

中華人民共和國
長江堤防補強整備計画
簡易機材案件調査報告書
(先方政府提出用)

平成 11 年 2 月

JICA LIBRARY



J 1151152 (4)

国際協力事業団

JICA
105
61.7
GRO
BRARY

G R O
99 - 116

中華人民共和國
長江堤防補強整備計画
簡易機材案件調査報告書
(先方政府提出用)

平成 11 年 2 月

国際協力事業団



1151152(4)

序文

日本国政府は中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の長江堤防補強整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団が財団法人日本国際協力システムとの契約により簡易機材案件調査として実施しました。

当事業団は、平成11年1月10日から1月16日まで簡易機材案件調査団を現地に派遣しました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成11年2月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

目 次

序 文

第1章 要請の背景	1
1-1 要請の経緯と内容	1
1-1-1 要請の経緯	1
1-2 要請の内容	2
第2章 プロジェクトの内容	5
2-1 プロジェクトの目的	5
2-2 プロジェクトの基本構想	5
2-3 基本設計	6
2-3-1 設計方針	6
2-3-2 基本プロジェクト	7
第3章 事業計画	9
3-1 実施工程	9
3-1-1 実施工程	9
3-1-2 相手国側負担事項	9
3-2 運営維持・管理費	10
第4章 プロジェクトの評価と提言	11
4-1 妥当性にかかる実証・検証および裨益効果	11
4-2 課題	11
付属資料	
資料1 堤防補強工法資料	15
資料2 杭打工法資料	23
資料3 施工計画資料	26

第1章 要請の背景

1-1 要請の経緯と内容

1-1-1 要請の経緯

長江は中国最大の河川であり、流路延長 6,300km、流域面積は 180 万 km² である。流域内には中国全人口の 3 分の 1 が包含されており、中でも、長江中下流平原は、重要な工業・農業地域である。長江流域の主な自然災害は、洪水、浸水、干ばつであるが、中でも洪水による災害は範囲が広く、特に中下流平原地域に集中しており、損失も大きい。

この洪水の一因として、長江上流域の森林伐採があげられている。近年、この伐採により河岸土壌の保水能力が大幅に減少し、大量の雨水と土砂が中下流域に流入・堆積しているため、河床・湖床が上昇し、長江中下流平原で洪水が発生しやすい状況となっている。

中国政府は洪水対策の方針として、長江上流域への植林により、水や土砂の流失を防ぎ、生態環境を改善することをあげ、国家林業局は、長江および黄河流域での自然林の伐採を全面的に禁止し、今後は両河川の上流域の植林を林業政策の柱と位置付け、失われた河岸土壌の保水能力の回復を目指している。

一方、堤防は、長江治水のための基盤施設であり、長江中下流では本流の堤防と支流の堤防からなる堤防工事体系が構築されており、現在堤防延長は約 30,000km で、そのうち本流堤防は 3,600km である。しかしながら、既存の堤防は、施工上の技術不足による堤体断面の安定不足や、漏水などの問題を抱えているにもかかわらず、資金不足などにより、対策がとられていないのが現状である。

中国側は、長江中下流堤防が、約 7,000 万の住民の生命・財産を守ると同時に、長江中下流地域経済の持続的発展と社会の安定にも役立つ重要な施設であり、その補強工事は緊急に必要であるとし、施工が比較的容易で、施工品質が高ければ即効性も十分期待できる、鋼矢板による止水・護岸対策を望んでいる。

本プロジェクトは以上の状況から、我が国の無償協力資金協力による鋼矢板と関係技術及び機材の調達に関する要請がなされたものである。

以上の要請を受けて、日本国政府は、調査の実施を決定し、国際協力事業団は、平成 11 年 1 月 10 日から 1 月 16 日にかけて、外務省、建設省の団員で構成された調査団(以降「現地調査団」とする)を中国に派遣した。同調査団は、先方実施機関との協議、サイト調査を実施し、帰国後国内における検討を経て、協力の基本方針を決定した(以降「基本方針」とする)。

本報告書は、「基本方針」および「現地調査団」により収集された資料を基に作成したものである。

1-2 要請の内容

(1) 対象地域

本プロジェクトによる鋼矢板止水工の候補地点は、以下の点を考慮して選定されている。

- ①例年パイピング等の危険な現象が多い地区であること
- ②長江中下流重要区間の重要堤防であること
- ③鋼矢板施工に適し、交通が便利であること

これにより、長江水利委員会による選定により候補となった地区及びその計画内容は、次のとおりである。

1) 荆江大堤観音寺ゲート地区

湖北省沙市から監利までの荆江大堤は、全長約180kmにも及び、江漢平原における1,100万畝(約7,333km²、1畝=666.7 m²)の耕作地、700万の住民の安全を保っている。荆江大堤は歴史が古く、様々の危険な現象を経てきており、そのうち堤防基礎の浸透変形による現象は、最も危険なものであり、これまでの歴史に残る堤防の決壊は、これら堤防基礎の浸透流によるものであったとされている。観音寺ゲートは、沙市の下流約15kmの所に位置しており、現在のゲートは1962年に建設されたもので、周辺地域への用水路を制御している。本プロジェクトにおいては、このゲートの上下流の区間に鋼矢板を打ち込み、川表遮水を目的とする基礎地盤強化工法を実施するものである。中国側の調査によれば堤防の地層は、沖積層の互層による砂礫層と遮水層となる粘土層が存在しており、鋼矢板による止水壁の深度は15m~20mが必要と推定されている。

本計画では、観音寺ゲートの堤防区間(NO.740+250~741+250)である1kmに、長さ16mのU型鋼矢板による止水壁を施工するとなっている。

2) 黄広大堤汪家洲堤防区間

黄広大堤は長江下流の左岸側に位置し、武穴市盤塘から黄梅県段窯まで全長約87kmで、下流は安師省同馬大堤とつながっている。この両堤防は華陽河流域平原の280万畝(約1,866.8km²)の耕作地、216万人の住民と京九鉄道や合九鉄道などの重要施設を洪水から守っている。

黄広大堤は、武穴盤塘周辺の低い丘陵地帯と、その下流の沖積平野に位置している。地形的には西北から東南へ傾斜し、標高は13.5m~18.0m、区域内の河道標高は8.6m~10.0mである。台地は堤防からかなり離れており、沖積平野の縁部地帯に分布している。この広い平野部には、標高の低い河川敷と、過去の堤防決壊の洗掘による窪地や、決壊口からの沖積扇状地が点在している。

また、中国側の資料によれば、黄広大堤の基礎岩盤標高は、-20mから-101m、堤内外の地盤面標高は14~18mとなっている。一般に堤防基礎の被覆粘土層は薄く、一部には砂質土が露出しており、堤外河岸の崩壊がひどく、危険箇所が多く見られる。止水能力の低い堤防区間は約57kmであり、堤防全長の65%を占めている。

1998年の洪水時に武穴での水位は1954年洪水の最高水位より0.90m高く、発生した危険箇所は702箇所、そのうち大規模なものは96箇所であった。危険と見なされた堤防区間は全長約

11kmであった(表1-1 参照)。

表1-1 1998年黄广大堤危険現象統計表

危険区間の杭標高 ^注	危険区間長 (m)	危険現象の類別
0+050		減圧井戸崩壊
1+370~2+370	1,000	パイピング2箇所、 堤体漏水1箇所
3+400~3+320	80	パイピング2箇所
6+500~7+820	1,320	パイピング4箇所
14+700~15+130	430	パイピング5箇所
24+300		パイピング
31+670~33+480	1,810	パイピング5箇所
57+460~59+865	2,405	減圧井戸崩壊、法面すべり それぞれ1箇所
60+800		パイピング
63+350~63+800	30	パイピング
69+350		パイピング
71+120		パイピング
73+050		パイピング
76+303~77+010	707	ひび割れ、ボーリング孔からの出水 それぞれ1箇所
77+890~78+540	650	パイピング3箇所
80+300~80+880	580	パイピング6箇所
82+600~83+820	1,220	パイピング8箇所
86+900~87+825	925	パイピング2箇所
合計	11,157	

