

# คอนกรีตเทคโนโลยี สำหรับงานเสาเข็มเจาะลึกระบบเปียก

## บทคัดย่อ

เสาเข็มเจาะลึกระบบเปียกเป็นโครงสร้างชนิดพิเศษที่ก่อสร้างได้ดิน โดยเทคอนกรีตผ่านท่อเท (Tremie) ตามปกติ เสาเข็มเจาะลึกจะมีอัตราส่วนความชะลูดอยู่ระหว่าง 20-75 โดยมีโครงเหล็กเสริมตลอดความยาวเสาเข็ม การเทคอนกรีตในหลุมเจาะต้องเทอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งเสาเข็ม โดยที่ไม่สามารถใช้วิธีซีเมนต์คอนกรีตให้แน่นได้ คอนกรีตที่เหมาะสมที่จะใช้กับงานเสาเข็มเจาะระบบเปียกจะต้องมีความสามารถในการเทได้สูงมาก เนื่องจากคอนกรีตจะต้องไหลผ่านท่อเทลงไปที่สภารักษาเสถียรภาพเพื่อเติมเต็มช่องว่างในหลุมเจาะโดยผ่านโครงเหล็กเสริม คอนกรีตนี้จะต้องสามารถอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักของตัวเอง โดยคอนกรีตจะต้องไม่เกิดการแยกตัว ไม่เกิดการเยิ้ม (Bleeding) และมีความต้านทานการถูกชะล้างโดยน้ำใต้ดิน เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ต้องมีกำลังอัดและความคงทนตามที่ออกแบบไว้ บทความนี้ได้กล่าวถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะลึกระบบเปียก

## Abstract

Deep-seated wet-process bored pile is considered as a special structure constructed in the ground where concrete must be placed through tremie pipe to cast in-situ under the support fluid. Most of the deep bored piles have been designed with full length of steel cage and with slenderness ratio ranging from 20 to 75. Placing of concrete in bored pile is also different from other works as it required continuous placing without interruption till completion. Moreover, due to the nature of the construction process, concrete for bored piles cannot flow or being compacted by vibrator. Many of the designers and concrete suppliers usually miss the essential characteristics of the green concrete for bored piles, which must

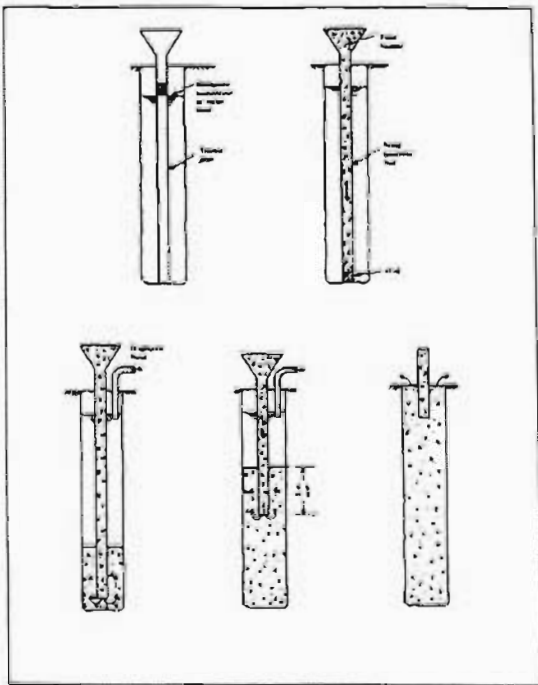
be poured under special conditions such as flowing through the tremie pipe by gravity to the base of the borehole, displacing support fluid and flowing up through the steel cage without mixing with the support fluid, ground water and soil. Such fresh concrete required resistance to segregation and bleeding, resistance to leaching and compaction under self-weight with appropriate strength and durability after hardening. This paper discusses the basic characteristics required for the concrete in deep wet-process bored pile construction.

