行う。

e. 杭打ち結果の評価

次に対して杭打ちの結果を評価する。

1. 杭頭の位置

杭は、図面に指定した位置に配置すること。指定された位置からの杭頭の横方向移動は全方

向に対して 7.5 cmを超えないこと

橋梁施工監視要領 4-22

2. 杭の傾き

条件とする垂直方向の偏りまたは傾きは、1m 当たり 2 cmを超えないこと。

3. 杭打ち結果のカレンダーリング

杭打ちの最後の 1.50m の貫通は各衝撃 3cm であること。杭がポイント・ベアリングの場合、最終カレンダーリングは、鋼杭においては 2.5cm/10 打撃より小さいこと。(参考：橋梁工事施工監視要領)

f. 修理・アフターフォロー

1. 杭が許容範囲外の場合、サービス提供者は、自己の負担で作業監督者が必要と認める是正措置を完成すること。

2. 内部欠陥や不適切な杭打ちによって破損した杭の場合、本来の位置より外された場合、図面又は作業監督者が定めた高さより低く杭打ちされた場合、サービス提供者の負担で修理するものとします。

3. 作業監督が定めた修正工事でサービス提供者の負担で修正をするものは、次を含むが、その限りではない。

a). 欠陥杭や短い杭の側面に沿って杭打ちする 2 本目の杭。杭頭をパイルキャップに設置できるために、このセクションの他の箇所でも要求されているような接合方法による杭の延長。

g. 報告

サービス提供者は、杭打ち後の取り扱いを含む全工程と杭打ち結果を網羅した報告書を作成すること。報告書は、以下の書類を含むこと。

1. 基礎の図面と杭打ち箇所
2. 施工図、杭の詳細
3. 杭打ち機の仕様とディーゼルハンマーの校正
4. 杭打ち記録/貫通カレンダーリング

p.251-252

4.4.4 鋼管杭基礎の施工監視

鋼管杭基礎の作業監督を行う場合、作業監督者は以下の工事段階を知る必要がある。

MULAI: スタート

PERSIAPAN: 準備

pipa baja struktur: 鋼構造パイプ

perakitan pipa baja: 鋼管の組み立て

perbaikan: 瀬裕理

sesuai 適合

selesai: 終了

図 4.8 鋼管杭基礎施工フロー

a. 準備

1. 監督者（作業監督者）は、サービス提供者の準備状況を確認すること。
2. 作業監督者は、杭用の鋼管材および鋼管杭を充填するコンクリート材の準備状況を確認すること。

b. 鋼構造パイプの組み立て

1. 組立

杭用の鋼管組立・接合はできるだけ現場で行う。

2. 杭の接合

鋼管杭の接合は、溶接で行うとする。溶接は、元の鋼材の断面力を高めるように行う必要がある。アラインメントと位置を維持するように接合の設計と施工を行うこと。杭打ち後に管杭または箱杭をコンクリートで充填される場合、接合部が防水になるように溶接すること。

継ぎ足し・溶接した杭の長さは、杭を支える資材と杭打ち時に杭を支える杭打ち機のリーダの長さに合わせる。より長い接合・溶接は、図面での杭の位置に応じて、垂直または傾斜の位置で行う。

3. 溶接

溶接手順は、接合する表面の準備の説明も含めて書面で提出し、製作を開始する前に作業監督者の承認を得ること。

仮設付属物の表示の方法は、必ず作業監督者の事前承認を得ること。仮設付属品での各印は作業監督者がに受理するまで修理すること。

溶接による修理が必要な場合、その補修は作業監督者の承認の上で行うこと。目視できる溶接面には、スケール残渣を取り除くこと。地面にあたる溶接スパッタはすべて取り除くこと。溶接接合での鋼材の厚みを確保するために、鋼材の端部に「ランオン」「ランオフ」の接合板を使用すること。

4. 溶接接合部

溶接接合部では、接合する部分のアライメントミスによる不要な不具合は、より薄い部分の厚さより 0.15 倍を超えないこと又は 3 mm であること。しかし、ローリング工程による許容範囲又はローリング工程による許容範囲の組み合わせと上記で認められたアライメントミスによって発生した厚みの差に関しては、3 mm を超える不具合を 1:4 の勾配で滑らかにする。

