タイ政府洪水防止計画と工業団地堤防

主要な工業団地における洪水防止堤防の建設状況について

桑原　健　Takeshi Kuwabara
リスクエンジニアリング事業本部
グローバル業務部長

はじめに

2011 年、タイ国チャオプラヤ川流域で大規模な洪水が発生し、多くの日系企業の生産拠点が壊滅的な損害を被った。チャオプラヤ川流域の洪水災害の深刻化は急速に進んだ都市化や工業団地の開発に伴う側面もあり、再発防止には流域の上流から下流に至る治水計画の全体的な見直しが必要である。2011 年の洪水を受け、タイ政府はチャオプラヤ川流域の統合治水計画事業を進めているが、事業は国際入札の過程であり、その完成は相当先になると思われる。

一方、タイ政府は洪水収束直後から洪水災害の再発を防ぐアクションプランを立て、これまでに計画を実行している。その一つとして、罹災した工業団地の周囲に洪水防止堤防を建設する工事が 2012 年初めから進んでいる。これらの堤防の建設はチャオプラヤ川流域の洪水危険を抑制するものではないが、工業団地への洪水氾濫を直接防ぐ手段となり得る。2011 年の洪水後も多くの企業は同じ場所で事業を復旧し、現在では洪水前に近い水準に戻っている。当社は昨年来、工業団地への洪水氾濫を防ぐ最後の砦である洪水防止堤防の建設状況について、定期的に情報を収集してきた。

本レポート[1]では、タイ政府のアクションプランを紹介するとともに、主要な工業団地の洪水防止堤防の完成状況について紹介する。

1. タイ政府の洪水防止「緊急計画」の概要

タイ政府は 2011 年の洪水が大規模な災害に至った背景とし、上流森林域における保水機能低下、流域内の統合的な治水計画の欠如、指揮命令系統の不統一、降水の予知や警報に資するデータベースの欠如など複合的な要因を挙げている。その認識の下、河川上流域から河口域まで統合的な治水を「水管理に関する国王のイニシアチブ」として行う青写真を描いている。具体的には「Thailand’s Future Development and Water Management Plans （タイ国の開発と水管理計画）」として表 1 に示す 12 項目の実施をアクションプランとして公表している。

[1] 本レポートに掲載する写真は、写真 3、写真 12、写真 17 を除き、当社撮影

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

表 1　タイ政府水管理計画におけるアクションプラン 12 項目[2]

Immediate (6 Months) → Medium (1-3 Yrs) → Long (3-5 Yrs)

	Action	Immediate (短期)	Medium Plan (中期計画)	Long-term Plan (長期計画)
1	Dike in industrial Parks(工業団地の堤防)	X		
2	King Dike(国王の堤防)	X		
3	Dredging River Delta(河川デルタの浚渫)	X		
4	Road Rehabilitation(道路の改修)	X		
5	Water Detention Area(水阻止エリア)	X	X	
6	Raising Level of Highway(ハイウェイの高架)	X	X	
7	River/Canal Dredging(川、運河の浚渫)	X	X	
8	Upgrading Logistic Routes (ロジスティクス・ルートの整備)	X	X	X
9	New Dam / Reservoir(新しいダム／貯水池)		X	X
10	New Flood Way(新しい放水路)			X
11	Single Command Center(単一指揮センター)	X		
12	Forecasting and Warning Systems (予報と警告システム)	X	X	

各項目は「緊急的に実施する項目（短期)」、「中・長期的に実施する項目（中期計画・長期計画)」に分かれており、その対象はチャオプラヤ川流域全域に及んでいる[3]。タイ政府が実施するこれらの総合的な治水対策により、タイ経済に大きな影響を与える工業団地への洪水氾濫を幾重もの対策により防止するとしている（図 1)。