## 1. บทนำ

การก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกที่มีความลึกมาก จำเป็นที่จะต้องใช้อคอนกรีตที่มีลักษณะพิเศษแตกต่างจาก

คำหลัก : ความสามารถในการเทได้ การแยกตัวของคอนกรีต การเยิ้ม น้ำ ความคงทน ความสม่ำเสมอของเนื้อคอนกรีต

คอนกรีตโครงสร้างทั่วไป เนื่องจากเสาเข็มเจาะมีโครงสร้างที่มีความขรุขระสูงมาก การก่อสร้างมักจะต้องใช้เทคนิคเทคอนกรีตได้น้ำดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ดังนั้นเนื้อคอนกรีตของเสาเข็มเจาะจะสัมผัสกับดินและน้ำใต้ดินตลอดเวลา คอนกรีตที่เทลงหลุมเจาะจะต้องมีความเหมาะสมทั้งในสภาพที่ยังเป็นคอนกรีตสดและในสภาพคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว การเลือกอัตราส่วนผสมของคอนกรีต ขนาดของมวลรวม วัสดุเชื่อมประสาน และสารผสมปรับปรุงคุณสมบัติที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญมากที่จะให้คอนกรีตมีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการ ออกแบบไว้ การซ่อมแซมคอนกรีตที่มีคุณภาพต่ำในโครงสร้างเสาเข็มเป็นสิ่งที่ไม่ได้ยากมาก ต้องเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากเป็นคอนกรีตที่อยู่ใต้ดินและมีความลึกมาก การควบคุมคุณภาพคอนกรีตและการควบคุมการก่อสร้าง



รูปที่ 1 ขั้นตอนการเทคอนกรีตในเสาเข็มเจาะระบบเปียก [6]



รูปที่ 2 การเทคอนกรีตในเสาเข็มเจาะระบบเปียกจะต้องเทผ่านท่อเท (Tremie)

จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก ปัจจัยต่อไปนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของคอนกรีตในเสาเข็มเจาะระบบเปียก

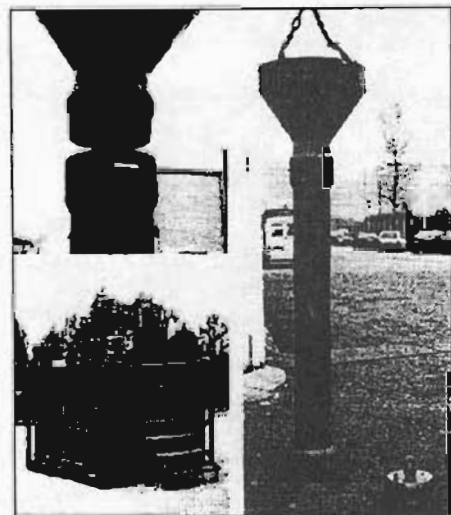
## 2. คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการ

คอนกรีตที่เทลงในเสาเข็มเจาะระบบเปียกควรจะมีคุณสมบัติเมื่อเป็นคอนกรีตสดและเมื่อแข็งตัวแล้วดังนี้

### 2.1 คุณสมบัติที่เหมาะสมของคอนกรีตสด

#### 2.1.1 ความสามารถในการเทได้ (Workability)

คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะระบบเปียกต้องมีความสามารถในการเทได้ที่สูงมาก เพื่อให้คอนกรีตไหลเต็มเต็มในช่องว่างทั้งหลุมเจาะได้และสามารถอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเอง เนื่องจากการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะระบบเปียกโดยใช้ท่อเท (Tremie) ซึ่งแสดงในรูปที่ 3 ไม่สามารถใช้เครื่องจี้ทำให้คอนกรีตแน่นได้ โดยทั่วไปค่ายุบตัว (Slump) ที่มีความเหมาะสมสำหรับคอนกรีตในเสาเข็มเจาะระบบเปียกมีค่าอยู่ระหว่าง 17-20 ซม.



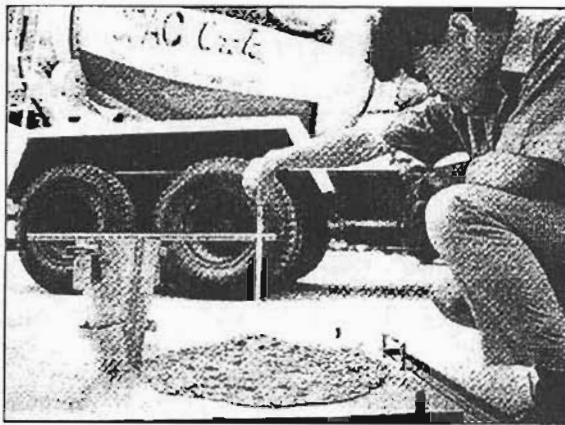
รูปที่ 3 ท่อเท (Tremie) และกรวยรับคอนกรีต (Hopper)