出典：日本国無償資金援助要請案件の補足資料(1999年1月)

①汪家洲堤防区間

汪家洲堤防区間(杭標高31+670~33+480)に長さ10mの鋼矢板止水壁を延長1.81kmに設置する計画となっている。止水壁施工面積は、18,100m²となる。

②楊公ゲート堤防区間

黄广大堤の楊公ゲート堤防区間(杭標高23+800~24+800)には延長1kmに、鋼矢板による止水壁を設置する計画となっている。鋼矢板の長さは16mとし、施工面積は16,000m²となる。

以上の施工箇所による鋼矢板の要請量をまとめると、次の表のとおりである。

^注 杭標高の読み方：杭の標高の標準的な表し方。「+」の左側数字の単位はメートル、右側数字の単位はミリメートルである。例えば、「標高1メートル50ミリメートル」は、「1+050」と表される。

表 1-2 鋼矢板必要量

工区名	施工延長(m)	打設深度(m)	施工面積(m ²)	単位重量 (kg/ m ²)	必要量 (ton)
観音寺ゲート	1,000	16	16,000	146	2,336
汪家洲堤防	1,810	10	18,100	108	1,955
楊公ゲート	1,000	16	16,000	146	2,336
合計	3,810				6,627

(1) 要請内容

1999年1月に中国政府から我が国に対して要請された機材の内容は、次の表のとおりである。

表 1-3 要請機材リスト

資材・機材名称	参考仕様	数量	使用目的
鋼矢板	SP-III A	9,344t	鋼矢板止水壁構築用
杭打ちクレーン	132kw	2基	バイロハンマとの組合せ
バイロハンマ	110kw	2基	杭打ちクレーンとの組合せ
パイプロハンマ	90kw	2基	クローラクレーンに吊す
クローラクレーン	60t 級	2基	パイプロハンマ用
トラッククレーン	25t 級	1基	資材運搬用
マルチファンクショ ンドリル	200kw	2基	ボーリング調査用
掘削機	容量 1m ³ 級 118kw	2基	溝掘削など土工用
ブルドーザ	60t 級 260kw	2基	施工用地整地用
ディーゼル発電機	250kw	2基	パイプロハンマ用
GPS		1基	施工の位置測定用

注：鋼矢板の要請数量は、9,344t であるが、前ページで計算したとおり、長江水利委員会による選定工区に必要な数量は、6,627t となる。

第2章 プロジェクトの内容

2-1 プロジェクトの目的

本プロジェクトは、長江中下流の重点区間において、鋼矢板の設置により堤防を強化し、洪水などの水害による社会的な損失を軽減することを目的としている。

2-2 プロジェクトの基本構想

長江水利委員会の資料によれば、堤防は、長江中下流では本流堤防と支流堤防から構成されており、現在、堤防の全長は約 30,000km、そのうち長江本流堤防は約 3,600km となっている。また、長江中下流域の治水計画によると、長江中下流の堤防は、堤防の重要性、現況の治水能力及び問題点を考え、1954 年の洪水から得た設計水位を基準にして建設されている。大部分の堤防天端高は基準に達しているが、堤体の断面が薄いこと、堤体からの漏水などの問題が普遍的に存在している。1983 年、1991 年、1996 年、1998 年のような大洪水では大量の人力・物力を投入して、堤体内浸透、堤内法面すべり、漏水、崩壊、パイピングなどの安全対策を実施しなければならなかった。応急処理を含めて、これらの対策が不完全であれば、堤防が決壊する可能性が極めて高いとされている。

一般的に、長江中下流平原に分布する沖積層は、上層が厚さ 1~10m の粘土で、その下層はシルト、細砂が主であり、砂層には所々粘土を挟んでいることもある。その下の層は、砂、砂礫、玉石などの透水層であり、河床の露頭で河川水と通じている。洪水位が高い場合、浸透水が透水層を流れる時の損失水頭が小さくなり、裏法尻から数百メートル範囲内の粘土層の下は大きな水圧を受けることになる。粘土層が薄い場合、水圧が粘土層を突き破り、シルト、細砂は水を伴って地表に流出し、このような状況が長時間続くと、砂層は空洞化し、堤防や水門などの構造物の基礎は沈み、破壊に至ることがある。

長江水利委員会のデータによると、長江中下流における重要堤防のうち、基礎が上記地質構造に属し、表層粘土層が薄く、パイピングが発生しやすい堤防区間は約 760km と報告されている。中国ではこれまで、このような堤防の基礎処理に関しては、多くの実績と経験から、主に浸透防止と排水を組み合わせた工法を採用している。実際の工事としては浸透流に対しては押さえ盛土と減圧井戸及び排水溝などがある。浸透流対策の押さえ盛土は、工事量が多く、特に現場での土砂採取が困難であるほか、広大な土地を掘削・占用するとともに、中国側の工事精度が一般的に高くないため、これまでも施工後にパイピング等の危険な現象が発生していた。また、減圧井戸と排水溝は耐用年数が短く、適用範囲も狭いことが報告されている。

現在中国側で使用している浸透流の押さえ盛土と排水を組み合わせた堤防基礎処理方案は、浸透流による破壊の抑制にある程度役立つが、長江水利委員会では、より止水効果の高い垂直止水対策の必要性を考えている。

これまで日本で実施されてきた鋼矢板による止水壁工によれば、本工事の施工は簡単で、施工速度が速く、しかも耐用年数も 50~60 年に達するとされている。また、U 型钢矢板はシルト、細

砂層に 25m 以上深く挿入でき、止水効果も非常に良い。ただし、材料と杭打ち設備の費用が高いことが欠点である。したがって長江水利委員会では、工期が短く、止水性能が高く要求される箇所は鋼矢板による止水壁工とし、通常の施工箇所には従来の矢板注入壁による止水壁工を実施することとしている。

2-3 基本設計

本プロジェクトの基本設計は、中国側より提出された同国における堤防強化の現状、自然・社会条件に関する資料などを考慮し、「基本方針」を基に検討したものである。

2-3-1 設計方針

(1) インフラ整備条件に関する方針

長江の中流域の河港である武漢までは 40 トンクレーン付のコンテナ船が利用されているが、その詳細は不明である。

(2) 輸送方法に関する方針

日本の主要港（横浜及び神戸）から上海を経由し、長江流域の沙市及び九江の工事サイトまで船を利用する。ただし、詳細は不明である。

(3) 期分けに関する方針

詳細は不明である。

(4) 調達品目に関する方針

本プロジェクト実施に対して、中国政府から要請された品目・数量は、表 1-3 に示すとおりであるが、品目のうち調査ボーリング用のマルチファンクションドリルと、鋼矢板の打ち込み位置の測量に用いる GPS に関しては、「基本方針」に基づいて対象外とした。

(5) 調達先に関する方針

本計画で必要とされる資機材は、すべて日本調達とする。

(6) 維持・管理能力に関する方針

詳細は不明である。

(7) 機材の仕様に関する方針

機材の仕様に関しては「基本方針」に従った。

2-3-2 基本プロジェクト

(1) 全体計画

本プロジェクトは、洪水対策に係わる堤防強化計画であるため、緊急性の高いものである。しかしながら、調達された資機材による堤防の強化工事も、雨期の河川水位が上昇している期間は実施が不可能である。また、通常の手続きで、入札準備、機材製作及び輸送に要する時間を考慮すると、中国側が要求しているような、雨期前までに機材を調達し、施工まで実施することは非常に困難な状況にある。

