ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT - ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
KHOA KỸ THUẬT XÂY DỰNG

GIÁO TRÌNH

MÁY XÂY DỰNG

(Lý thuyết & Thực tiễn)

Biên soạn:
NGUYỄN PHÚ HOÀNG

Đà Nẵng, năm 2026

LỜI MỞ ĐẦU

GIÁO TRÌNH MÁY XÂY DỰNG: TỪ LÝ THUYẾT ĐẾN THỰC TIỄN CÔNG TRƯỜNG

Cuốn giáo trình **"Máy Xây Dựng: Từ Lý thuyết đến Thực tiễn Công trường"** được biên soạn dựa trên một triết lý sư phạm cốt lõi: **Một cuốn sách giáo khoa vĩ đại không chỉ truyền đạt kiến thức, mà còn kiến tạo nên tư duy của một người kỹ sư.**

Trong nhiều năm giảng dạy và thực tiễn công trường, chúng tôi nhận thấy khoảng cách lớn giữa kiến thức hàn lâm và yêu cầu thực tế. Sinh viên cần biết không chỉ **"Cái máy là gì?"** mà còn phải biết **"Người kỹ sư sẽ làm gì với cái máy đó?"** và **"Làm thế nào để ra quyết định kinh tế - kỹ thuật tối ưu?"**

Với tinh thần **"lấy người kỹ sư làm trung tâm"**, cuốn sách này không đi sâu vào chi tiết cơ khí phức tạp, mà tập trung vào khả năng **lựa chọn, điều phối, quản lý chi phí, và đảm bảo an toàn** cho tổ hợp máy móc. Mỗi chương đều được lồng ghép các **Case Study Thực tế**, **Kinh nghiệm Công trường** đúc kết từ hàng chục năm kinh nghiệm, và các bài toán tình huống để rèn luyện tư duy phản biện và kỹ năng ra quyết định.

Giáo trình được cấu trúc thành 12 chương, tuân thủ một trình tự công nghệ thi công logic: từ công tác đất nền tảng, qua nền móng, phần thân và logistics vật liệu, đến hoàn thiện mặt đường, và kết thúc bằng các chiến lược quản lý, an toàn và tầm nhìn về tương lai 4.0.

Chúng tôi tin rằng cuốn giáo trình này sẽ là một **cây cầu vững chắc** nối liền giảng đường với công trường, trang bị cho các bạn những công cụ tư duy sắc bén nhất để tự tin trở thành những người kiến tạo công trình vĩ đại.

Trân trọng,

NGUYỄN PHÚ HOÀNG

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU i

DANH MỤC HÌNH ẢNH viii

DANH MỤC BẢNG BIỂU ix

1 TỔNG QUAN VỀ MÁY XÂY DỰNG VÀ ĐỘNG LỰC MÁY 1
1.1 VAI TRÒ VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA CƠ GIỚI HÓA . . . 1
1.2 PHÂN LOẠI MÁY XÂY DỰNG . . . 2
1.2.1 Phân loại theo CÔNG DỤNG (Function) . . . 2
1.2.2 Phân loại theo HỆ THỐNG DI CHUYỂN (Mounting) . . . 2
1.2.3 Phân loại theo NGUỒN ĐỘNG LỰC . . . 3
1.3 CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CƠ BẢN (SPEC SHEET) . . . 3
1.4 ĐỘNG CƠ DIESEL - NGUỒN SỨC MẠNH . . . 3
1.4.1 Nguyên lý hoạt động . . . 4
1.4.2 Tại sao chọn Diesel? . . . 4
1.5 HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC . . . 4
1.6 VAI TRÒ CỦA KỸ SƯ XÂY DỰNG ĐỐI VỚI MÁY MÓC . . . 5
CÂU HỎI ÔN TẬP . . . 7