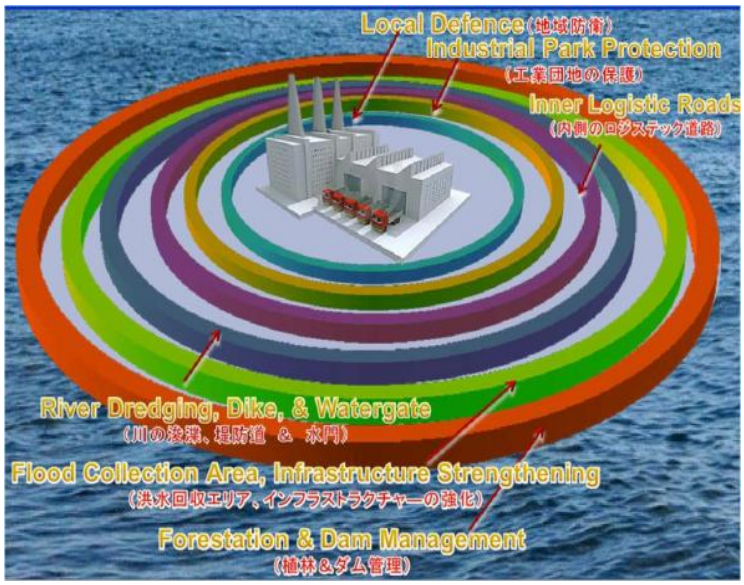

図 1　工業団地への洪水氾濫を防ぐ幾重もの対策[4]

中・長期的な治水計画のうち､河川改修や貯水ダム、放水路の新設・改修については、大規模治水事業の一環としてタイ政府による国際入札が進んでいる。事業発注は 10 の発注区分に分かれ入札プロセスが進んでいる。2012 年 9 月に第 1 次審査を通過した応札企業グループのリストが発表された後、2013 年 2 月に第 2 次審

[2] タイ政府水管理計画　タイ政府運輸省　タイ経済と日本企業に関連する洪水後の投資環境　セミナー資料　2012.3.7 東京
[3] 各項目の内について、該当する短期、中期、長期区分を「×」で示している
[4] タイ政府水管理計画　タイ政府運輸省　タイ経済と日本企業に関連する洪水後の投資環境　セミナー資料　2012.3.7 東京

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

査により、15 のタイ企業と 16 の海外企業から構成された 6 企業グループが選定されている。6 企業グループは水管理計画の基本コンセプト案をタイ政府に提出し、5 月以降に落札グループが順次決定される見通しである。

アクションプランの項目で短期的に実施するものとして、河川からの洪水を阻止する河川の浚渫や河川堤防の整備、洪水を安全な場所で一次滞留させる遊水地の整備が実施されている（写真 1、写真 2）。さらに、工業団地内への洪水氾濫を直接防止する手段として、工業団地周囲への洪水防止堤防の建設を行っている。河川改修等の進捗度合いについての情報公開は必ずしも十分ではなく、その状況を把握し難いが、工業団地の洪水防止堤防の建設は、各工業団地がホームページなどを通じて工事の進捗を積極的に公表している。次章では、洪水防止堤防の状況について述べる。

写真 1　バンカディ工業団地東側河川堤防建設
（2012 年 11 月撮影）

写真 2　河川堤防設置完了（写真 1 と同位置）
（2013 年 1 月撮影）

2. 洪水防止堤防の建設状況

2.1. 洪水防止堤防の概要

2011 年の洪水では、バンコク近郊からアユタヤにかけた 7 工業団地（計 839 社）[5]で洪水による冠水被害が発生した。これらの工業団地では、タイ政府支援の下、工業団地を取り囲む洪水防止堤防建設が計画され、雨季が始まる 2012 年 9 月までの実質完成を目指し急ピッチで建設工事が実施されてきた。これら工業団地の総敷地面積は 3,530ha（東京ドーム建築面積の約 750 倍）にも及ぶが、洪水防止堤防はそれぞれの敷地全周に設置することが必要である。

[5] Industrial Estate Authority of Thailand –IEAT によると、冠水した 7 工業団地（サハラナコン、ハイテク、バンパイン、ロジャーナ、ファクトリーランド、ナワナコンおよびバンカディ）には計 839 社が立地し、その内、81% （684 社）が 2012 年 9 月時点で操業（部分操業含む）を再開している。