(2) 機材計画

本プロジェクトで調達される機材の仕様・用途は表 3-1 に示すとおりである。

表 2-1 協力の内容・規模

No.	機材名	仕様	使用目的	数量
1	鋼矢板	U型 IIA、IIIA	止水壁に使用 IIA 型は深度 10m の場合に採用 IIIA 型は深度 16m の場合に採用	6,627t
2	三点支持式ロータリ杭打ち機	パイルハンマ組合せ	鋼矢板打ち込み用 パイルハンマとの組合せ	2 台
3	クローラクレーン	80t 吊り級	パイプロハンマと組み合わせる	2 台
4	パイプロハンマ	60kw 級	鋼矢板打ち込み用 ディーゼル発電機を併用	2 台
5	トラッククレーン	25t 級	作業場内での運搬 鋼矢板の運搬など	4 台
6	油圧ショベル	バケット容量 1.0m ³	施工箇所の整地用 杭打ち作業箇所を平坦にする	3 台
7	ブルドーザ	32t 級	施工箇所の整地用 杭打ち作業箇所を平坦にする	3 台
8	発電機	200KVA	パイプロハンマ用	2 台

本プロジェクトの施工箇所は、大きく分けて荊江大堤と黄廣大堤の 2 地区であり、黄廣大堤では汪家洲堤防区間と楊公ゲート堤防区間の 2 箇所となっている。

荊江大堤の観音寺ゲート地区は、止水壁の施工延長が 1km であり、杭打ち長も 16m としているため、パイルハンマによる杭打ちを採用する。

黄廣大堤の汪家洲堤防区間は、杭打ち長は 10m であるが施工延長が、1.8km と長いため、施工

のための機械編成は2チームとする。杭打ち工法はパイプロハンマによるものとする。

黄広大堤楊公ゲート区間は、杭打ち長 16m、施工延長 1km であり、パイルハンマによる打ち込みとする。

(杭打ち工法の選定に関しては、巻末の付属資料参照)

機械の編成・数量は、次の表のとおりである。

表 2-2 各工事における機材配置計画

荊江大堤観音寺ゲート地区	黄広大堤汪家洲堤防区間	黄広大堤楊公ゲート区間
施工延長：1.0km 鋼矢板打ち込み長：16m 打ち込み施工法：パイルハンマ 使用機種： 三点支持式クローラ杭打ち機；1台 トラッククレーン；1台 油圧ショベル；1台 ブルドーザ；1台	施工延長：1.8km 鋼矢板打ち込み長：10m 打ち込み施工法：パイプロハンマ 使用機種： クローラクレーン；2台 パイプロハンマ；2台 トラッククレーン；2台 油圧ショベル；1台 ブルドーザ；1台 発電機；2台	施工延長：1.0km 鋼矢板打ち込み長：16m 打ち込み施工法：パイルハンマ 使用機種： 三点支持式クローラ杭打ち機；1台 トラッククレーン；1台 油圧ショベル；1台 ブルドーザ；1台

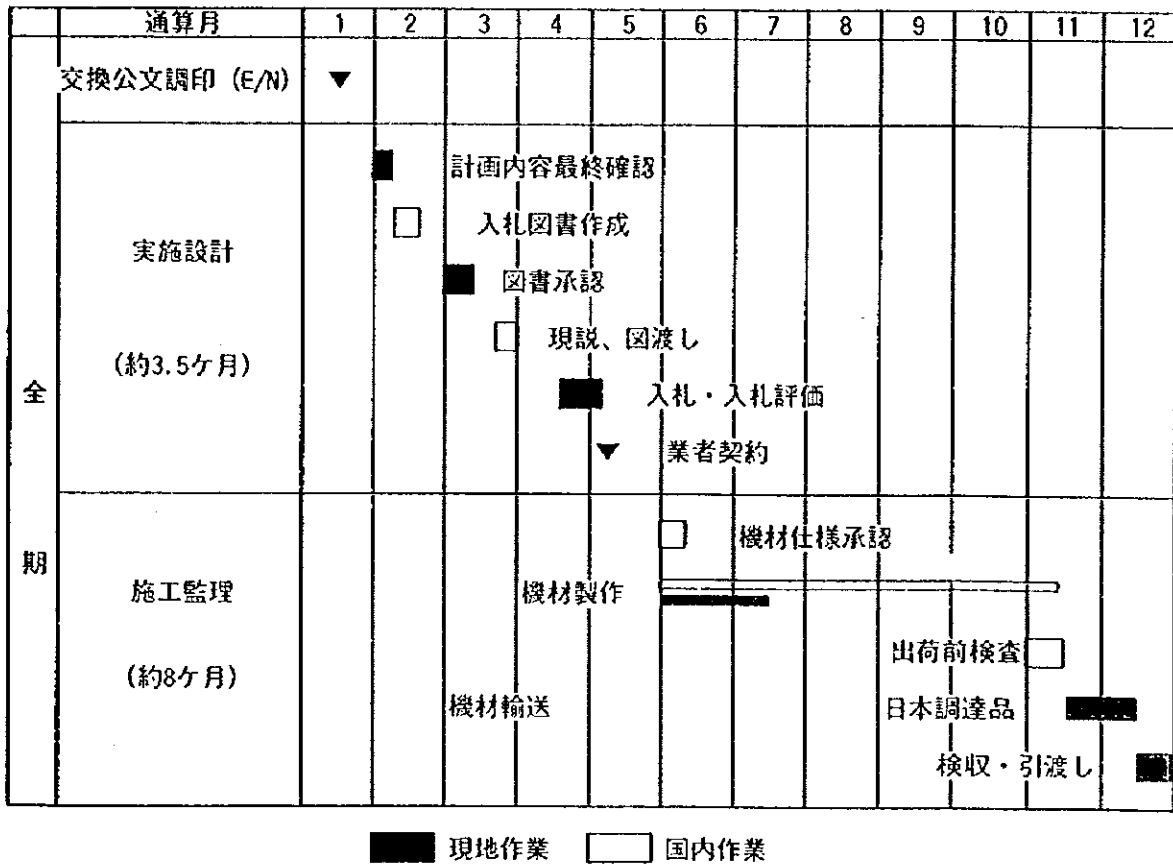
第3章 事業計画

3-1 実施工程

3-1-1 実施工程

本計画の実施工程は表4-1に示すとおりである。

表3-1 実施工程



3-1-2 相手国側負担事項

本事業計画を日本の無償資金協力により実施する上で必要とされる措置については中国側が負担する。必要な措置は以下の通りである。

- 1) 武漢から各工事サイトへの内陸輸送費の負担
- 2) 銀行取極に基づく、銀行業務に関する費用の負担
- 3) 本計画に使用する輸入資機材に係わる税金の処置と通関手続きの履行
- 4) 本計画を実施する日本人の入国及び滞在の許可

- 5) 本計画実施及び実施後の責任機関の組織化及び担当職員を選任
- 6) 本計画実施及び実施後の責任機関の予算の確保
- 7) 施設の建設及び機材の購入・運搬・据付に必要とされる無償資金協力による費用以外に生ずる全ての費用の負担