#### 2.1.2 ความต้านทานต่อการแยกตัวและการแยกชั้น

คอนกรีตที่มีความเหมาะสมจะต้องไม่เกิดการแยกตัวขณะขนส่งและขณะที่เทผ่านท่อเทได้น้ำ (Tremie) หรือผ่านโครงเหล็กเสริม การแยกตัวของคอนกรีตเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างปูน หิน ทราย น้ำ และสารปรับปรุงคุณสมบัติมีไม่มากพอ ทำให้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น หิน ทราย และปูน จมลงด้านล่างของส่วนผสมและทำให้น้ำที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าถูกดันขึ้นด้านบนของส่วนผสม



รูปที่ 4 คอนกรีตที่เกิดการแยกตัวไม่เหมาะสมที่จะใช้กับงานเสาเข็มเจาะลึกระบบเปียก [4]



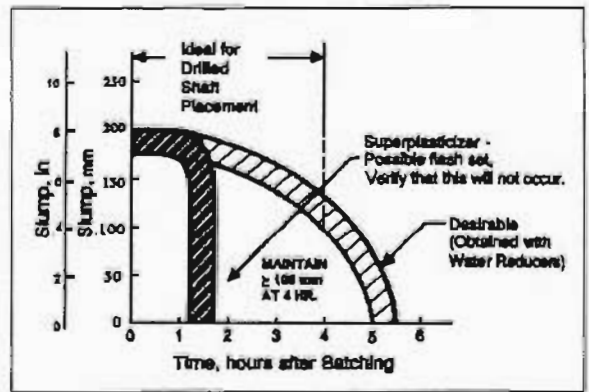
รูปที่ 5 คอนกรีตที่มีสภาพเทได้สูงมากและไม่มีการแยกตัว มีความเหมาะสมที่จะใช้กับงานเสาเข็มเจาะลึกระบบเปียก [4]

ส่งผลให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) ขึ้น การแยกตัวของเม็ดหิน และการเยิ้มนำจะทำให้เนื้อคอนกรีตไม่มีความสม่ำเสมอ กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลง และคอนกรีตบางส่วนจะมีความพรุนมาก ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปได้ง่าย รูปที่ 4 แสดงถึงคอนกรีตที่เกิดการแยกตัวได้ง่าย ไม่เหมาะที่จะใช้งานกับเสาเข็มเจาะลึกระบบเปียก คอนกรีตที่สามารถต้านทานต่อการแยกตัวและการเยิ้มควรมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (w/b) ไม่เกิน 0.4 ส่วนผสมจึงจะมีการยึดเกาะตัวกันได้ดี ลักษณะคอนกรีตที่เหมาะสมได้แสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากจะต้องควบคุมไม่ให้มีปริมาณน้ำในส่วนผสมมากเกินไป แต่ต้องควบคุมให้ความสามารถในการเทได้มีค่าสูง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใส่สารปรับปรุงคุณภาพคอนกรีตประเภทสารลดปริมาณน้ำ (Water-Reducing Agent) ใช้มวลรวมหยาบที่มีลักษณะกลม และไม่ใช้ทรายที่มีความละเอียดมากเป็นส่วนผสม [5]

### 2.1.3 ระยะเวลาในการก่อตัว (Setting Time)

คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างเสาเข็มจะต้องไม่แข็งตัว

เร็วเกินไป เนื่องจากการเทคอนกรีตจะต้องเทผ่านท่อเท (Tremie) ไล่คอนกรีตส่วนที่ไหลไปก่อนให้ขึ้นมาด้านบนสุด เพื่อให้คอนกรีตทั้งเสาเข็มเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทั่วไปคอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้นี้จะผสมสารหน่วงการก่อตัวเพื่อยืดระยะเวลาก่อตัวให้คอนกรีตในเสาเข็มทั้งต้นแข็งตัวพร้อมๆ กัน มีความสามารถในการเทได้ที่สูงแม้เวลาผ่านไปแล้ว 4 ชั่วโมง นับจากเริ่มผสมคอนกรีต ค่าการยุบตัวต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 100 มม. ดังรูปที่ 6 และมีเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอตลอดทั้งเสาเข็ม