2 NHÓM MÁY LÀM ĐẤT (PHẦN 1) - MÁY ĐÀO VÀ MÁY ỦI 8
2.1 MÁY ĐÀO (EXCAVATOR) – ”NHÀ VUA” CỦA CÔNG TRƯỜNG . . . 8
2.1.1 Công dụng và Phân loại . . . 9
2.1.2 Cấu tạo chi tiết . . . 10
2.1.3 Các loại bộ công tác chuyên dụng – Biến máy đào thành cỗ máy vạn năng 11
2.2 MÁY ỦI (BULLDOZER) – ”LỰC SĨ” CỦA CÔNG TÁC SAN LẤP . . . 12
2.2.1 Công dụng và Phân loại . . . 12
2.2.2 Cấu tạo chi tiết . . . 12
2.2.3 Nguyên lý làm việc và các phương pháp thi công hiệu quả . . . 13
2.3 PHỐI HỢP THI CÔNG, NĂNG SUẤT VÀ AN TOÀN . . . 14
2.3.1 Tổ hợp thi công điển hình: Máy đào và Ô tô tự đổ . . . 14
2.3.2 Khái niệm về Năng suất máy . . . 15
2.3.3 An toàn lao động khi làm việc với máy đào và máy ủi . . . 16
CÂU HỎI ÔN TẬP . . . 18

3 NHÓM MÁY LÀM ĐẤT (PHẦN 2) - MÁY XÚC LẬT, MÁY SAN, MÁY CẠP 19
3.1 MÁY XÚC LẬT (WHEEL LOADER) – ”NGƯỜI VẬN CHUYỂN NHANH NHẸN” . . . 19
3.1.1 Công dụng và Đặc điểm nhận dạng . . . 20
3.1.2 So sánh Máy xúc lật và Máy đào . . . 21
3.2 MÁY SAN (MOTOR GRADER) – ”NGHỆ NHÂN CỦA MẶT BẰNG” . . . 21
3.2.1 Công dụng và Nguyên lý tạo độ phẳng . . . 22
3.2.2 Cấu tạo đặc trưng . . . 23
3.3 MÁY CẠP (SCRAPER) – ”NGƯỜI KHỔNG LỒ 3 TRONG 1” . . . 23
3.3.1 Công dụng và Phạm vi ứng dụng . . . 24
3.3.2 Nguyên lý làm việc ”Đào - Chở - Rải” . . . 24
3.4 TỔNG KẾT VÀ ỨNG DỤNG . . . 25
3.4.1 Bảng tổng kết lựa chọn máy làm đất . . . 25
3.4.2 Giới thiệu Biểu đồ Điều phối đất (*Mass-Haul Diagram*) . . . 26
CÂU HỎI ÔN TẬP . . . 28

4 NHÓM MÁY ĐẦM NÉN 30
4.1 CÁC NGUYÊN LÝ CƠ BẢN CỦA CÔNG TÁC ĐẦM NÉN . . . 30
4.1.1 Mục đích và Tầm quan trọng của Đầm nén . . . 31
4.1.2 Các Nguyên tắc Thi công Cốt lõi (2 Quy tắc Vàng) . . . 31
4.1.3 Các Phương pháp (Nguyên lý) đầm nén . . . 32
4.2 CÁC LOẠI MÁY LU VÀ THIẾT BỊ ĐẦM NÉN . . . 33
4.2.1 Máy lu bánh thép (*Steel Wheel Roller*) . . . 33
4.2.2 Máy lu chân cừu (*Sheepsfoot / Padfoot Roller*) . . . 34
4.2.3 Máy lu bánh lốp (*Pneumatic Tire Roller*) . . . 34
4.2.4 Các thiết bị đầm nén nhỏ (Cho không gian hẹp) . . . 34
4.3 LỰA CHỌN VÀ KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG . . . 34
4.3.1 Bảng tổng kết lựa chọn máy đầm theo từng loại vật liệu . . . 34
4.3.2 Kiểm soát chất lượng đầm nén (QC/QA) . . . 35
CÂU HỎI ÔN TẬP . . . 39