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

図 2　バンコク近郊工業団地位置図[6]

当社では、洪水防止堤防の仕様や建設状況の確認を目的に、2012 年 9 月から 2013 年 1 月にかけて、4 つの工業団地について資料収集や現地調査を実施した。堤防の構造や高さ、工業団地への進入道路の閉止方法など、洪水防止堤防の仕様は工業団地により異なる。表 2 は、2011 年洪水位や建設中の洪水堤防の仕様を工業団地ごとにまとめたものである。これによると、最も小規模なバンカディ工業団地でも堤防の総延長は 9km を超え、3 つに分散した工業団地からなるロジャーナ工業団地では総延長は 74km に近い。堤防の高さは 2011 年の洪水位に 50cm から 1m の余裕高を加えて計画している。堤防の型式は工業団地や施工区間により異なるが、プレストレスコンクリート矢板（PC 矢板）を止水壁とする堤防、盛土による堤防構築、控え式コンクリート擁壁（RC 擁壁）、プレストレスパネルと親杭・控え盛土による堤防が採用されている。

表 2　主要な工業団地と洪水防止堤防[7]

工業団地名		敷地	工場数	2011 洪水	洪水防止堤防								
					堤防高・延長			主構造				事業費 注3)	
		ha	区画	洪水位	天端高	余裕高	延長	PC 矢板	PC板 親杭	土堤	RC 擁壁	建設費・(単価)	
				標高(m)	標高(m)	m	m					M-THB	THB/m
1	ハイテク	391	153	4.90	5.40	0.50	13,000			●		558	42,923
2	ロジャーナ	1,456	213	5.03	6.05	1.02	73,593	●				2,030	27,584
3	ナワナコン	1,040	230	4.70	5.50	0.80	17,727	●				1,102	62,165
4	バンカディ	196	44	4.03	5.00	0.97	9,430		●		●	583	61,824

2.2. 洪水防止堤防の建設状況

2012 年 11 月から 2013 年 1 月にかけて表 2 に示す 4 つの工業団地について、洪水防止堤防の建設状況を確認した。表 3 は、洪水防止堤防の施工部位別に工事進捗状況をまとめたものである。洪水防止としての堤防機能は完成しており、確認日時点では、のり面防護や仕上げ工事、管理用道路など付帯施設、不具合箇所の補修などが施工されていた。

[6] Google Earth Pro をもとに当社作成
[7] Industrial Estate Authority of Thailand –IEAT および各工業団地のホームページ等をもとに当社で作成

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

表 3　洪水防止堤防　建設進捗状況[8]

施工工程　進捗							
土堤防	確認時期	盛土	のり防護	路盤			
1 ハイテク	2013年1月	完了	一部残 施工中				
PC矢板	確認日	矢板	控盛土	キャップ	出入口	仕上	
2 ロジャーナ	2012年11月	完了	完了	完了	完了	施工中	
3 ナワナコン	2013年1月	完了	完了	一部残	完了	施工中	
親杭+PCパネル・RC壁	確認日	親杭	PC板	控え盛土	舗装・仕上	RC擁壁	出入口
4 バンカディ	2013年1月	完了	完了	完了	施工中	完了	注1)

注1): 洪水発生時には出入り口に土堤を築く計画(出入り口舗装面 + 1.5m程度)であり、通常は開放状態である。

2.3. ハイテク工業団地

ハイテク工業団地はバンコクの北約 45km に位置し、391ha の敷地に 153 企業が立地する。工業団地は従来から周囲に設置されていた土堤防（堤防天端標高 3.80m、構内道路標高 2.3m）によって洪水から防護されていたが、2011 年の洪水は堤防を越水し堤防破堤に至り、団地内全域が冠水し、洪水位は標高 4.9m に達した。構内の標高は、道路が 2.3m、工場区画が 2.6m であり、工場建物では 2.3m 前後の浸水深さであったと推測される。

写真 3　ハイテク工業団地全景[9]