3-2 運営維持・管理費

中国側の機材の維持管理方法・予算及びレベル等の詳細については十分な情報を得ていないために不明である。

第4章 プロジェクトの評価と提言

4-1 妥当性にかかる実証・検証および裨益効果

本件を実施した場合には下記の効果が期待できる。

- (1) 1998年に発生した大規模洪水による堤防の破損箇所に補強効果を発現する鋼矢板が設置される。
- (2) 長江流域の各地で長年にわたって発生していたパイピングによる堤防の破壊が鋼矢板を活用することによって未然に防止できる。

4-2 課題

本計画は国内調査だけで報告書の作成及び概算事業費の積算を行った。しかしながら、本計画を実施する場合には以下の課題が残されている。

本件は「現地調査団」が中国で協議及び現地調査した結果を基に報告書と概算事業費を取りまとめたものである。特に、機材の選定に関しては現地の状況を把握した上で仕様及び数量を決定する必要があるが、そのような作業は行わず、中国側からの要請を基に「現地調査団」の方針にて決定した。

したがって、今後本計画の施工監理を実施する場合には、詳細な現地調査を行い機材の選定及び仕様の見直しをすることが必要不可欠である。特に、懸念される調査事項を下記に挙げる。

(1) 内陸輸送

長江の河港が最終的な陸揚げ場所となるが、その後の輸送方法が全く不明である。船、トラック、鉄道など、いずれの輸送手段を採用すべきか、調査する必要がある。また、トラックの場合には100ト近い機材や長さ16mの鋼矢板をどのように輸送するのか確認しなければならない。特に、通過する道路事情や橋梁の耐荷能力などの事情について、調査する必要がある。

(2) 現地の地盤状況

施工方法を検討する場合には現地の地盤や土質を把握しなければならない。特に、湿地の多い現場では重量施工機械の活用が可能か、検討する必要がある。また、正確な地盤情報がなければ、鋼矢板の止水効果が検討できない。また、周辺に及ぼす環境への影響(特に地下水に与える影響)も把握できない。

(3) 関連資機材の確認

今回調達する機材はあくまでも遮水工において中心的なものだけであり、堤防の補強工事を実施するために必要な機材全てが含まれているわけではない。別添(付属資料-3、4)に示す関連資材や本計画で調達する機材に必要な付属品が中国側で保有されているか、また、保有され

ていない場合はそれらの調達可能性を確認する必要がある。

(4) オペレーターの能力

大型特殊機械を調達する場合にはこれらの機械を十分操作できるオペレーターが必要である。現状ではこの種の情報が不明である。

(5) 全体計画

今回、日本側に要請された工区は全体計画の約 30%程度であり、中国側がその後どのような実施計画（本計画により調達される機材の活用計画を含む）を有しているのか確認する必要がある。

(6) 維持管理

調達された機材を維持管理する体制が整備されているか確認する必要がある。

(7) その他の堤体補強

鋼矢板の設置以外にも、堤体の補強を実施しなければ、完全な効果が得られない。

付 屬 資 料

資料 1 堤防補強工法資料

資料 2 杭打工法資料

資料 3 施工計画資料

1. 堤防補強設計の基本方針

1.1 基本的な方針

土堤を原則とする河川堤防は、計画高水位以下の流水に対して安全な構造とするよう求められている。したがって、河川堤防は浸食と浸透の作用に耐える機能を保持している必要があり、浸透に対して安全な構造とすることは、河川堤防の重要な機能のひとつを確保することになる。

一方、河川堤防の現状をみると、過去の被災などの事例から明らかなように、計画高水位以下の流水の作用に対しても必ずしも安全性が確保されているわけではない。また、ダム建設や河道整備の効果が期待できない河川あるいは河道も少なからずあり、危機管理への対応という今日の社会的な要請に応えるためには、計画規模を上回る洪水に対しても被害の最少化を図る方策、特に人命に関わる被害の回避を図るための方策を講ずることが河川管理者の重要な課題といえる。

上記のことから、浸透に対する河川堤防の構造設計に当たっては、計画高水位以下の水位に対しては無論のこと、それ以上水位についても所要の安全性を有するよう検討する必要がある。

1.2 設計の流れ

浸透に対する河川堤防の設計の流れは図 A2-1 に示すとおりであり、以下3項目の必要事項が完了されなければならない。

- (1) 基本断面形状の設定
- (2) 安全性の照査
- (3) 強化工法の設計

(1)の基本断面形状の設定とは、現行の計画堤防断面基準を基にその基本諸元を定めるために、洪水時の諸条件(流量、流速、河川横断形状、地層構造など)に対応した堤防の横断面形状を設定することである。(2)の安全性の照査は、(1)で設定した基本断面形状に対して行うもので、堤体および基礎地盤をモデル化し、外力などの照査条件を設定した上で数値計算を行い、その結果を照査の基準と照らし合わせて安全性を照査するものである。また、(3)の強化工法の設計は、(2)の安全性照査により所要の安全性が確保できないとされた断面を対象に、適切な強化工法を選定し、規模や材料を設定した上で(2)と同様の方法で安全性を確認し、必要に応じて工法や規模などの見直しを行うことにより、最終的に浸透に対して安全な断面構造を決定しようとするものである。