5 NHÓM MÁY VÀ THIẾT BỊ THI CÔNG NỀN MÓNG 40
5.1 CÁC NGUYÊN TẮC CHUNG VÀ CÔNG NGHỆ ĐÓNG CỌC . . . 40
5.1.1 Báo cáo Khảo sát Địa chất – ”Tổng Tư lệnh” của Móng . . . 41
5.1.2 Công nghệ Đóng cọc (Pile Driving) . . . 42
5.2 CÔNG NGHỆ ÉP CỌC VÀ KHOAN CỌC NHỒI . . . 43
5.2.1 Công nghệ Ép cọc tĩnh (Static Pile Jacking) . . . 43
5.2.2 Công nghệ Khoan cọc nhồi (Bored Piling) . . . 44
5.3 LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN VÀ CÁC CÔNG NGHỆ KHÁC . . . 45
5.3.1 Bảng tổng kết lựa chọn phương án móng cọc . . . 45
5.3.2 Giới thiệu thiết bị thi công Tường vây và Cải tạo nền đất . . . 45
CÂU HỎI ÔN TẬP . . . 47

6 NHÓM MÁY NÂNG CHUYỂN (PHẦN 1) - CẦN TRỤC **48**
6.1 CÁC NGUYÊN TẮC CƠ BẢN VÀ AN TOÀN TUYỆT ĐỐI 48
6.1.1 Ngôn ngữ của Cần trục - 3 Thông số Vàng 49
6.1.2 Biểu đồ tải (Load Chart) - "Kinh thánh" của An toàn 49
6.1.3 Nguyên tắc vàng về Ổn định (Stability) 51
6.2 CÁC LOẠI CẦN TRỤC PHỔ BIẾN 52
6.2.1 Cần trục tự hành (Mobile Crane) 52
6.2.2 Cần trục tháp (Tower Crane) 53
CÂU HỎI ÔN TẬP 56

7 NHÓM MÁY NÂNG CHUYỂN (PHẦN 2) - THIẾT BỊ VẬN CHUYỂN LIÊN TỤC VÀ THIẾT BỊ NÂNG KHÁC **58**
7.1 MÁY VẬN CHUYỂN LIÊN TỤC (CONTINUOUS CONVEYORS) 59
7.1.1 Phân loại tổng quan và Ưu điểm cốt lõi 59
7.1.2 Băng tải (Belt Conveyor) – "Dòng sông" vận chuyển vật liệu thô 59
7.1.3 Vít tải (Screw Conveyor) – "Đường ống" chuyên dụng 60
7.2 CÁC THIẾT BỊ NÂNG CHUYÊN DỤNG KHÁC 61
7.2.1 Vận thăng lồng (Construction Hoist) – "Thang máy" của công trường . 61
7.2.2 Pa lăng (Hoist) và Tời (Winch) – Công cụ nâng hạ nhỏ gọn 62
CÂU HỎI ÔN TẬP 64

8 NHÓM MÁY SẢN XUẤT VẬT LIỆU **65**
8.1 TRẠM TRỘN BÊ TÔNG (CONCRETE BATCHING PLANT) – "NHÀ BẾP ƯỚT" 65
8.1.1 Sơ đồ Dây chuyền Công nghệ và Định lượng 65
8.1.2 Máy trộn (Mixer) – "Trái tim" của Trạm trộn 66
8.2 DÂY CHUYỀN NGHIỀN SÀNG ĐÁ – "NHÀ BẾP KHÔ" 68
8.2.1 Các máy chính trong dây chuyền Cốt liệu 68
8.2.2 Sơ đồ Dây chuyền Nghiền Sàng "Chu trình kín" 68
CÂU HỎI ÔN TẬP 70

9 NHÓM MÁY THI CÔNG BÊ TÔNG **71**
9.1 VẬN CHUYỂN VÀ ĐƯA BÊ TÔNG LÊN CAO 71
9.1.1 Xe vận chuyển bê tông (Transit Mixer) 71
9.1.2 Máy bơm bê tông (Concrete Pump) – Cuộc cách mạng tốc độ 73
9.1.3 Kiểm soát Độ sụt (Slump Test) - Tiêu chuẩn bơm 75
9.2 HOÀN THIỆN BÊ TÔNG VÀ LẬP KẾ HOẠCH 76
9.2.1 Công tác Đầm lèn bê tông – Loại bỏ lỗ rỗng 76
9.2.2 Lập kế hoạch và chuẩn bị cho một ca đổ bê tông 77
CÂU HỎI ÔN TẬP 78