ハイテク工業団地では、工業団地全周囲に盛土による堤防を築いている。新しい堤防は、既設堤防の大幅な強化（堤防高さおよび堤防幅の増、堤体の締固め、のり面防護等）を図る形で建設されている。2011 年の洪水位（標高 4.90m）より 50cm 高い 5.40m を天端とした堤防を工業団地全周に建設済みである。主要な出入

[8] 当社による目視確認結果を示す。堤防の延長は長大であるため、スポットチェックによる確認である。
[9] Google Earth に当社が加工して作成、写真は 2011 年の洪水発生以前の状況

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

り口は道路を嵩上げて堤防を横断させているため、止水ゲートは不要である。土堤防は堤防の止水性や安定性確保のために一定の天端幅（最低 3m）やのり勾配（最低 2 割勾配：「高さ 1m に対して水平距離 2m を 2 割勾配という」）が必要[10]である。このため PC 矢板や RC 構造物による堤防に比べると、堤防の高さが高くなる程、幅広い用地が必要になる。一方、土堤防は構造物としての劣化が進みにくく、復旧も容易である。堤防天端に管理道路を設けられており、点検、維持補修用の車両アクセスが確保されている（図 3、写真 4）。堤防の外のり（洪水側）には、シート・ネット・砕石による防護工、内のり（団地側）は張り芝による防護工を施工している（写真 4）。

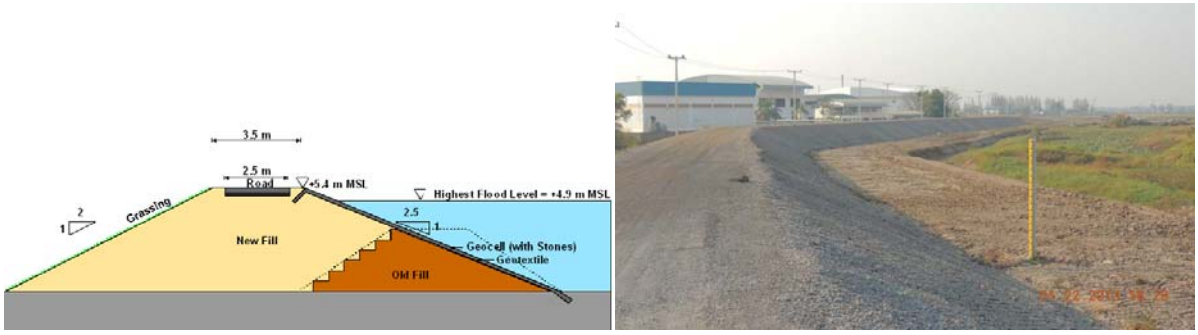

図 3　堤防横断面イメージ図をよび写真[11]

写真 4　敷地西側の堤防外のり

写真 5　敷地北側の堤防外のり

写真 6　南側堤防　じゃ籠使用区間

写真 7　排水機場

2.4. ロジャーナ工業団地

ロジャーナ工業団地はバンコクの北約 70km に位置し、1,456ha の敷地に 213 企業が立地する大規模な工業団地である。工業団地は 3 つの敷地に分かれ、その間は一般道路で接続されている。敷地境界は 3 地区とも

[10] 国土交通省河川管理施設等構造令、米国 Army Corp Engineering Manual 等
[11] 堤防横断面はハイテク工業団地ホームページ、堤防写真は当社撮影

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

に入り込んでいること、ロジャーナ 1 では河川が通過していることから、工業団地を防護する洪水防止堤防の敷設ラインは複雑である（図 4）。IEAT[12]他の情報によると 2011 年洪水では洪水位が標高 5.03m に達している。建設中の洪水防止堤防の高さはこれより約 1m 高い標高 6.05m で施工されている。

新たに建設された洪水防止堤防は、ロジャーナ 1 が 32km、ロジャーナ 2 が 18km、ロジャーナ 3 で 24km、堤防総延長 74km に及ぶ。また、河川横断橋が 5 箇所あり、改修工事や橋部に洪水防止壁の設置が行われている。幹線道路と工業団地の主な出入口はアクセス道路をかさ上げし、堤防上を通過するため、止水ゲートは不要である。土堤防に比べると狭い用地幅で施工可能である。