5. 杭頭

杭打ち前、杭頭は長さに対して垂直に切断しドライビングキャップは杭の軸をハンマーの軸と真つすぐに維持するように設置すること。杭打ち後、キャッププレート又は鉄筋はパイルキャップに付けるか、パイルキャップの中に長さが十分な杭を埋め込める。

6. パイルシュー

- a). 一般的には、H 形鋼やその他圧延鋼材はパイルシューが不要。
- b). ただし、硬い地盤に杭を杭打ちする場合、端部を鋳鋼で補強するか、鋼板やエルボを溶接して厚みを増すこともできる。
- c). 管杭や箱杭もシュー無しで杭打ちできるが、パイルシューが必要な場合、このパイルシューは平板で溶接するか、品質の良い鋼板から形成することができる。
- d). 杭のシューは鋼管の端部を切る、曲げる、溶接等で形成することができる。それにより、図面に応じたパイルシューの形を作ることができる。

p.253

7. 鋼管杭の切断

切断は正確に、丁寧に、きれいに行うこと。切断による変形は矯正すること。作業完了後のフリーエッジである主要素のカットエッジの角度は、約 0.5mm の R で丸めるか鈍化させること。充填材、接合板、タイバー、横補強材は、せん断切断で形成することができる。バリなどの鋭利な部分は、取り除くこと。切断による欠損は修理すること。これらの角は一般的に 1.0mm の R で丸める。

8. 腐食防止

鋼管杭に腐食の発生がある場合、腐食の可能性のある部分は承認されたコーティングで塗装し、または正確かつ合理的に腐食力を予測できる場合はより厚い金属を使用すること。一般に、露出する全長と最低水位以上で土壌に埋め込まれた長さに対しては、腐食から保護する必要がある。

4.5 ボアパイル基礎

ボアパイル基礎は、長い筒のような形をする深礎の一種で、現場鉄筋設置・現場打設でのドリル方法を使用して土の中に一定の径寸法を持つ鉄筋とコンクリートの混合物から構成するものである。

ボアパイル基礎の杭の長さは、建造物の基礎が要求する地盤支持力の硬さレベルの深さまで到達する必要がある。

p.254

4.5.1 ボアパイル基礎の施工監視

鋼構造杭基礎工事を監督する場合、作業監督者は以下のことが必要である。

MULAI : スタート

↓

Persiapan : 準備

↓

Pengeboran : ドリル

↓

pemasagan pembersian : 鉄筋の設置

↓

pemasagan pipa tremi : トレミーパイプの設置

↓

pengecoran beton : コンクリート打ち

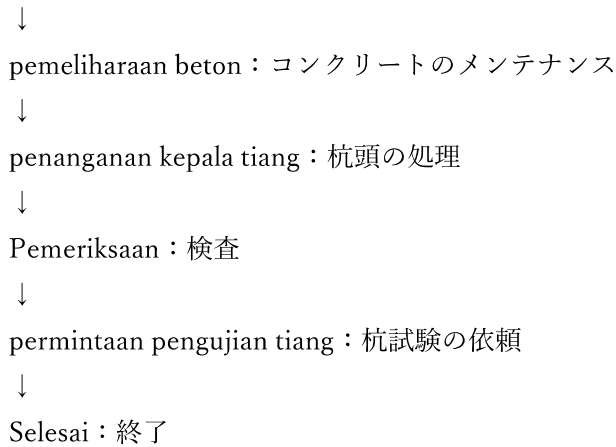


図 4.9 ボアパイル基礎施工フロー

p.255

a. 準備

1. 業者がコンクリート打ち作業の施工図および施工方法を作業監督者に提出することを確認する。
2. 掘削機器、コンクリート、鉄筋、ステーキングアウトなど施工の準備状況を確認する。
3. 業者から提出された施工図を確認・承認し、作業管理者の承認推奨する。
4. 掘削時およびボアパイルの底で行う現場での資材のための硬度計試験を確認する。

b. ボアパイルの深さ

1. 掘削された穴のを図面で指定した深さまたは掘削結果の試験に基づいた深さまで確認する。
2. 穴のケーシング径を確認し、指定された径の半分以下であれば、不合格とする。
3. 穴の完全性を保証するために、すべての穴を閉じること。
4. ケーシングの底は、引き抜きおよび設置作業中、1.5m 以上 0.3m 以下になってはいけない。
5. 打設したコンクリートの表面から 3m までの深さを振動機で振動させること。
6. すべての掘削孔に木くずなどの剥がれる資材がないこと。
7. 穴に水に入らないことを確認し、必要に応じてポンプで水を抜く。
8. コンクリートがケーシング壁に付着しないように、引き抜く際はケーシングを振動させること。