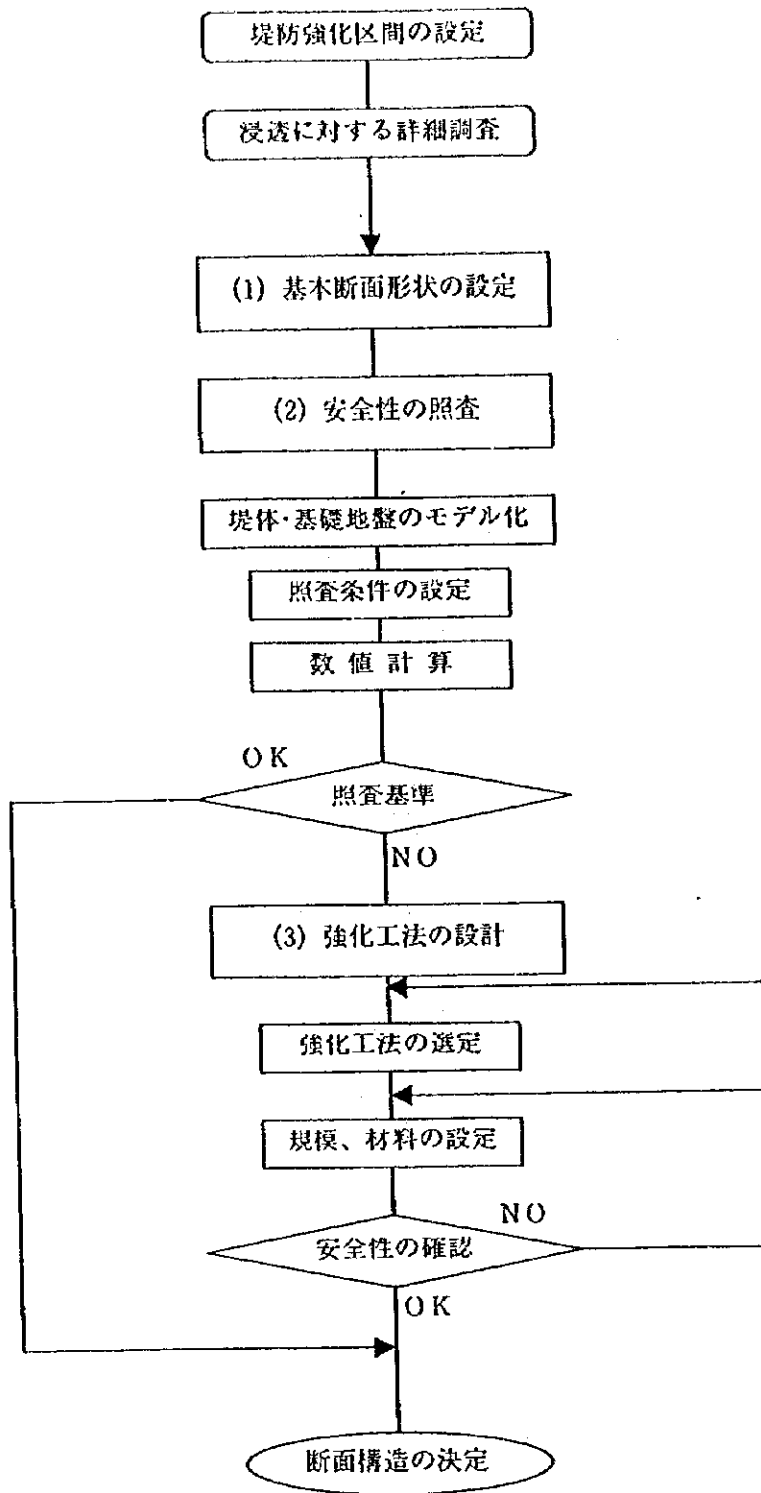


図 A2-1 浸透に対する河川堤防の構造設計の流れ

2. 強化工法の設計の考え方

2.1 浸透に対する堤防強化の考え方

河川堤防の浸透による被害のメカニズムを考慮すると、堤防の質的強化を図る基本的な考え方は次のとおりである。

- －堤体にはせん断強さの大きい材料を使用する(堤体のせん断強さを増す)
- －堤体内に降雨および河川水を入れない(降雨および河川水の浸透を抑制、防止する)
- －堤体内に浸透した水(降雨および河川水)を速やかに排水する
- －堤体および基礎地盤の動水勾配を小さくする(特に裏法尻近傍)

浸透に対する堤防強化にあたっては、以上の考え方を基本に、洪水の特性、築堤の履歴、土質特性、背後地の土地利用状況、効果の確実性、経済性および維持管理などを考慮して適切な工法を選定し、決定する必要がある。

2.2 強化工法の設計手順

河川堤防の浸透に対する強化工法の設計手順は図 A2-2 に示すとおりで、先ず安全性照査の結果にもとづいて強化対象区間を設定する必要がある。次に強化対象区間の諸条件、すなわち、－洪水特性、－堤防の現況、－背後地条件などを整理し、強化工法を一次選定する。ここで一次選定とは、当該区間に適用が可能と判断される工法を選定することで、浸透に対する安全性の阻害要因を十分に分析するとともに、浸透以外の侵食あるいは地震に対する対策が別途必要な場合には、浸透対策との調整も考慮しておく必要がある。

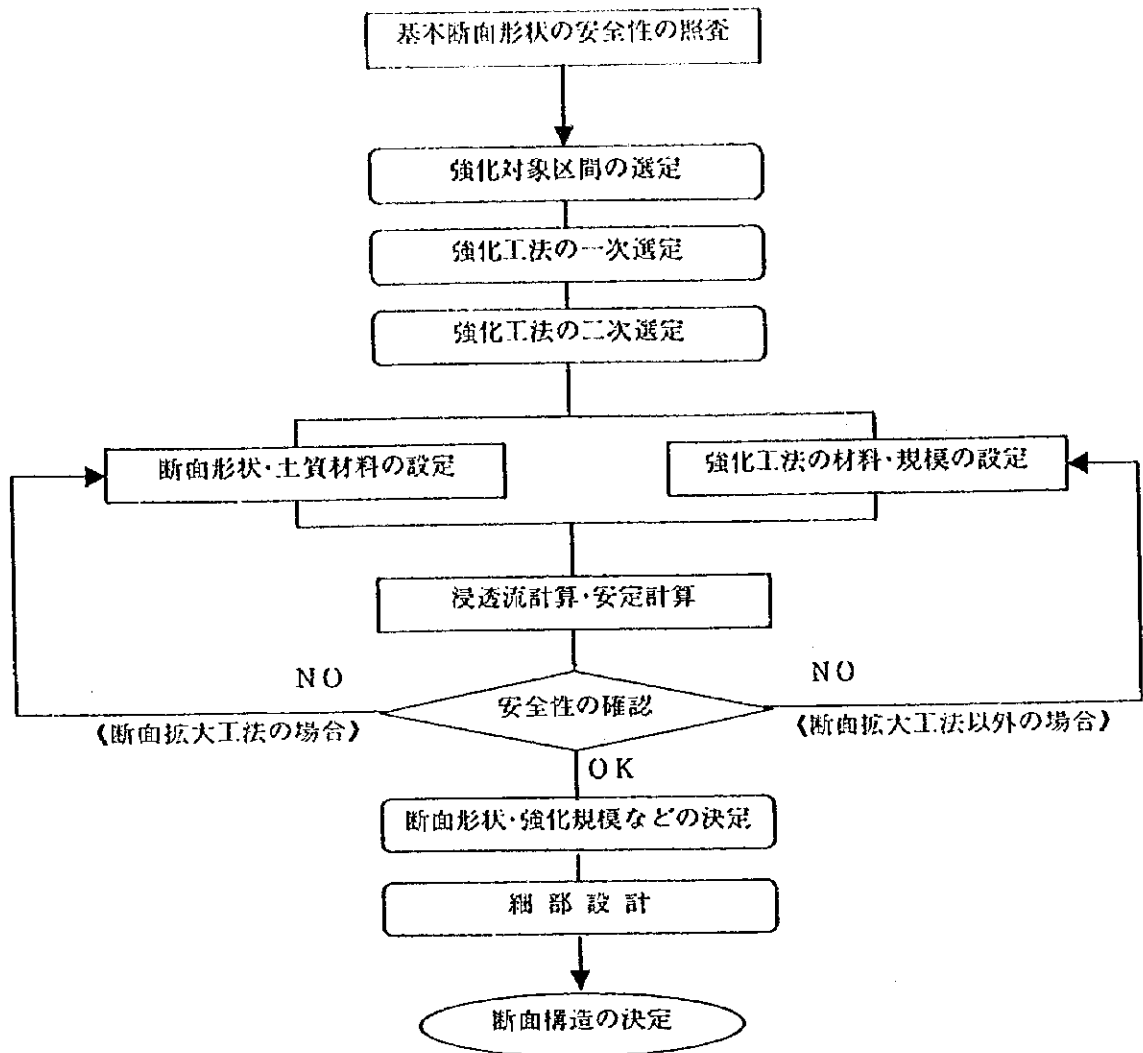


図 A2-2 浸透に対する堤防強化工法の設計手順

設計は一次と二次の2回に分けて行う。一次選定の段階では、強化工法を一つに絞り込む必要はない。考えられる工法を挙げ、その中から明らかに適用が困難と判断できるもの、非現実的と思われるものを除外すればよい。一般に考えられる工法は、堤防の幅を広げて法面を緩傾斜とする断面拡大工法がある。この工法は、既設の堤防や基礎地盤とのなじみがよく、環境面や維持管理面でも有利となるので、用地の制約が厳しい区間を除けば、優先的に選定することが望ましい。

強化工法の二次選定では、一次選定された複数の強化工法を当該区間の断面に適用し、前述の安全性の照査方法に準じて強化工法の規模や材料を検討し、維持・管理を含めて最適の工法を決定することである。ここで所定の安全性が確保できる工法とその規模や材料が決定できれば、最終的には細部設計を実施して断面構造を決定し、強化工法の設計を終了することになる。