รูปที่ 6 คอนกรีตที่ใช้จะต้องมีค่ายุบตัวสูงกว่า 100 มม. เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง [6]

## 2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

### 2.2.1 กำลังอัดของคอนกรีต

ตามปกติเสาเข็มเจาะระบบเปียกจะมีความลึกมาก ลักษณะการรับแรงของเสาเข็มส่วนใหญ่จะเป็นแบบรับน้ำหนักด้วยแรงเสียดทาน (Friction Type) หรืออาจรับน้ำหนักด้วยแรงเสียดทานผสมแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม (Friction and End Bearing Type) การรับน้ำหนักของเสาเข็มส่วนใหญ่จะเกิดจากดินรอบๆ เสาเข็มรับแรงเฉือนไม่ได้ ดังนั้นกำลังอัดของคอนกรีตในเสาเข็มไม่จำเป็นต้องมีค่าสูงมากนัก (ตามปกติจะใช้  $f'_c \cong 240-280$  ksc)

### 2.2.2 ความคงทนของคอนกรีต

เนื่องจากเสาเข็มเป็นโครงสร้างใต้ดินที่มีความลึกมาก ผิวคอนกรีตจะต้องสัมผัสกับดินและน้ำใต้ดินตลอดเวลา คอนกรีตที่ใช้จึงต้องทนสภาพเหล่านี้ได้โดยที่เนื้อคอนกรีตไม่มีความเสียหาย ทั้งนี้เนื้อคอนกรีตควรต้องมีความแน่นสม่ำเสมอตลอดทั้งต้น คุณสมบัตินี้มีความสำคัญสูงกว่ากำลังอัดของคอนกรีต เนื่องจากถ้าเนื้อคอนกรีตไม่สมบูรณ์สม่ำเสมอ การถ่ายแรงในเสาเข็มสู่ชั้นดินที่มีความลึกต่างๆ ก็จะทำให้เกิดปัญหาตามมาด้วย

### 3. คุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับวัสดุส่วนผสมคอนกรีต

#### 3.1 วัสดุประสานในคอนกรีต

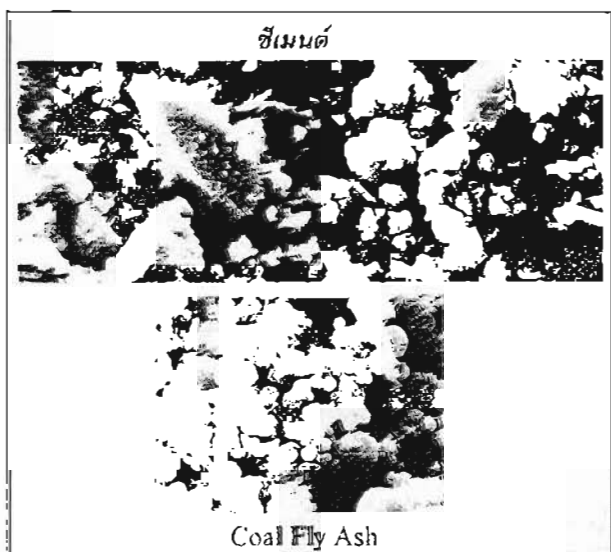
ในงานเสาเข็มเจาะระบบเปียก ปริมาณรวมของวัสดุประสานควรมีค่าไม่น้อยกว่า 380 กก./ลบ.ม. และในกรณีที่สัมผัสกับน้ำทะเลไม่ควรน้อยกว่า 400 กก./ลบ.ม. คอนกรีตจะมีความยึดเกาะที่ดี มีความคงทน และมีกำลังอัดได้ตามที่ออกแบบไว้

##### 3.1.1 ปูนซีเมนต์

ตามปกติจะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทธรรมดา (Ordinary Portland Cement) เป็นส่วนผสม ในบางกรณีเมื่อก่อสร้างในสภาพแวดล้อมของทะเล จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต้านทานซัลเฟต (Sulphate Resistance Portland Cement) ในกรณีใช้วัสดุประสานอื่นนอกจากปูนซีเมนต์ผสมด้วยแล้ว ปริมาณปูนซีเมนต์ต่ำสุดในส่วนผสมควรมีค่าน้อย 200 กก./ลบ.ม.