10 NHÓM MÁY THI CÔNG MẶT ĐƯỜNG **80**
10.1 SẢN XUẤT VÀ DÂY CHUYỀN THI CÔNG 80
10.1.1 Trạm trộn bê tông nhựa nóng (Asphalt Plant) 80
10.1.2 Dây chuyền thi công và Kiểm soát Nhiệt độ 81

10.1.3 Máy rải bê tông nhựa (Asphalt Paver) – ”Nghệ sĩ” trải thảm 82
10.1.4 Tổ hợp Máy lu – ”Đoàn tàu Đầm nén” 83
10.2 CÔNG TÁC DUY TU, SỬA CHỮA 83
10.2.1 Máy phay bóc mặt đường (Milling Machine / Cold Planer) 84
CÂU HỎI ÔN TẬP 86

11 LỰA CHỌN VÀ QUẢN LÝ MÁY XÂY DỰNG 87
11.1 NGHỆ THUẬT LỰA CHỌN MÁY 87
11.1.1 Ba Chân kiềng của Quyết định Lựa chọn 88
11.1.2 Bài toán kinh điển: Cân bằng Tổ hợp máy thi công Đất 88
11.2 BÀI TOÁN CHI PHÍ – KHÔNG CHỈ LÀ GIÁ MUA 89
11.3 QUẢN LÝ HIỆU SUẤT VÀ SỨC KHỎE CỦA MÁY 91
11.3.1 Công tác Bảo dưỡng và Công nghệ Telematics 91
11.3.2 Tích hợp Kế hoạch Máy móc vào Tiến độ Tổng thể 91
CÂU HỎI ÔN TẬP 92

12 AN TOÀN LAO ĐỘNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA MÁY XÂY DỰNG 93
12.1 TỔNG KẾT VÀ QUẢN LÝ AN TOÀN – KHUNG TƯ DUY ỨNG PHÓ 93
12.1.1 Tổng kết Các Rủi ro Máy móc Cốt lõi 94
12.1.2 ”Kim tự tháp An toàn” - Các Cấp độ Phòng ngừa 94
12.1.3 Văn hóa An toàn – Quyền Dừng Công Việc (SWA) 95
12.2 TƯƠNG LAI CỦA MÁY XÂY DỰNG VÀ VAI TRÒ KỸ SƯ 4.0 96
12.2.1 Xu hướng Bền vững và Điện hóa (Electrification) 96
12.2.2 Xu hướng Tự động hóa và Số hóa 96
12.2.3 Tương lai của bạn: Kỹ sư Xây dựng 4.0 97
CÂU HỎI ÔN TẬP 99

PHỤ LỤC 100
PHỤ LỤC A: THUẬT NGỮ ANH - VIỆT 100
PHỤ LỤC B: TRA CỨU & TÍNH TOÁN 101
PHỤ LỤC C: CÔNG NGHỆ CHUYÊN SÂU 102
PHỤ LỤC D: HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP 103

TÀI LIỆU THAM KHẢO 114

DANH MỤC HÌNH ẢNH

1.1 Toàn cảnh đại công trường với sự tham gia của cơ giới hóa. *(Ảnh: Công trường chợ Đà Lạt, Việt Nam — Wikimedia Commons, Public Domain)* . . . 2
1.2 Sơ đồ nguyên lý hệ thống truyền động thủy lực cơ bản. . . . 4

