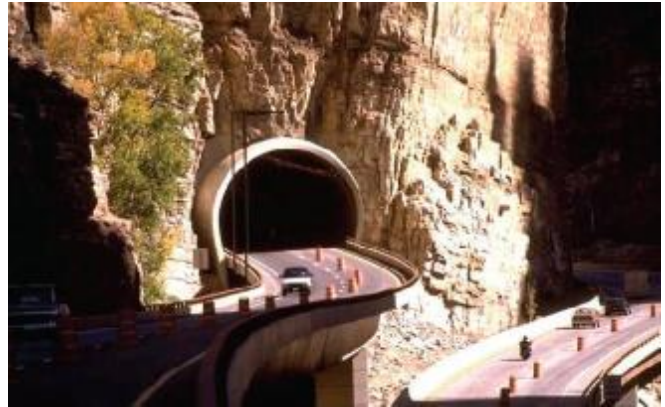


วิธีการก่อสร้างอุโมงค์

เทคนิคการก่อสร้างอุโมงค์

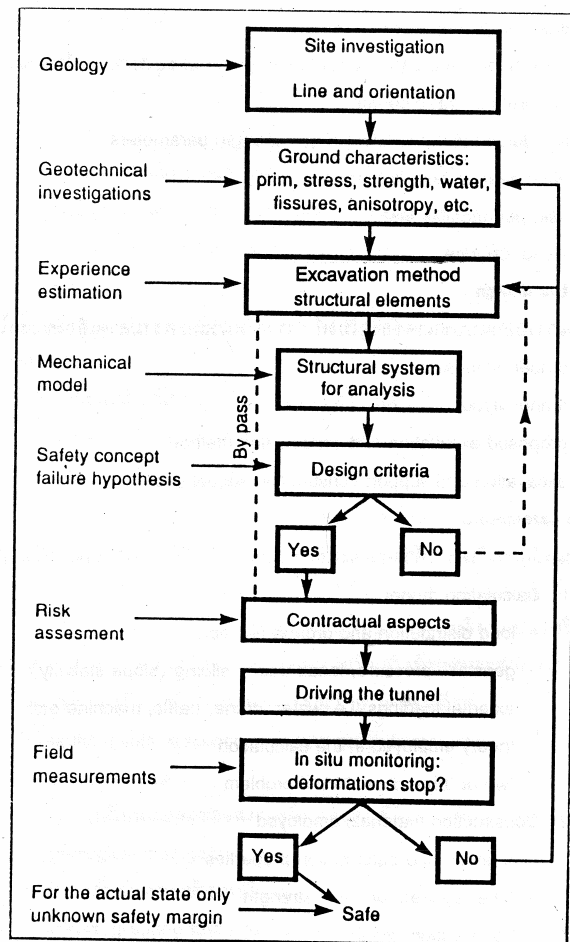
เป็นที่ทราบกันดีว่าการก่อสร้างในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคการก่อสร้างไปอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นวิธีการก่อสร้างตึกสูงที่อยู่เหนือพื้นดินมากกว่า 300 เมตร หรือการก่อสร้างลงใต้ดินที่อาจลึกถึง 100 เมตร การก่อสร้างดังกล่าวย่อมไม่ใช้วิธีการก่อสร้างแบบธรรมดาทั่วไป แต่ต้องใช้ความชำนาญและประสบการณ์ของวิศวกร พร้อมกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีต่างๆ ช่วยในการคำนวณวิเคราะห์ และในขณะที่ก่อสร้างจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดตรวจสอบพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง เพื่อนำผลที่ได้จากการวัดทำการปรับแก้ไขในการก่อสร้างในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความความปลอดภัยในการก่อสร้าง



Glenwood Canyon Hanging Lake Tunnels

ขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์

วิธีการก่อสร้างอุโมงค์นั้นมีมากมายหลายวิธี เช่นวิธี **The New Austrian Tunneling Method (NATM)**, วิธี **The German Tunneling Method** เป็นต้น ขั้นตอนก่อสร้างตามหลักการก่อสร้างอุโมงค์โดยทั่วไปมีขั้นตอนดังนี้



ขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์ (DUDDECK, 1989)

สำหรับก่อสร้างอุโมงค์นั้นต้องใช้เทคนิค วิธีการ เครื่องมือ และประสบการณ์สูงกว่าการก่อสร้างอื่นใดเพราะเป็นการก่อสร้างใต้ดินที่ไม่มีอากาศสำหรับหายใจ มีน้ำใต้ดินเป็นอุปสรรคในการก่อสร้าง รวมทั้งการผันแปรทางธรณีวิทยาของชั้นดินหรือหินที่คาดคะเนได้ยากซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติ เราสามารถแบ่งวิธีการขุดเจาะอุโมงค์ได้ 3 วิธีการหลักๆ คือ