c. 鉄筋の設置とコンクリート打ち

1. 鉄筋の設置作業が作業監督者の承認を取得したことを確認する。
2. コンクリート打ち作業が作業監督者の承認を取得したことを確認する。
3. コンクリート打ちが橋梁施工技術要領の 2.2.9.4 に従って行うことを確認する。
4. 使用するトレミー工法が作業監督者の承認を取得したかを確認する。
5. コンクリート打ち前に、穴が乾いて何も無い状態であることを確認する。
6. コンクリート打ちはトレミー付きの漏斗を使用することを確認する。
7. コンクリートが鉄筋や穴の側面に落ちないように、流れの方向を確認する。

橋梁施工監視要領 4-27

p.256

8. 地すべりの可能性を想定し、掘削後にできるだけコンクリート打ちを行うこと。
9. 水中や泥中にコンクリートを打設する場合、穴の底に柔らかい資材や剥がれる資材がないことを確認する。
10. トレミー方法は、上の漏斗から充填されるパイプが含まれていることを確認する。
11. パイプが杭の中の新しいコンクリート表面の少し下で、水・泥の高さの上まで伸びていることを確認する。
12. コンクリートがパイプの底から流れ出る場合、漏斗を再びコンクリートで充填し、パイプが常に新しいコンクリートで満たされていることを確認する。
13. トレミーパイプが防水で直径が 15cm 以上であることを確認する。
14. コンクリートが水と混ざらないよう、最初にパイプへ充填するコンクリートの前にストッパーが設置されていることを確認する。
15. ボアパイルの上部に固まっていないコンクリートが水と混ざったり、川の流れに影響されていないことを確認する。
16. 他のボアパイル作業が、先に形成されたボアパイルに欠損を発生させないことを確認する。

d. ボアパイル頭の処理

1. コンクリート打ちするボアパイルが切断される高さの 1m 位上にあることを確認する。
2. 切断されたボアパイルの端部に剥がれる資材やその他解体の残渣がないことを確認する。
3. 残った鉄筋は、パイルキャップ又は上の構造物に完璧に結合できるための十分な長さであることを確認する。
4. 未完成の杭が許容範囲を満たしていることを確認する。

e. 修理

不良で許容範囲を満たさないボアパイプは、作業監督者の許可の上で修理すること。

f. 作業結果の測定

1. 現場打設ボアパイプ測定の確認は、構造物として完成し受取されたボアパイプの実際の合計長さで、メートル単位でのボアパイプの先端から切断されたボアパイプの上部高さまで測定するものである。
2. 水中で行う現場打設ボアパイプ施工の確認は、ドリルの先端から通常水位の高さまでを測定する。

橋梁施工監視要領 4-28

p.257

4.6 杭試験

4.6.1 一般

杭の試験は、基礎杭の支持力試験と健全性試験の2つに分けられる。大きく分けると、支持力試験は静的メソッドと動的メソッドに分類する。一般的に行われている基礎杭の健全性試験は、PIT (Pile Integrity Test) と CSL (Crosshole Sonic Logging) である。

表 4.1- 基礎の種類に基づく杭調査の種類

Pengujian: 試験

Daya Dukung: 支持力

Integritas: 健全性

Metode : メソッド

Statik : 静的

Dinamik : 動的

Arah: 方向

Axial : 軸方向

Lateral : 横方向

Jenis Pengujian : 試験の種類

Static Loading Test : 静的荷重試験

Lateral Loading Test : 横方向荷重試験

PIT (Pile Integrity Test) : PIT (杭の健全性試験)

CSL (Crosshole Sonic Logging) : CSL (クロスホールソニックロギング)

1. Metode Beban Mati (Kettle) : 1. 静荷重 (ケントリッジ)
2. Metode Tiang Reaksi (Reaction Pile) : 2. リアクションパイル工法
3. Metode Kombinasi Beban Mati dan Tiang Reaksi : 3. 静荷重とリアクションパイルの組合せ法
4. BDLT (Bidirectional Loading Test) : 4. BDLT (双方向負荷試験)