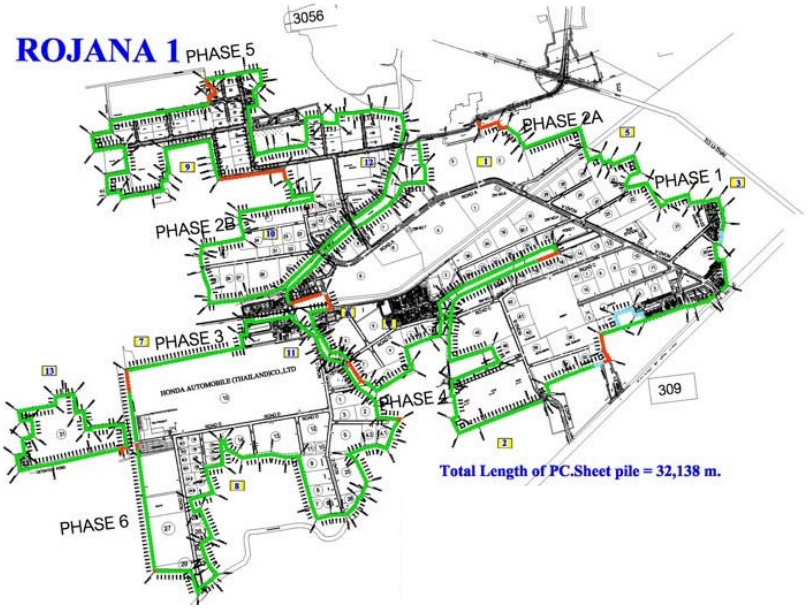

図 4　ロジャーナ 1 工業団地　堤防敷設レイアウト[13]

ロジャーナ工業団地の洪水防止堤防は、波型プレストレスコンクリート矢板（以降「PC 矢板」という、写真 10）を遮水壁として工業団地周囲に連続打設するとともに、その前後に控え盛土を施工した堤防である（図 5）。PC 矢板はプレストレス工法により工場生産されたコンクリートパネルで、鋼矢板に比べ曲げ剛性が高く、自立式止水壁として計画される。製品規格は JIS（日本工業規格）で規定され、PC 矢板は 1 枚ずつクレーンで吊込み、振動機によって地盤内に貫入施工する。矢板（幅 1m）間の止水は、矢板長尺方向の端部に予め埋設設置されている球形上の硬質プラスチック製止水板を圧縮することによって維持される。このため、隣接する矢板が十分に接して施工されないと、止水機能は保てないが、地盤は透水性の低い粘性土であるため、地中部での漏水危険は低いと考えられる。地上部の接続部は目地材で止水補修している。

[12] Industrial Estate Authority of Thailand - IEAT
[13] ロジャーナ工業団地の洪水防止堤防の施工を担当するイタリアンタイディベロップメントホームページ（アクセス日：2012 年 8 月 30 日 http://fpw.itd.co.th/）

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

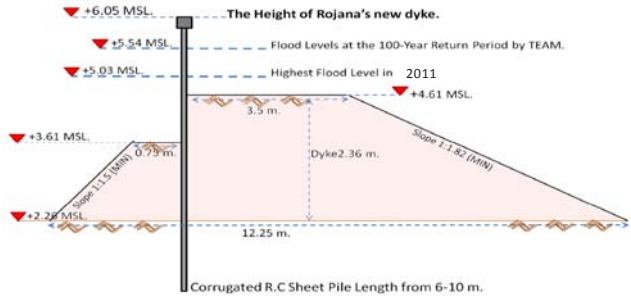

図 5　堤防断面イメージおよび写真[14]

工事は 2012 年 9 月下旬の段階で一部のアクセス通路や拡張用地周囲を除き、PC 矢板の打設は終了しており、11 月下旬には橋周りの RC 洪水防止壁や、幹線道路からの主アクセスとなる道路舗装工事（写真 9）、PC 矢板前後の盛土の施工が概ね完了していた。11 月下旬の状況から、現在では控え盛土工事も完了し、洪水防止堤防としての機能が敷地全周に確保されていると考える（写真 11）。