2.1 Máy đào bánh xích hiện đại trên công trường. *(Ảnh: Wikimedia Commons, giấy phép CC0)* . . . 9
2.2 Sơ đồ cấu tạo máy đào thủy lực — ba cụm bộ phận chính: **(1)** Hệ thống di chuyển; **(2)** Hệ thống quay toa & cabin (động cơ, bơm thủy lực, đối trọng, cabin); **(3)** Bộ công tác (Cần – Tay cần – Gầu). . . . 10
2.3 Năm bộ công tác chuyên dụng có thể thay lắp nhanh vào máy đào nhờ **Khớp nối nhanh (Quick Coupler)**: búa phá đá, kìm bóp bê tông, gầu ngoạm, búa rung, khớp nối nhanh. . . . 11
2.4 Máy ủi (”Lực sĩ”) đang thực hiện công tác san đất. . . . 12
2.5 Sơ đồ cấu tạo máy ủi: Máy kéo cơ sở (*Tractor*) + Lưỡi ủi (*Blade*) phía trước + Bộ xới (*Ripper*) phía sau. Máy ủi được tối ưu để tạo **lực đẩy** về phía trước. . . . 13
2.6 Nguyên lý cắt và đẩy đất của máy ủi: lưỡi ủi cắt vào đất, tạo thành một khối đất di động gọi là **lăng thể đất** (*Earth Wedge*). . . . 13
2.7 Hai kỹ thuật san ủi hiệu quả (nhìn từ trên xuống): **(a) Ủi theo rãnh** — đất tràn hai bên tạo ”bờ tường” dẫn hướng, ngăn đất thất thoát; **(b) Ủi song song** — hai máy ủi làm việc sát cạnh nhau, giảm thất thoát ở khe giữa. . . . 14
2.8 Tối ưu hóa vị trí xe ben theo góc quay toa của máy đào: **(a)** xe ben đặt ngay bên cạnh, góc quay nhỏ (45°) — năng suất cao; **(b)** xe ben đặt đối diện, góc quay lớn (180°) — thời gian chu kỳ tăng tới 40%. . . . 15
2.9 Vùng nguy hiểm và điểm mù của máy đào (nhìn từ trên xuống). Vùng nguy hiểm là hình tròn có bán kính bằng tầm với xa nhất của máy; điểm mù nguy hiểm nhất nằm ở khu vực **sau đuôi đối trọng** khi máy quay toa. . . . 17

3.1 Máy xúc lật đang nạp liệu tại trạm trộn bê tông. *(Ảnh: Syced, Wikimedia Commons, giấy phép CC0)* . . . 20
3.2 Máy san đang thi công hoàn thiện mặt đường. . . . 22
3.3 Máy cạp (”Người khổng lồ 3 trong 1”) trên công trường. *(Ảnh: U.S. Army Corps of Engineers, Public Domain)* . . . 24

3.4 Biểu đồ điều phối đất (Mass-Haul Diagram). Trục tung là **khối lượng đất tích lũy** (m^3): đoạn dốc lên là **đào (Cut)**, đoạn dốc xuống là **đắp (Fill)**. Đường cân bằng nằm ngang cắt đường cong tại hai điểm có cùng tung độ — trong khoảng đó khối lượng đào bằng khối lượng đắp. Diện tích S giữa đường cong và đường cân bằng ($m^3 \cdot m$) dùng để tính **cự ly vận chuyển trung bình**: $\bar{L} = S/V$. 26