1. Metode Tiang Reaksi (Reaction Pile) : 1. リアクションパイル工法
2. Metode Deadman / Weight Platform : 2. デッドマン/ウェイト・プラットフォームソッド

Jenis Tiang : 杭の種類

Tiang Pancang dan Tiang Bor : 杭とボアパイル

Tiang Bor : ボアパイル

4.6.2 静的方式による杭の軸方向試験

静的方式による杭の軸方向試験には、静荷重方式 (ケントリッジ)、リアクションパイル方式、組合せ方式 (静荷重とリアクションパイル)、双方向静荷重試験の4つがある。静的方式による杭の軸方向試験の監視は次で行う。

- a. 杭の軸方向試験における荷重手順は、ASTM D1143 / SNI 03-6476-2000 に基づいて実施する。
- b. 静荷重方式 (ケントリッジ)による試験は、ASTM D1145 および SNI 8460-2017 に基づいて実施する。杭の上の台に静荷重を設置し、静荷重の台と杭の間に油圧ジャッキ又はロードセルを挟んで試験を行う。
- c. リアクションパイル方式による試験は、ASTM D1143 および SNI 8460-2017 に基づいて実施する。地面に鉄骨またはその他の基礎杭を設置し、鉄骨と試験対象の杭の間に油圧ジャッキやロードセルを設置して試験を行う。
- d. BDLT (双方向負荷試験) による杭試験は、ASTM D8169 / D8169M-18 に準拠する。
- e. 使用する機器の準備状況や校正を確認する。杭の軸方向試験用の機器類は「橋梁施工技術要領」3.8.2 章を参照することができる。
- f. 杭試験は、杭打ちの3~30 日間後に実施する。
- g. 杭の試験を実施するために十分なコンクリート日数を確保すること (現場打設コンクリート杭の場合)。
- h. 地面から突き出る杭の長さは、1m 以下とする。杭試験中に杭が曲がらないようにするためである。

p.258

- i. 油圧ジャッキで荷重をかける場合、荷重が不安定なパイルジャッキに膨張を防ぐため、油圧ジャッキの位置が日光に当たらないことを確認する。
- j. クイックテスト手順は、究極の計画荷重から5%増の荷重をかける。荷重の追加は究極の計画荷重まで連続的に行う。荷重時間は4～15分。読み取りは杭に荷重をかけた後に行う。
- k. Maintained Test（オプション）では、計画荷重から単杭試験は200%、群杭試験は150%に維持し、最大荷重をかけて試験を行う。荷重の追加は計画荷重の25%で行う。軸方向移動が1時間に0.25mm未満になるように荷重追加を維持する。最大荷重が達成し、合計試験時間が12時間を経過したら、計画的軸方向移動が1時間に0.25mmを超えない時に荷下ろしを実施する。最大荷重が未達成の場合は、24時間まで杭に荷重をかける。荷重をかける際に崩壊した場合、合計軸方向移動が杭の直径または幅の15%になるまでその崩壊荷重または可能な最大荷重を維持する。最終荷重追加の後、最大荷重を25%減らし、1時間間隔で荷重を減らす。
- l. サイクル荷重試験手順（オプション）。一般的には、サイクル荷重における荷重の増加は前述で説明した内容と同じである。設計荷重の50、100、150%で荷重をかけた後、それぞれの荷重を1時間放置し、荷重を増加した際と同じように荷重を減らす。各減らす段階においては、荷重を20分間そのままにする。
- サイクル荷重の手順、ローディング・アンローディング
- サイクル1: 0% 25% 50% 25% 0%。
 - サイクル2: 0% 50% 75% 100% 75% 50% 0%。
 - サイクル3: 0% 50% 100% 125% 150% 125% 100% 50% 0%。
 - サイクル4: 0% 50% 100% 150% 175% 200% 150% 100% 50%
- 各段階の荷重を取り除いた後、取り除く前の段階まで設計荷重の50%増加でさらに荷重をかける。増加間隔は20分。次の段階における荷重の追加は前述の手順通りである。要求された合計荷重をかけた後、前述の通りに当該荷重を維持・取り除く。
- m. すべての杭の試験手順が計画通りに実施されていることを確認する。

4.6.3 PDA 試験による動的方式杭の軸方向試験

PDA 試験は、波動解析法を用いた動的試験の 1 つで、試験対象の杭基礎を再度打撃する試験の性質から、再打撃試験(re-strike) と呼ばれることが多い。

橋梁施工監視要領 4-30