##### 3.1.2 วัสดุประสานอื่นนอกจากปูนซีเมนต์

วัสดุประสานที่นิยมใช้ในคอนกรีตสำหรับเสาเข็มเจาะได้แก่ เถ้าลอยจากถ่านหิน (Coal Fly Ash) ซึ่งแสดงในรูปที่ 7 เนื่องจากมีข้อดีหลายประการคือ เพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตลดปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ลดพฤติกรรมการแยกตัวและการเยิ้ม ยืดระยะเวลาในการก่อตัว [7] อย่างไรก็ตาม การใช้เถ้าลอยเป็นส่วนผสมในคอนกรีตจะทำให้การพัฒนากำลังของคอนกรีตค่อนข้างช้า



รูปที่ 7 รูปขยายเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์ (รูปบน) กับเถ้าลอยจากถ่านหิน (รูปล่าง) [7]

เมื่อเทียบกับการใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ตามปกติจะใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผสมคอนกรีตในปริมาณระหว่าง 20-50% ของวัสดุประสานทั้งหมด

#### 3.2 วัสดุมวลรวม

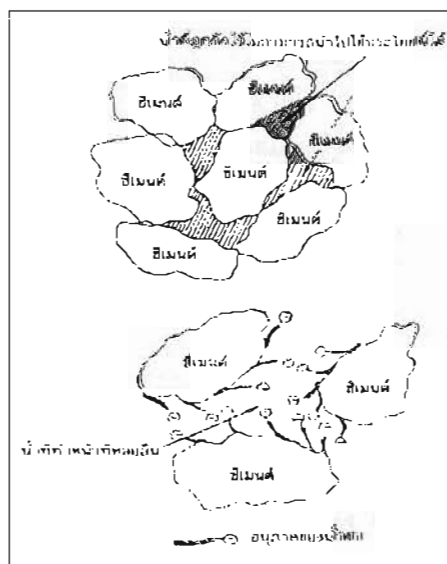
เนื่องจากคอนกรีตที่ใช้จำเป็นต้องมีความสามารถในการเทได้สูงมาก ขนาดที่เหมาะสมของมวลรวมหยาบควรมีค่าระหว่าง 15-20 มม. เนื่องจากการใช้ขนาดหินที่เล็กเกินไปจำเป็นต้องใช้ปริมาณวัสดุประสานมาก ส่วนหินที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้คอนกรีตมีโอกาสเกิดการแยกตัวและมีความสามารถในการเทได้ที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ปริมาณหินที่ใช้ไม่ควรมีค่าเกิน 60% ของวัสดุมวลรวมทั้งหมด

#### 3.3 สารปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต

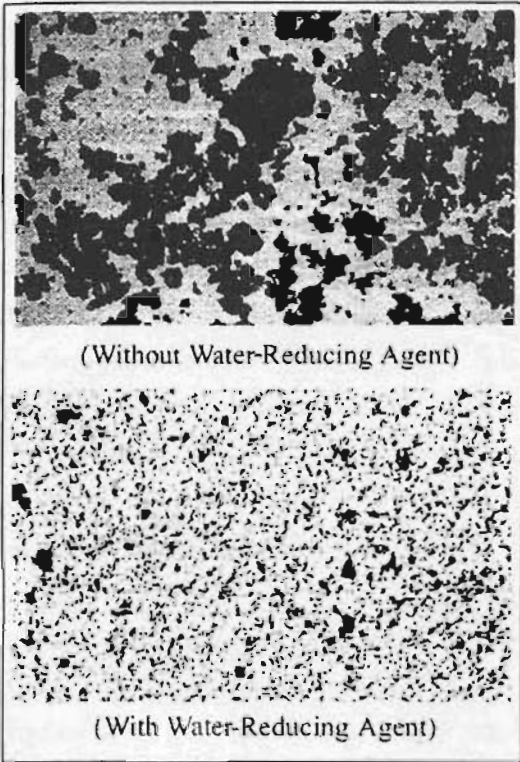
คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะระบบเปียกจะต้องมีคุณสมบัติพิเศษกว่าคอนกรีตธรรมดาเพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานกับเสาเข็มเจาะระบบเปียก บางกรณีมีความจำเป็นต้องผสมสารปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ในส่วนผสมคอนกรีต