4.1 So sánh hiệu quả đầm nén: Lớp mỏng (Đúng) vs Lớp dày (Sai). 31
4.2 Đường cong đầm nén Proctor xác định Độ ẩm tốt nhất (OMC) và Khối lượng thể tích khô lớn nhất (MDD). Đường Zero Air Voids (ZAV) là đường hypebol nằm **hoàn toàn phía trên** đường cong đầm nén — mọi trạng thái đầm nén thực tế đều nằm dưới đường này. 32
4.3 Các loại thiết bị đầm nén phổ biến trên công trường. 33
4.4 Quy trình thí nghiệm **Phễu rót cát** (Sand Cone Test) theo TCVN 4199:2012 — dùng để xác định **khối lượng thể tích khô** và **độ chặt** K của đất đắp tại hiện trường. Bộ phễu rót cát gồm bình cát, van khoá, nón và tấm đế có lỗ trung tâm; trước khi dùng phải **hiệu chuẩn** để xác định khối lượng thể tích cát chuẩn $\gamma_{cát}$ và hằng số C (khối lượng cát lấp nón + tấm đế). Hố đào sâu 10–15 cm qua lỗ tấm đế; **toàn bộ đất đào phải thu hồi và cân ngay** ($W_{đất}$), đồng thời lấy ~200 g để sấy xác định độ ẩm w — thiếu hai số liệu này thì không thể tính được γ_k. Thể tích hố đào suy ra từ lượng cát đã lấp hố: $V_{hố} = (W_1 - W_2 - C)/\gamma_{cát}$ (với W_1, W_2 là khối lượng bình cát trước và sau khi rót, w là độ ẩm của đất); từ đó tính khối lượng thể tích khô γ_k và so với $\gamma_{k,\max}$ (Proctor) để ra độ chặt K. . . . 37

5.1 Ví dụ về mặt cắt địa chất và biểu đồ chỉ số SPT (N-value) theo độ sâu. Chỉ số N tăng dần theo độ sâu; tại tầng cát chặt (dưới 20 m), N đạt tới 50 nhát (refusal). 42
5.2 Robot ép cọc tĩnh tự hành với các khối đối trọng bê tông. 43
5.3 Quy trình 5 bước thi công cọc khoan nhồi. 44

6.1 Ba thông số vàng của cần trục: **Sức nâng** Q, **Tầm với** R và **Chiều cao nâng** H. Sức nâng danh định ($Q = 50$ t) **chỉ đạt được ở tầm với nhỏ nhất** ($R \approx 3$ m); khi tầm với tăng, sức nâng cho phép giảm nhanh (biểu đồ tải bên phải) — tại $R = 12$ m chỉ còn ≈ 20 t, tại $R = 30$ m chỉ còn ≈ 4 t. 49
6.2 Sơ đồ nguyên lý đọc Biểu đồ tải (Load Chart). *Số liệu trong hình là con số minh họa để học cách đọc — không phải thông số của một máy cụ thể. Muốn dùng số thật phải lấy đúng biểu đồ tải trong catalogue của máy đó.* 51
6.3 Cấu tạo các bộ phận chính của Cần trục tháp. 54

7.1 Hệ thống băng tải vận chuyển cốt liệu liên tục tại trạm nghiền. 59
7.2 Sơ đồ cấu tạo vít tải (trục vít xoắn trong máng kín): **(I)** mặt cắt dọc — **(A)** trục vít & cánh vít, **(B)** máng chữ U có nắp đậy, **(C)** ổ trục, **(D)** cửa nạp, **(E)** cửa xả, **(F)** động cơ – hộp giảm tốc (nắp máng đã bóc để lộ ruột, thể hiện bằng nét đứt); **(II)** mặt cắt ngang cho thấy **máng kín có nắp đậy** — chính là cơ sở của ưu điểm chống bụi, chống ẩm. 60
7.3 Vận thăng lồng thi công tại công trình cao tầng. 61
7.4 Phân biệt Pa lăng và Tời dựa trên phương làm việc. 62

8.1 Sơ đồ dây chuyền công nghệ trạm trộn bê tông xi măng. Cốt liệu (cát, đá) chứa trong phễu và xi măng chứa trong silo kín, được đưa lên bằng băng tải và vít tải. **Bước then chốt là Định lượng (Dosing / Weighing)** — mỗi loại vật liệu được cân riêng trên hệ thống cân điện tử độc lập, quyết định Mác bê tông. Sau đó các thành phần được xả vào máy trộn, rồi xả xuống xe trộn bê tông. 66
8.2 Sơ đồ phân loại máy trộn bê tông. Hai tiêu chí phân loại chính là **phương pháp trộn** và **cách bố trí thùng**. Trong thực tế, **máy trộn cưỡng bức** ★ được dùng ở hầu hết các trạm trộn hiện đại vì cho chất lượng bê tông đồng đều hơn hẳn. . . 67
8.3 Sơ đồ dây chuyền nghiền sàng đá theo chu trình kín. 69