2.3 強化工法の種類とその効果

河川堤防の浸透に対する強化工法は表 A2-1 のように整理することができる。すなわち、浸透に対する強化工法は、大きくは堤体に対するものと基礎地盤に対するものに分けられるが、前者には、堤体の動水勾配を低減するとともに、すべり破壊に対する安全性を増すための断面拡大工法、降雨や河川水の堤体への浸透を防止、抑制するための被覆工法（表法被覆工法と全面被覆工法）、および堤体への浸透水を速やかに排水することを目的としたドレーン工法がある。このドレーン工法に関していえば、堤体の裏法部のせん断強さを増すことにもなる。

一方、後者は主として河川水の基礎地盤への浸透を抑制、防止することに期待したもので、川表法尻に鋼矢板などを打設する川表遮水工法、高水敷などの表面の透水性低下を図るためのプランケット工法のほか、裏法尻近傍の浸透圧を低下させるためのウェル工法やドレーン工法などがある。

2.4 川表遮水工法

以上のように堤体を対象とした浸透に対する強化工法について特性や施工上の留意点を述べてきたが、次に基礎地盤を対象とする代表的な浸透対策の一つである川表遮水工法について記述する。

1) 構造の基本

川表遮水工法の基本的な構造は図 A2-3 に示すとおりで、川表法尻付近の基礎地盤に遮水壁を設置し、河川から基礎地盤に浸透する水量と水圧を軽減し、パイピングの防止を図る工法である。この工法は基礎地盤が透水性地盤の場合に適用するが、透水層が厚いと遮水壁の根入長を長くする必要があるので、経済性や施工性が問題となり、このような場合には他の工法との併用も検討すべきである。

2) 遮水工法の決定

遮水工法は矢板工、連続地中壁工およびグラウト工に大別できるが、それぞれの特徴などを整理すると表 A2-2 に示すとおりである。

3) 施工上の留意点

矢板工法は効果が大いといわれる反面、継目から相当量の漏水のあることも報告されており、継目には止水を施す必要がある。また、矢板工法や連続地中壁工法では、一定面

積の施工スペースと重機や機材の搬入路が必要となる。特に後者の場合は施工機械が大規模なことが普通で、矢板工法のそれ以上に広いスペースが必要となり、また施工地盤面の支持力についても検討しなければならない。

表 A2-1 浸透に対する堤防強化工法の種類と原理・効果

	代表的な工法	強化の原理・効果
堤体を対象とした強化工法	断面拡大工法	<ul style="list-style-type: none"> -堤防断面を拡大することにより浸透路長の延長を図り、平均動水勾配を減じて堤体の安全性を増加させる。 -法勾配を緩くすることによりすべり破壊に対する安全性を増加させる。 -川裏法尻近傍の基礎地盤のパイピングを防止する押え盛土としての機能も兼ねる。
	ドレーン工法	<ul style="list-style-type: none"> -堤体の川裏法尻を透水性の大きい材料で置き換え、堤体に浸透した水を速やかに排水する。 -堤体内浸潤面上昇を抑制し、堤体のせん断抵抗力の低下抑制する。 -法尻部をせん断強度の大きいドレーン材料で置き換えるため安定性が増加する。
	表法面被覆工法	<ul style="list-style-type: none"> -表法面を難透水性材料(土質材料あるいは人工材料)で被覆することにより、高水位時の河川水の表法からの浸透を抑制する。
	全面被覆工法	<ul style="list-style-type: none"> -堤体全体を難透水性材料(土質材料あるいは人工材料)で被覆することにより、降雨および高水位時の河川水の堤体への浸透を抑制する。
基礎地盤を対象とした強化工法	川表遮水工法	<ul style="list-style-type: none"> -川表法尻に止水矢板等により遮水壁を設置することにより、基礎地盤への浸透水量を低減する。
	ブランケット工法	<ul style="list-style-type: none"> -高水敷を難透水性材料(主として土質材料)で被覆することにより、浸透路長を延伸させ、表法尻近傍の浸透圧を低減する。
	ウェル工法(排水井戸工法) ドレーン工法(排水溝工法)	<ul style="list-style-type: none"> -基礎地盤からの浸透水を表法尻に設置した排水井戸や排水溝等で排水することにより、表法尻近傍の浸透圧を低減する。

表 A2-2 川表遮水工法の種類と特徴

分類	工法	特徴
矢板工	鋼矢板工法	<ul style="list-style-type: none"> ・施工性に優れ、多用されている。 ・継目からの漏水があり、特に礫質土を対象とした場合には継目が開口し、効果が減少することがある。
	コンクリート矢板工	<ul style="list-style-type: none"> ・RC 矢板や PC 矢板がある。長さは 5m 以内に限られ、使用実績は少ない。
	薄型鋼板止水壁工法	<ul style="list-style-type: none"> ・幅広の薄型鋼板をパイロンとウーラーを併用して打設し、継目にグラウト材を充填して止水性を確保する。 ・鋼矢板に比較して経済性と止水性に優れているが、薄型のため無理な貫入ができず、地盤によっては施工性が問題となる。
連続地中壁工	スラリートレンチ工法	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤にトレンチを掘削し、掘削土にベントナイトとセメントを加えた混合液で埋め戻して遮水壁をつくる。 ・スラリートレンチ内に止水材として軟質塩化ビニールシートを加え止水性を高める工法も開発されている。 ・海外ではフィリピンや河川堤防の遮水壁としての実績はある。中国国内での実績はほとんどないが、経済的で施工性もよく、多様な地盤に適用できることに利点がある。
	コンクリート壁工法	<ul style="list-style-type: none"> ・トレンチを利用してコンクリート壁を構築するものであるが、経済性や施工性から河川ではほとんど実績はない。
グラウト工	セメント系グラウト工法	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎地盤にセメントミルクや止水性の薬液を圧入するもので、施工は容易であるが、止水効果や耐久性について不明な点がある。
	薬液注入工法	

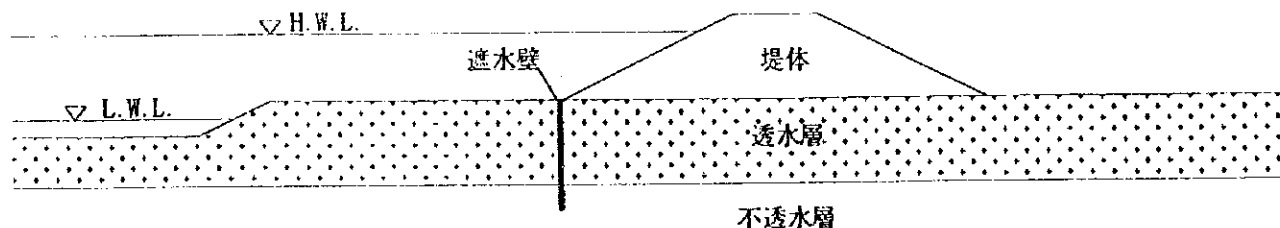


図 A2-3

川表遮水工法の基本的な構造

付属資料-2 杭打ち工法資料(出典：トーマン建機(株)資料 1999年2月)

既製杭施工機械は、杭の打抜方式により、衝撃または振動を利用した動的方式と、圧入または掘削などを利用した静的方式に大別される(表**参照)。これら杭打機の最近の傾向は、生活環境保全の高まりから、騒音・振動をより少なくした公害対策形機種、海上施工などの基礎杭の長大化に対応した油圧パイルハンマや、超大型の振動パイルハンマがみられる。