##### 3.3.1 สารลดปริมาณน้ำ (Water-Reducing Agent)

คอนกรีตที่เทจะต้องมีความสามารถในการเทได้สูงมากเพื่อให้คอนกรีตไหลผ่านท่อเทและเติมเต็มช่องว่าง



รูปที่ 8 เปรียบเทียบคอนกรีตที่ไม่ผสมสารลดปริมาณน้ำ (รูปบน) กับคอนกรีตที่ผสมสารลดปริมาณน้ำ (รูปล่าง) ซึ่งมีความสามารถในการเทได้ที่สูงกว่า [4]



(Without Water-Reducing Agent)

(With Water-Reducing Agent)

รูปที่ 9 เปรียบเทียบคอนกรีตที่ไม่ผสมสารลดปริมาณน้ำ (รูปบน) กับคอนกรีตที่ผสมสารลดปริมาณน้ำ (รูปล่าง) พบว่าคอนกรีตที่ผสมสารลดปริมาณน้ำมีเนื้อสม่ำเสมอมากกว่า [4]

ในเสาเข็ม โดยไม่มีการจัดคอนกรีต นอกจากนี้ ต้องควบคุมไม่ให้ปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานมีค่าสูงเกินไป การใช้สารลดปริมาณน้ำจะช่วยทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติการไหลที่ดี เนื่องจากสารนี้จะทำให้ส่วนผสมสามารถนำเอาน้ำมาใช้ประโยชน์ทำหน้าที่หล่อลื่นระหว่างอนุภาคซีเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 8 การที่คอนกรีตมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่ำทำให้คอนกรีตมีความแน่น สามารถอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเอง มีกำลังอัดสูง ไม่เกินการแยกตัว และทำให้เนื้อคอนกรีตมีความสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 9

### 3.3.2 สารหน่วงการก่อตัว (Retarder)

การเทคอนกรีตในหลุมเจาะลึกจะต้องใช้คอนกรีตในปริมาณมาก และใช้เวลาในการเทนาน คอนกรีตที่ใช้ควรมีระยะเวลาก่อตัวนานพอที่คอนกรีตทั้งหลุมเจาะที่จะเริ่มแข็งตัวหลังจากเทเสร็จ เพื่อให้คอนกรีตทั้งเสาเข็มมีความต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกัน และทำให้คอนกรีตที่เทไปก่อนหน้านี้มีความสามารถในการไหลได้ดีขณะที่เทคอนกรีตปริมาณการผสมสารหน่วงการก่อตัวจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ต้องการใช้หน่วงในการเทคอนกรีตของหลุมเจาะนั้น

### 3.3.3 สารกักกระจายฟองอากาศ (Air-Entraining Agent)

สารกักกระจายฟองอากาศจะทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากขึ้นในเนื้อคอนกรีตขณะที่เป็นคอนกรีตสด ซึ่งสารนี้จะช่วยทำให้คอนกรีตสดมีความยืดเกาะตัวดีขึ้น ช่วยลดการแยกตัวและลดการเยิ้มตัวของคอนกรีต อย่างไรก็ตาม ฟองอากาศนี้จะทำให้คอนกรีตมีความพรุน ส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง ทำให้ความตึบตัวของคอนกรีตลดลง และทำให้ความคงทนของคอนกรีตลดลงด้วย [4] ดังนั้น ควรใช้สารชนิดนี้ในปริมาณที่เหมาะสมเท่านั้น

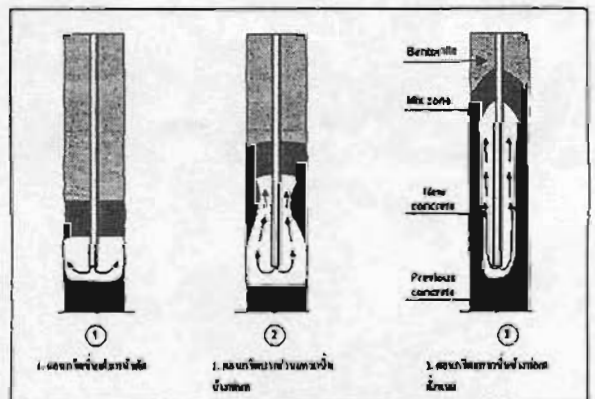
## 4. การเทคอนกรีตในหลุมเจาะ

เพื่อให้คอนกรีตในหลุมเจาะมีความสมบูรณ์ การควบคุมการเทคอนกรีตจะต้องทำตามข้อกำหนดต่อไปนี้