1. Drilling and bursting method เป็นวิธีการใช้ระเบิด ปัจจุบันยังเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ สำหรับหินที่มีความแข็งถึงแข็งมาก โดยด้านหน้าของอุโมงค์ (**Tunnel Face**) จะถูกเจาะเป็นรูแล้วฝังดินระเบิดซึ่งจะต้องคำนวณและจัดรูปแบบของรูเจาะ รวมทั้งจัดลำดับการระเบิดให้มีความสัมพันธ์กับลักษณะการวางตัวและความแข็งแรงของชั้นหิน เพื่อให้ได้รูปร่างอุโมงค์ใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด ระยะของการเจาะรูระเบิดจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรง การวางตัวของชั้นหิน



ภาพการเจาะรูหินเพื่อเตรียมการระเบิดหินภายในอุโมงค์



Tunnel Boring Machine (TBM)

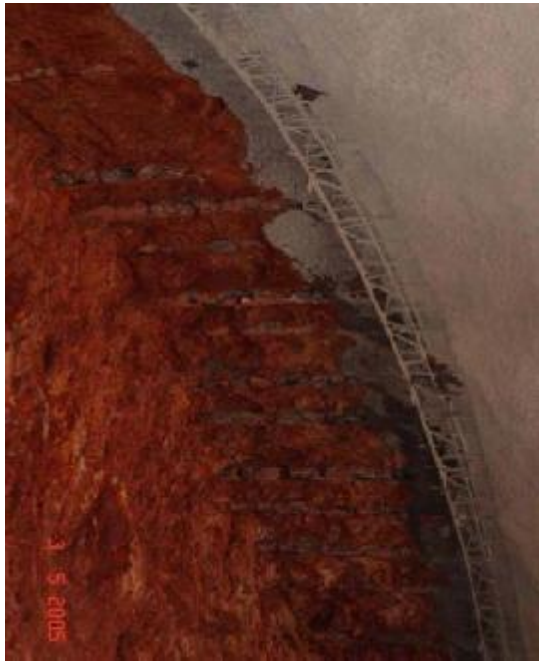
รูปร่างหน้าตัดของอุโมงค์ (**Full Face Excavation**) ไปข้างหน้าแล้วทำการติดตั้งผนังอุโมงค์ตามหลังในทันที สามารถขุดเจาะอุโมงค์ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากกว่า 100 ตารางเมตร ส่วนการเคลื่อนตัวในการขุดจะอาศัยผนังอุโมงค์ส่วนที่อยู่ด้านหลังเป็นตัวยึดและดันไปข้างหน้า

3 Roadheader เป็นเครื่องจักรที่ใช้สำหรับขุดหิน

สำหรับหินที่ไม่แข็งมากจนเกินไปนัก มีลักษณะเป็นรกรซึ่งมีแขนกลที่มีปลายเป็นหัวขุดแบบ **Drag Pick** เมื่อหัวขุดขุดดินได้แล้วจะนำดินที่ได้ใส่สายพานหรือขนใส่รถบรรทุกขนดินออก



Roadheader Machine



ภาพค้ำยันหลังคาอุโมงค์หลังจากขุดอุโมงค์ได้ระยะหนึ่ง



ภาพอุโมงค์ภายหลังจากติดตั้งค้ำยันอุโมงค์ขั้นสุดท้าย

3.3 ติดตั้งระบบป้องกันน้ำ (Waterproofing System)

รอบอุโมงค์ จะติดตั้งหลังจากติดตั้งค้ำยันเสร็จ ซึ่งระบบป้องกันน้ำประกอบด้วยชั้นวัสดุ **Geotextile** ที่ใช้เป็นชั้นระบายน้ำติดตั้งบนผิวคอนกรีตพ่นจากนั้นจะปูทับด้วยชั้นวัสดุทึบน้ำ (**Membrane**)

3.4 ติดตั้งผนังอุโมงค์ (Final Lining) ซึ่งอาจจะเป็นคอนกรีตหล่อในที่ คอนกรีตหล่อสำเร็จ หรือคอนกรีตพ่น แต่ต้องแข็งแรงและสวยงาม



ภาพผนังอุโมงค์แบบคอนกรีตหล่อในที่ (Washington DC)



ภาพผนังอุโมงค์แบบคอนกรีตหล่อสำเร็จ (Malaysia)

ขั้นตอนที่ 4 ติดตั้งการติดตั้งเครื่องมือเพื่อวัดและตรวจสอบพฤติกรรมของอุโมงค์ หลังจากที่ได้ทำผนังอุโมงค์ถาวร (**Permanent lining**) เสร็จสิ้นลง เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน และหากพบพฤติกรรมของอุโมงค์ผิดปกติสามารถที่จะหามาตรการแก้ไขได้ทันก่อนภัยพิบัติจะเกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 ติดตั้งงานระบบด้านความปลอดภัยภายในอุโมงค์ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบระบายอากาศ ระบบดับเพลิง เป็นต้น

ในการขุดเจาะและก่อสร้างอุโมงค์นอกจากประสบการณ์ การวิเคราะห์ห่ออกแบบ และการควบคุมการก่อสร้างที่ต้องเคร่งครัดให้เป็นไปตามมาตรฐานแล้ว การติดตั้งเครื่องมือวัดและตรวจสอบพฤติกรรมของอุโมงค์ก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะข้อมูลที่