また油圧駆動の機種が増えているのも特色である。

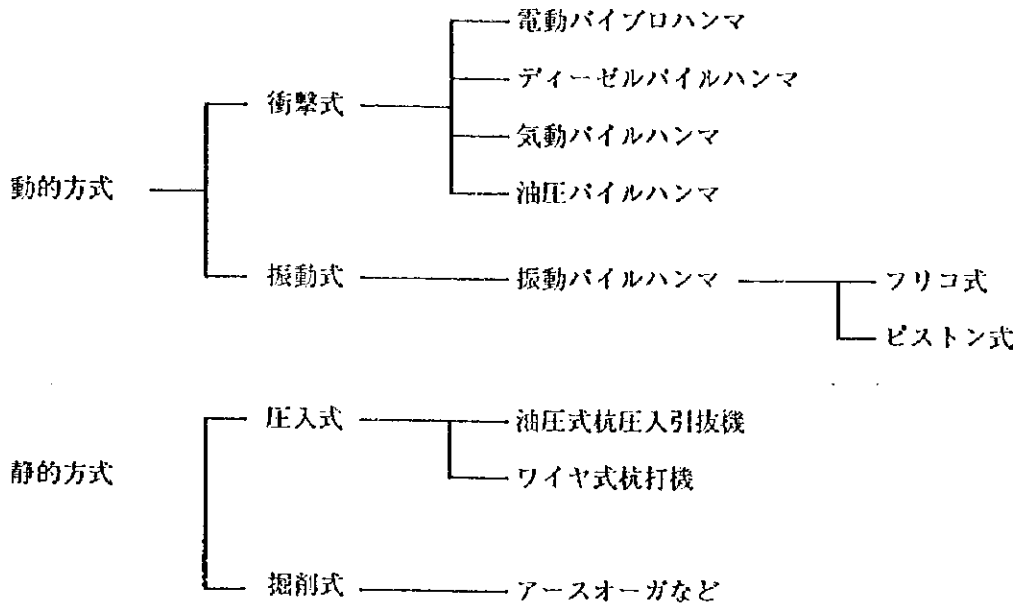


図 A2-4 既製杭打抜方式と施工機械

1) ディーゼルパイルハンマ

起動性、経済性、施工能率などの優れた利点のため、既製杭打込みの主力機械として昭和 35 年頃から急速に普及した。現在、ラム重量 1.3t 級から 8t 級までシリーズ化されている。

作動原理は、2サイクルディーゼル機関と同じで、ラムの落下最終行程による打撃力ならびに爆発力によって杭を打込むと同時にラムを上方に押し上げる動作を繰り返す。

2) 振動パイルハンマ

主として鋼矢板、H鋼、鋼管、コンクリート矢板などのパイルに上下震動を与えて、打込みと引抜きを行う機械で、実用化されて 30 年以上経ているが、高能率で優れた経済性から現在も数多く使われている。機種も豊富で、杭種、工法などにより、幅広い選択がで

きる。

作動原理は、偏心重錘（フリコ）を電動モータ、油圧モータなどで回転させて振動を発生させるフリコ式と、公害対策形として建設省と民間企業が共同開発した油圧シリンダのピストンロッドを高速（20～60Hz）に往復運動させて振動を発生させるピストン式（油圧式可変超高周波型）がある。またフリコ式の欠点である起動・停止時の共振を解消した無段階可変モーメント型も普及してきている。

3) 気動パイルハンマ

蒸気または圧縮空気を動力源としたドロップハンマで、約 50 年前から使われ、現在、打撃本体が 6t から 125t までシリーズ化されている。作動方式により打撃体を自由落下させる単動式と強制作動させる複動式に分けられる。

4) 油圧パイルハンマ

昭和 54 年に日本で国産化に成功し、以後各社が製品の改良およびシリーズ化に取組み、現在では、ラム重量 2t から 180t 級までシリーズ化されている。作動原理は、高圧の作動油により、ハンマ本体に取付けてある油圧シリンダによるラムを所定の高さまで引き上げたのち、作動油を急速に解放し、ラムを自由落下させて杭を打撃するものである。

この他、ダブルアクション機構を有し、油圧および高圧ガスでラムを下向きに強制的に加速させ杭を打撃するものがある。

5) 油圧式杭圧入引抜機

昭和 50 年代から、主として鋼矢板の施工機械として普及し、打込まれた杭を反力として油圧シリンダの上下運動で杭の打抜きを行なう。また最近では、コンクリート矢板、鋼管矢板を打抜きできるものもある。