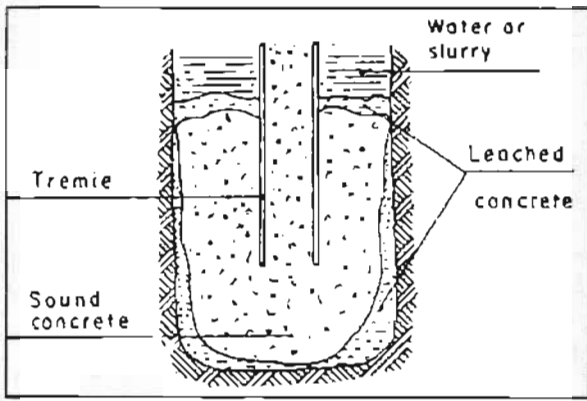
- ปลายท่อเทต้องจมอยู่ในคอนกรีตอย่างน้อย 2 ม. ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้คอนกรีตผสมกับสารรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะและทำให้เนื้อคอนกรีตของเสาเข็มเจาะมีความต่อเนื่อง

- ก่อนเทคอนกรีตจะต้องใส่วัสดุกัน (Plug) ระหว่างคอนกรีตกับสารรักษาเสถียรภาพ เพื่อไม่ให้คอนกรีตสัมผัสกับสารรักษาเสถียรภาพโดยตรง เนื้อคอนกรีตจะได้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ หรือถูกชะล้าง

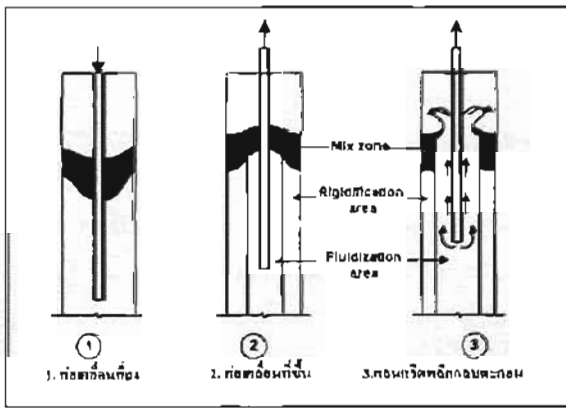
- ไม่ควรให้ท่อเทจมอยู่ในคอนกรีตมากเกินไป (ปลายท่อเทควรจมอยู่ในคอนกรีตระหว่าง 3-5 ม.) เพราะจะทำให้แรงดันของคอนกรีตในท่อเทไม่มีค่าสูงพอที่จะครูดเยื่ออุททิน้ำ (Filter Cake) ที่เกิดจากสารรักษาเสถียรภาพที่ผนังหลุมเจาะซึ่งเป็นสารละลายเบนโทไนท์ และจะเป็นผลให้กำลังรับแรงเสียดทานของเสาเข็มเจาะลดลง [2] ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ถ้าปลายท่อเทฝังอยู่ในคอนกรีตลึกเกินไป แรงดันจากคอนกรีตภายในท่อเทจะไม่มากพอที่จะครูดผนังหลุมเจาะเพื่อกำจัดเยื่ออุททิน้ำ (Filter Cake) ออกได้



รูปที่ 11 ในขณะที่เริ่มเทคอนกรีต หากปลายท่อเทอยู่ห่างจากกันหลุมมากเกินไป จะทำให้คอนกรีตที่ค้ำไม่สามารถไล่คอนกรีตที่ผสมตะกอนดินออกไปได้



รูปที่ 12 การชักท่อเทขึ้นๆ ลงๆ จะทำให้คอนกรีตค้ำผสมกับคอนกรีตส่วนบนสุดที่มีตะกอนดินปนอยู่