9 月下旬には、矢板間の接合が不十分で止水機能が確保されていない箇所が散見されたが、11 月下旬になるとこれらの補修作業が進んでいた。PC 矢板は、洪水時の水圧に耐える自立式洪水堤防として根入れ長や控え盛土が設計されている。PC 矢板の施工状況や盛り土の転圧状況は良好に見てとれた（写真 8）。

写真 8　堤防　控え盛り土

写真 9　南東側主要出入口　道路嵩上げ

写真 10　波型プレストレス（PC）矢板断面

写真 11　PC 矢板壁設置状況

2.5. ナワナコン工業団地

ナワナコン工業団地はバンコクの北 42km に位置し、1,040ha の敷地に 230 企業が立地する大規模な工業団

[14] 堤防断面イメージはロジャーナ工業団地、Improvement Measures for Flood Prevention, Rojana Industrial Park, 2012.10.31、写真は当社撮影

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

地である。団地の東側約 1km は幹線道路に面し、メインの出入り口になっている。幹線道路沿いにはショッピングモールなどの大規模商業施設や日用品販売店舗が工業団地敷地の一部として設置されている。工業団地の標高は東側幹線道路沿いが最も高く、団地内の各地点の標高はこれより最大 3m 程度低い範囲にある。2011 年の洪水位は標高 4.70m であり、洪水防止堤防の高さは 5.50m で計画されている。

写真 12　ナワナコン工業団地全景[15]

ナワナコン工業団地の洪水防止堤防は、東側幹線道路沿いの一部区間を除いてロジャーナ工業団地と同じ PC 矢板工法を採用している。道路沿いの一部区間では側道上にコンクリート壁を立上げ堤防としている。堤防の総延長は 17.7km で、団地へのアクセス道路入り口には着脱式の鋼製止水板による止水設備を設置している。

写真 13　南側隣接住居沿い堤防

写真 14　北側堤防内のり

工事は 2012 年 9 月下旬時点では、幹線道路沿いおよび敷地南側の一部区間（約 100m）の洪水防止堤防は未着工であったが、2013 年 1 月下旬には、これらの箇所もすべて完成していた。現在は控え盛土の仕上げ工事や PC 矢板の継ぎ目止水補修工事が施工されている。PC 矢板の設計・施工方法はロジャーナ工業団地と同

[15] Google Earth Pro をもとに当社で加工、写真は 2011 年の洪水発生以前の状況。

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

じであり、洪水防止堤防として機能している。なお、堤防の高さは東側幹線道路沿いでは、その他の外周区間よりも約 40cm 低く施工されている。このため、2011 年の洪水位に対する余裕高は 40cm となる（写真 15、写真 16）。

写真 15　東側幹線道路沿い堤防

写真 16　東側幹線道路沿い　開口部・止水ゲート

2.6. バンカディ工業団地

バンカディ工業団地はバンコクの北 27km に位置し、196ha の敷地に 44 企業が立地する小規模な工業団地である。西側約 1km は幹線道路に接し、車両の出入口となっている。東側にはチャオプラヤ川支流が流れている。工業団地の敷地は西側幹線道路沿いが最も高く、東側の敷地が最も低い。西側と東側では 2.5m 程度の高低差があるものと推測する。2011 年の洪水位は標高 4.03m を記録している。これに対し、新しく敷地全周（総延長 9.4km）に建設した洪水防止堤防の高さは標高 5.0m で設計されており、約 1m の余裕高を確保している。