Gotthard Road Tunnel Switzerland

ภาพตัวอย่างระบบด้านความปลอดภัยที่ติดตั้งในอุโมงค์ ได้จากการตรวจวัดจะเป็นข้อมูลที่ดียิ่งที่สุด และน่าเชื่อถือกว่า ข้อมูลที่ได้จากการประเมินโดยวิธีอื่น วิศวกรก่อสร้างอุโมงค์ จึงให้ความสำคัญกับการตรวจสอบพฤติกรรมของอุโมงค์ด้วยการติดตั้งเครื่องมือ ทั้งนี้มีใช้เฉพาะในระหว่างการก่อสร้างเท่านั้น แต่รวมไปถึงระยะเวลาหลังการก่อสร้างจบจนถึงอายุการใช้งานของอุโมงค์

อุโมงค์รถยนต์ที่สำคัญในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

อุโมงค์ไห่เวิน (Hai Van Tunnel) เป็นอุโมงค์รถยนต์ที่เจาะผ่านภูเขาไห่เวินเชื่อมระหว่างเมืองดานังและเว้ ประเทศเวียดนาม เป็นอุโมงค์ที่ยาวที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มียาวของอุโมงค์ 6.28 กิโลเมตรกว้าง 11.9 เมตรซึ่งนับได้ว่าเป็นอุโมงค์รถยนต์ที่มีขนาดใหญ่ติดอันดับ 1 ใน 30 ของโลก อุโมงค์ไห่เวินช่วยร่นระยะทางการขนส่ง ลดอันตรายจากการเดินรถข้ามภูเขาไห่เวินที่สูงชัน และยังช่วยเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวให้กับประเทศเวียดนามได้อีกด้วย

อุโมงค์ไห่เวินได้เริ่มก่อสร้างตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2543 ด้วยวิธีการก่อสร้าง **The New Austrian Tunneling Method (NATM)** และก่อสร้างแล้วเสร็จในเดือนมิถุนายน 2548 รวมระยะเวลาก่อสร้างประมาณ 4 ปี ราคาก่อสร้างประมาณ 8,785 ล้านบาท (US\$ 251 mil)



ภาพอุโมงค์ไห่เวิน ประเทศเวียดนาม



อุโมงค์ไห่เวินด้านทิศเหนือ ประเทศเวียดนาม

อุโมงค์เค แอล สมารท์ (KL SMART Tunnel) เป็นชื่ออุโมงค์ย่อมาจากคำภาษาอังกฤษว่า "Stomwater Management and Road Tunnel" อยู่ในประเทศมาเลเซีย มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 13.2 เมตร ซึ่งเป็นอุโมงค์ที่ใหญ่



เลเซีย

ภาพอุโมงค์ KL Smart Tunnel ที่จะก่อสร้างเสร็จ

ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และยังคิด 1 ใน 10 ของอุโมงค์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ความยาวประมาณ 9.7 กิโลเมตร ใช้วิธีการก่อสร้าง Tunnel Boring Machine (TBM) แบบ Slurry Shield ภายในอุโมงค์แบ่งออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นล่างสุดที่ท้องอุโมงค์จะเป็นช่องทางสำหรับระบายน้ำเพื่อจะแก้ปัญหาหน้าท่วมกรุง กัวลาลัมเปอร์ในฤดูน้ำหลาก ถัดมาเป็นถนนแบบ 2 ชั้น จัดการจราจรแบบวันเวย์ไปทางกลับทาง บนถนนชั้นแรกเป็นช่องทางสำหรับออกจากเมือง ส่วนที่สองสำหรับการเดินทางจากทิศใต้เพื่อเข้าเมือง เริ่มก่อสร้างตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2546 และก่อสร้างแล้วเสร็จในเดือนเมษายน 2550 รวมระยะเวลาก่อสร้างประมาณ 4 ปี ราคาก่อสร้างประมาณ 18,000 ล้านบาท (US\$ 514.6 mil)

อ้างอิง

1. หนังสือ **Foundation Engineering and Tunneling** ของ ดร. บุญเทพ นานะรังสรรค์
2. เอกสาร **Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels-Civil Elements** โดย U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration
3. <http://www.tunnel.mottmac.com>
4. <http://www.waikato.transit.govt.nz/proj...hine.jsp>
5. <http://www.dnr.go.th/>
6. <http://th.wikipedia.org/wiki/>
7. <http://www.thaicontractors.com/content/gallery/373.html>
8. http://www.exim.go.th/doc/research/targeted_country/1794.pdf
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Hai_Van_Tunnel
10. <http://english.vietnamnet.vn/biz/2007/01/657251/>
11. http://www.hazama.co.jp/japanese/hazamag/genbarepo/0504/genbarepo01_eng.html
12. http://en.wikipedia.org/wiki/SMART_Tunnel