● ในระยะเริ่มต้นไม่ควรให้ระยะห่างระหว่างปลายท่อเทกับกันหลุมเจาะมากเกินไป (ระยะห่างที่เหมาะสมควรมีค่าเท่ากับ 7.5 ซม.) เพราะจะทำให้แรงดันจากท่อเทไม่มากพอที่จะไล่ตะกอนกันหลุมขึ้นมาได้ทั้งหมด อันจะส่งผลให้แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็มมีค่าลดลง เนื่องจากตะกอนกันหลุมสะสมกันอยู่ที่ปลายเสาเข็ม ดังรูปที่ 11

● ไม่ชักท่อเทขึ้นๆ ลงๆ เพราะจะทำให้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีไปผสมกับคอนกรีตที่ผสมกับตะกอน (คอนกรีตที่เทไปชุดแรกก่อนหน้านี้) เป็นผลให้เนื้อคอนกรีตไม่สม่ำเสมอและเกิดส่วนที่มีกำลังอัดลดลง ดังในรูปที่ 12

● ใช้ท่อเทที่มีขนาดเหมาะสมกับหลุมเจาะ เนื่องจากหากใช้ท่อเทที่มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้คอนกรีตไหลไม่สะดวก แต่ถ้าท่อเทมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้สอดไปในโครงเหล็กเสริมไม่สะดวกและอาจทำความเสียหายให้โครงเหล็กเสริมได้ ตามปกติท่อเทที่ใช้จะมีขนาด 10 นิ้ว

## 5. สรุป

คอนกรีตที่ใช้กับงานเสาเข็มเจาะจะต้องมีคุณสมบัติพิเศษ กล่าวคือ มีความสามารถในการเทได้สูงมาก สามารถอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเอง มีความต้านทานต่อการแยกตัวและการเย็บ มีระยะเวลาในการก่อตัวที่เหมาะสม มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมใต้ดินสูง มีเนื้อคอนกรีตแน่นสม่ำเสมอ มีกำลังอัดตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งการผสมคอนกรีตให้มีคุณสมบัติดังกล่าว จะต้องออกแบบส่วนผสมระหว่างวัสดุประสาน วัสดุมวลรวม ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน และสารปรับปรุงคุณสมบัติคอนกรีตให้เหมาะสม นอกจากนี้ ขั้นตอนและวิธีการเทคอนกรีตที่เหมาะสม จะช่วยทำให้คอนกรีตในเสาเข็มเจาะมีระบบเป็ยงมีความสมบูรณ์ได้ ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะทำให้เสาเข็มเจาะมีระบบเป็ยง มีคุณภาพสูง สามารถรับน้ำหนักจากโครงสร้างได้ตามที่ออกแบบไว้

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ICE, Specification for Piling and Embedded Retaining Wall, Thomas Telford Publishing, London, 1996.
- [2] Teparaksa, W and Boonyarak, T, Performance and Behavior of Polymer Slurry in Wet-Process Bored Pile in Bangkok Subsoils, Proceeding of the Fourteenth KKNN Seminar on Civil Engineering, Kyoto, November, pp. 439-444, 2001.
- [3] Xanthakos, P. P., Slurry Walls as Structural Systems McGraw-Hill Inc., 1994.
- [4] ชัชวาล เศรษฐบุตร, คอนกรีตเทคโนโลยี, เดอะพรินซ์ อินเตอร์เนชันแนล, 2536.
- [5] ณรงค์ ทศนนิพันธ์, ทรงศักดิ์ วิสุทธิพิทักษ์กุล และสุเมธ ประเวศวารัจฉน์, ปัญหาในงานเสาเข็มเจาะที่เกิดจากคุณภาพคอนกรีต, เอกสารการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 7, หน้า GTE 37-44, กรุงเทพฯ, 2544.
- [6] ณรงค์ ทศนนิพันธ์, ภัทพงศ์ ศรีวรรณวิทย์, เฉลิมพล มโนสุทธิสาร และนิธิวุฒิ จิตตะกวี, ลักษณะพิเศษของคอนกรีตผสมเสร็จสำหรับงานเสาเข็มเจาะระบบเป็ยง, เอกสารการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, หน้า GTE 322-327, ขอนแก่น, 2545.
- [7] ว.ส.ท. 2544, การใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีต พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม 2544.