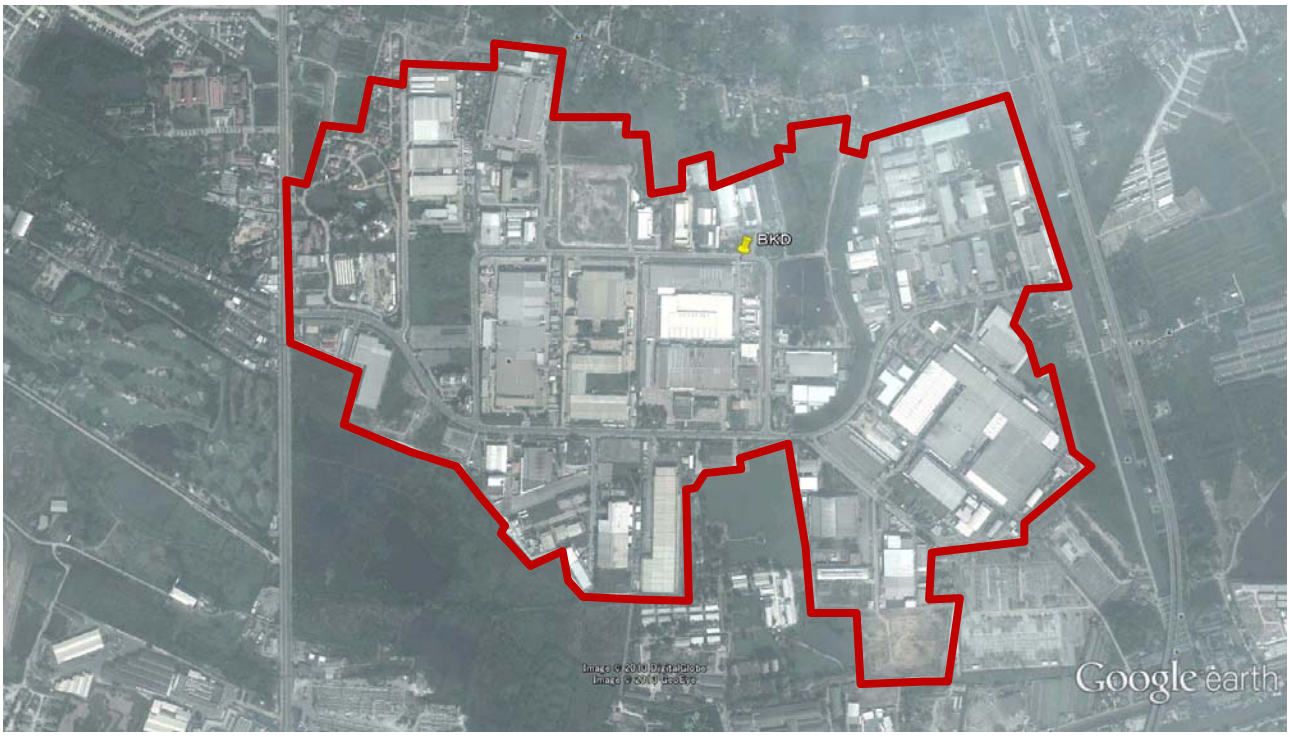

写真 17　バンカディ工業団地全景および洪水防止堤防敷設ラインイメージ[16]

[16] Google Map Pro を加工して当社にて作成。堤防敷設ラインはイメージ

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

主要な区間は既設の土堤防の両側に H 型プレストレスコンクリート（PC）親杭を 2 列で打設し、地上部には PC パネルを建て込み、その間を埋戻した親杭＋PC パネル方式の締切り堤防である（図 6、写真 18）。敷地南側の貯水池沿いでは控え式鉄筋コンクリート（RC）擁壁を採用している（写真 19、写真 20）。また、西側幹線道路沿いの区間は敷地の標高が高く洪水位と敷地高さの差が小さいため、コンクリートブロック壁を洪水防止堤防としている（写真 21）。車両出入口がある西側幹線道路沿いでは、路盤をかさ上げしているが、出入口開口部の閉止は洪水発生時に土盛りを行ない止水する計画である（写真 22）。