9.1 Xe bồn vận chuyển bê tông. 72
9.2 Phân biệt hai loại máy bơm bê tông phổ biến. *(Ảnh: Wikimedia Commons — giấy phép CC0)* 73
9.3 Quy trình thí nghiệm kiểm tra Độ sụt (*Slump Test*) theo TCVN 3106:2022. Bê tông được đổ vào côn **3 lớp**, đầm mỗi lớp **25 nhát** (với côn N1), gạt phẳng miệng côn rồi **nhấc côn thẳng đứng trong 5–10 giây**. Độ sụt là chênh lệch chiều cao giữa đỉnh côn ban đầu và đỉnh khối bê tông sau khi sụt. Côn N1 tiêu chuẩn: đường kính đỉnh 100 mm, đường kính đáy 200 mm, chiều cao 300 mm. 75
9.4 Các thiết bị đầm lèn bê tông: Đầm dùi cho khối lớn và Đầm bàn cho mặt sàn. . 76

10.1 Trạm trộn bê tông nhựa nóng. *(Ảnh: Wikimedia Commons, Public Domain)* 81
10.2 Máy rải bê tông nhựa. *(Ảnh: Vögele SUPER 1600-3i — Wikimedia Commons, giấy phép CC0)* 82
10.3 Tổ hợp 3 loại lu theo **đúng trình tự kỹ thuật**: Lu rung (sơ bộ, nhiệt độ cao nhất 130 ÷ 140°C) → Lu bánh lốp (trung gian, 100 ÷ 120°C) → Lu tĩnh (hoàn thiện, 80 ÷ 90°C, không rung). 83
10.4 Máy phay bóc mặt đường cũ để tái chế. 84

11.1 Chu trình làm việc của tổ hợp Máy đào – Xe ben (cơ sở của bài toán cân bằng năng suất). 88
11.2 Mô hình tảng băng trôi của TCO: Chi phí Mua (phần nổi) chỉ là bề mặt, Chi phí Sở hữu và Chi phí Vận hành (phần chìm) mới chiếm phần lớn tổng chi phí vòng đời của máy. *Các tỉ lệ phần trăm là con số minh họa để thấy mức độ chênh lệch, không phải số liệu khảo sát.* 90

12.1 Kim tự tháp An toàn (*Hierarchy of Controls*) — 5 cấp độ kiểm soát rủi ro, xếp theo mức độ hiệu quả giảm dần từ trên xuống: **Loại bỏ** (hiệu quả nhất) → **Thay thế** → **Kiểm soát kỹ thuật** → **Kiểm soát hành chính** → **Bảo hộ cá nhân (PPE)** (ít hiệu quả nhất). 95
12.2 Máy đào mini chạy hoàn toàn bằng điện (Zero Emission), giảm tiếng ồn và khí thải. 96
12.3 Hệ thống vận tải tự hành (Autonomous Haulage System) tại các mỏ lớn. 97

DANH MỤC BẢNG BIỂU

1.1 So sánh Máy bánh xích và Máy bánh lốp 3

2.1 So sánh máy đào gầu nghịch và gầu thuận 10

3.1 So sánh Máy xúc lật và Máy đào 21
3.2 Bảng tổng hợp lựa chọn máy làm đất 25

4.1 Các phương pháp đầm nén cơ bản 33
4.2 Lựa chọn máy đầm theo loại vật liệu 35

5.1 So sánh lựa chọn phương án móng cọc 45

6.1 So sánh đặc tính kỹ thuật Cần trục bánh lốp và Bánh xích 53

8.1 Phân loại và so sánh các loại máy trộn bê tông theo bốn tiêu chí. 67

9.1 So sánh Bơm cần và Bơm tĩnh 74

10.1 Ba giai đoạn đầm nén mặt đường nhựa 83

12.1 Các cấp độ trong Kim tự tháp An toàn 94

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ MÁY XÂY DỰNG VÀ ĐỘNG LỰC MÁY