6) その他の杭打機

ウォータージェットは、杭打抜機と併用して使われ、杭の先端に取付けたノズルから高圧水を噴射し、地盤の抵抗を減らして打込みを容易にする。

現在、吐出圧力が、4.9～20 MPa、吐出流量が、100～1,200 lit/min のものが普及している。

鋼矢板打ち込み施工法選定

鋼矢板を打ち込む際の施工法は、通常、図 A2-5 のフローによって選定される。

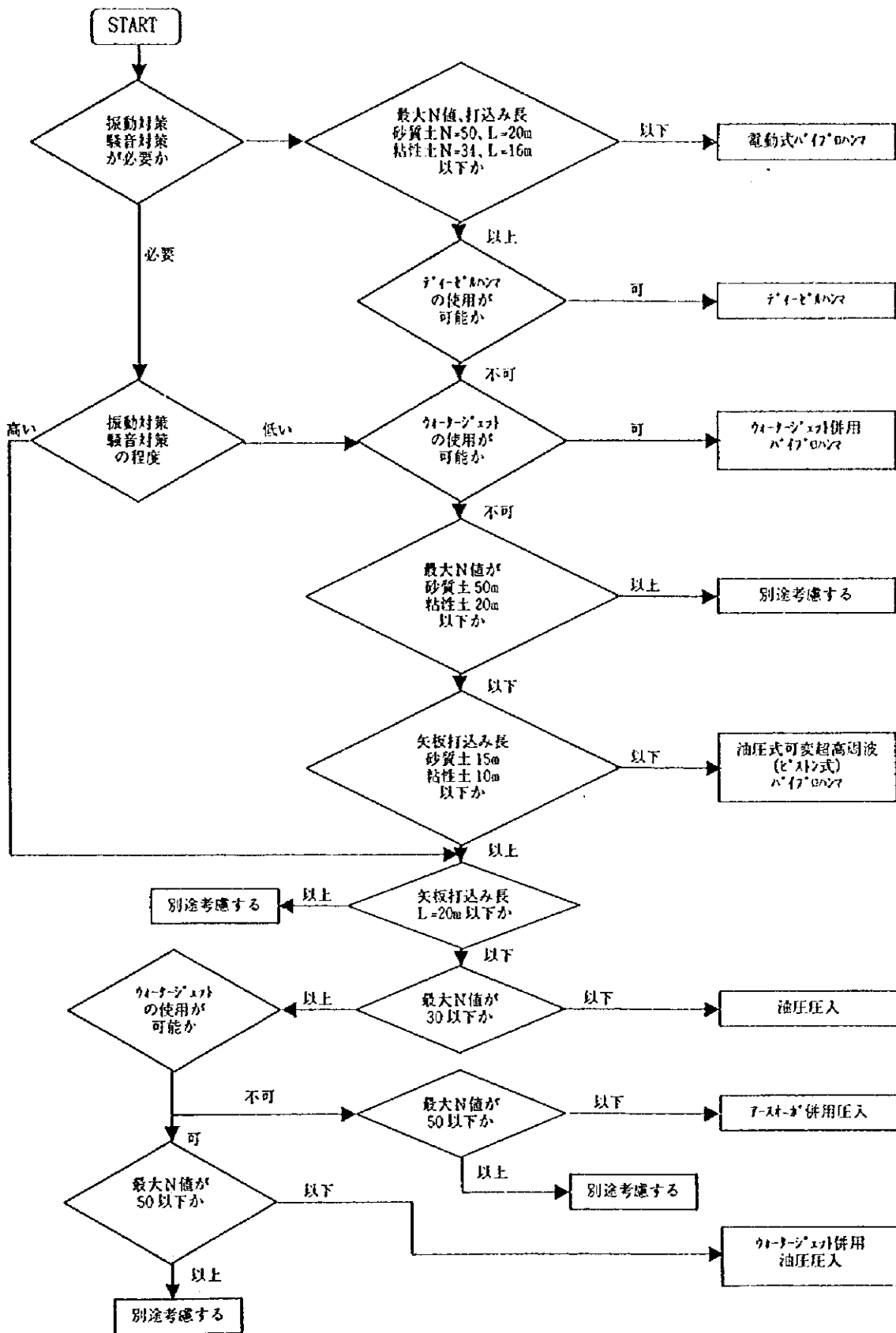


図 A2-5

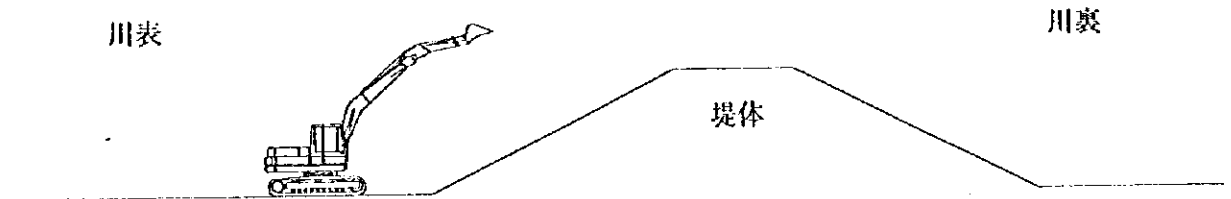
鋼矢板打ち込み施工法選定フロー

付属資料-3 施工計画資料(出典：トーマン建機(株)資料 1999年2月)

鋼矢板打ち込みの作業工程は、次の通りである。

1. 電動バイプロハンマによる打ち込み

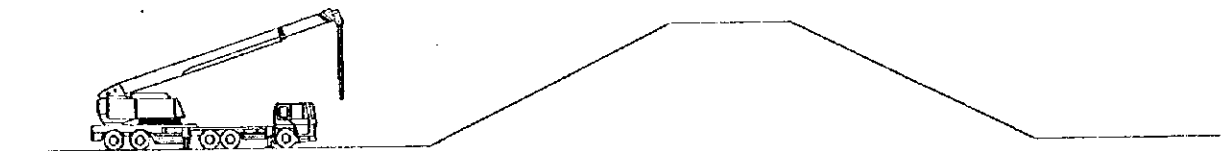
(1) 油圧ショベルによる堤体復旧・整形



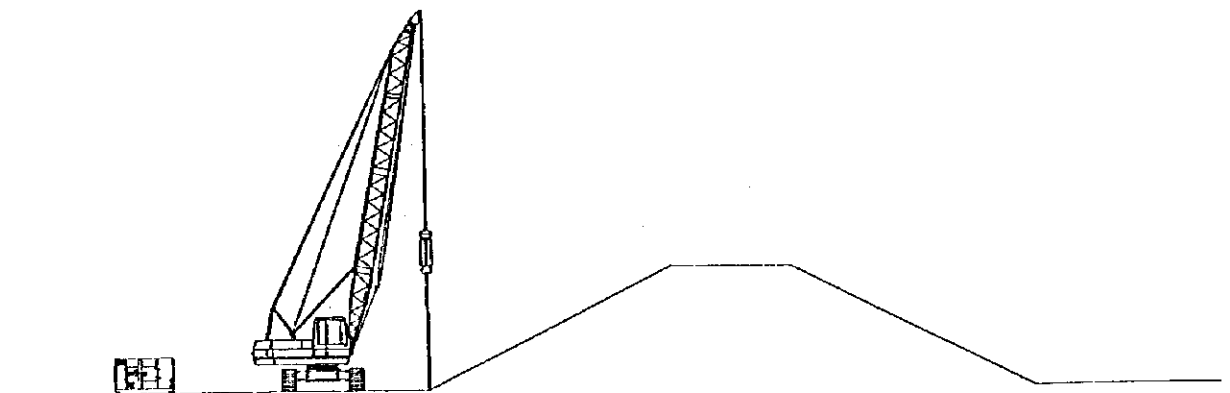
(2) ブルドーザによる作業エリア整地



(3) トラッククレーンによる資材運搬

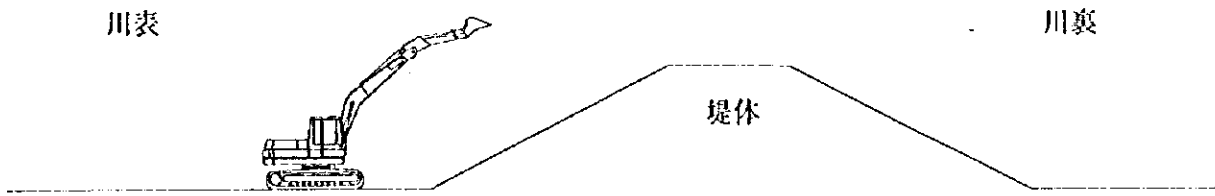


(4) 電動バイプロハンマによる鋼矢板打ち込み



2. パイルハンマによる打ち込み

(1) 油圧ショベルによる堤体復旧・整形



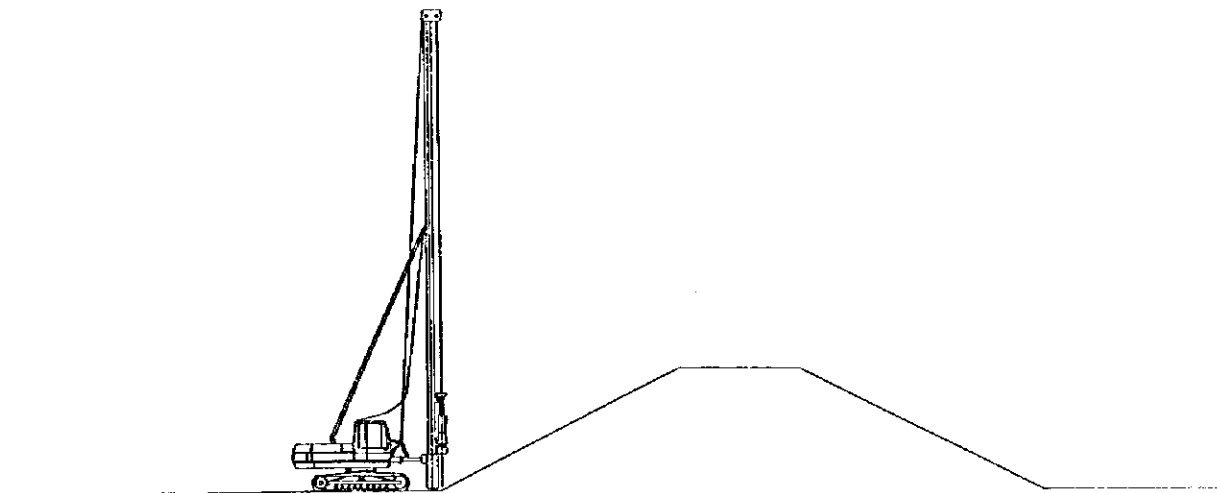
(2) ブルドーザによる作業エリア整地



(3) トラッククレーンによる資材運搬



(4) パイルハンマによる鋼矢板打ち込み



JICA