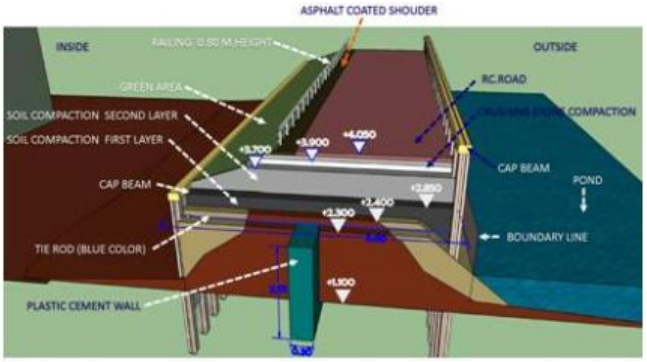

図 6　洪水防止堤防イメージ[17]

写真 18　敷地東側洪水防止堤防

写真 19　南側堤防設置状況（堤外）

写真 20　南側堤防設置状況（堤内）

堤防の建設は、2013 年 1 月下旬時点では、洪水防止堤防はのり面防護やコンクリート舗装工事、その他仕上げ工事や補修工事を除き、工業団地全周に堤防が完成している。2013 年 1 月下旬にはこれらの補修工事（RC 擁壁外側の盛土を掘削し、グラウトによる目地の止水処理）を施工中であった。堤防部分はアンカーで前後列を緊結した基礎杭と盛り土で構築されていること、基礎杭は堤防の縦断方向に約 1.2m 間隔で打設されていることから、洪水位や堤防自体の沈下による外力に対する十分な安定性がある。堤防部分はその天端部に保全用道路（コンクリート舗装）を建設するとともに、のり面上もコンクリートで防護しているため、降雨等による侵食危険は低いと考えられる。

[17] バンカディ工業団地洪水対策説明資料、2012 年 10 月 1 日 http://www.bangkadi.co.th/download/04102012_1.pdf

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.

写真 21　**西側幹線道路沿い　堤防設置状況**

写真 22　**西側幹線道路への取付け道路**

3. おわりに

今回現地調査を実施した 4 箇所の工業団地では、新たに設置された洪水防止堤防の形式はそれぞれ異なるが、工業団地の全周を囲む形で堤防がほぼ完成している。堤防の高さも 2011 年の洪水位よりも高く設計されている。その余裕高は工業団地や堤防区間によって 30cm から 1.05ｍの幅があるものの、2011 年と同程度の洪水が発生した場合には工業団地内への洪水被害を軽減することが期待できる。

タイ政府による総合的な治水計画は、国際入札による事業化が開始したところであり、詳細計画の策定や事業の実現には少なくとも数年の期間が必要となる。それまでの間にも 2011 年の洪水と同様、あるいはそれ以上の洪水氾濫が発生する危険性は潜在する。この点から緊急的に建設を進めた工業団地周囲の洪水堤防の役割は重要である。また、長大な堤防を工業団地の敷地境界に半年間程度で計画・施工したことは相当な労力を要し、タイ政府の緊急対応能力を示したものとも言える。

一方、洪水防止堤防は貯水池などの構造物とは異なり、その水密性を湛水試験で実証することはできない。通常は機能を発揮することのない施設であり、その維持管理には工業団地に立地する事業者が、継続的な注意・関心を払っていくことが必要である。

執筆者紹介

桑原　健　Takeshi Kuwabara

リスクエンジニアリング事業本部　グローバル業務部長

専門は火災、自然災害リスク評価

損保ジャパン日本興亜リスクマネジメントについて

損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント株式会社は、株式会社損害保険ジャパンと日本興亜損害保険株式会社を中核会社とする NKSJ グループのリスクコンサルティング会社です。全社的リスクマネジメント（ERM）、事業継続（BCM・BCP）、火災・爆発事故、自然災害、CSR・環境、セキュリティ、製造物責任（PL）、労働災害、医療・介護安全および自動車事故防止などに関するコンサルティング・サービスを提供しています。

詳しくは、損保ジャパン日本興亜リスクマネジメントのウェブサイト（http://www.nksj-rm.co.jp/）をご覧ください。

本レポートに関するお問い合わせ先

損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント株式会社

リスクエンジニアリング事業本部 グローバル業務部

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-24-1 エステック情報ビル

TEL：03-3349-5103（直通）

Copyright © 2013 Sompo Japan Nipponkoa Risk Management Inc. All rights reserved.