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Trình bày được** vai trò và tầm quan trọng của cơ giới hóa trong xây dựng hiện đại.
2. **Phân biệt được** ba phương pháp phân loại máy xây dựng chính.
3. **Nhận biết và giải thích được** ý nghĩa các thông số kỹ thuật cơ bản (Spec Sheet).
4. **Lý giải được** tại sao động cơ Diesel là lựa chọn ưu tiên (đặc tính mô-men xoắn).
5. **Mô tả được** nguyên lý và ưu điểm của Hệ thống truyền động thủy lực.
6. **Xác định được** bốn vai trò cốt lõi của kỹ sư xây dựng đối với máy móc.

Lời mở đầu: Chào mừng các kỹ sư tương lai đến với học phần Máy Xây Dựng. Chương 1 sẽ là viên gạch nền tảng cho toàn bộ học phần, trả lời ba câu hỏi lớn: **Tại sao** cần máy xây dựng? Chúng được **phân loại** thế nào? Và **điều gì** tạo nên sức mạnh cho chúng?

1.1 VAI TRÒ VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA CƠ GIỚI HÓA

Cơ giới hóa xây dựng là việc sử dụng máy móc để thay thế và hỗ trợ sức lao động con người. Những lợi ích cốt lõi bao gồm:

- **Tăng năng suất lao động:** Tăng hàng chục, hàng trăm lần so với thủ công.
- **Rút ngắn tiến độ thi công:** Đẩy nhanh tốc độ các hạng mục.
- **Nâng cao chất lượng:** Loại bỏ sai số và sự không ổn định của con người.

- **Đảm bảo an toàn lao động:** Giải phóng con người khỏi vị trí nguy hiểm.
- **Thực hiện công việc phức tạp:** Thi công công trình quy mô lớn, kỹ thuật cao.



Hình 1.1: Toàn cảnh đại công trường với sự tham gia của cơ giới hóa. *(Ảnh: Công trường chợ Đà Lạt, Việt Nam — Wikimedia Commons, Public Domain)*

1.2 PHÂN LOẠI MÁY XÂY DỰNG

Để không bị ”ngợp”, người kỹ sư cần sử dụng các tiêu chí phân loại sau:

1.2.1 PHÂN LOẠI THEO CÔNG DỤNG (FUNCTION)

Đây là cách phân loại **quan trọng nhất**, giúp hình thành tư duy hệ thống về công năng của thiết bị (”Cái máy này dùng để LÀM GÌ?”).

1.2.2 PHÂN LOẠI THEO HỆ THỐNG DI CHUYỂN (MOUNTING)

Quyết định khả năng thích ứng của máy với địa hình (”Cái máy này ĐI LẠI bằng gì?”).

Bảng 1.1: So sánh Máy bánh xích và Máy bánh lốp

Tiêu chí	Máy bánh xích (Crawler)	Máy bánh lốp (Wheel)
Ưu điểm	- Áp suất lên nền đất nhỏ. - Bám tốt, lực kéo lớn.	- Tốc độ di chuyển cao, cơ động. - Không phá hỏng mặt đường.
Nhược điểm	- Tốc độ chậm. - Gây hư hỏng mặt đường. - Tốn chi phí vận chuyển xa.	- Yêu cầu nền đất tốt. - Độ ổn định thấp hơn khi tải nặng.
Ứng dụng	Máy đào, ủi trên nền đất yếu, địa hình phức tạp.	Máy xúc lật, máy san trong đô thị, di chuyển nhiều.

Case Study: Bài toán lựa chọn máy đào

- **Dự án A (Sửa chữa đường đô thị):** Phải dùng **máy đào bánh lốp** (vì tính cơ động và bảo vệ mặt đường nhựa).
- **Dự án B (Nạo vét kênh sình lầy):** Phải dùng **máy đào bánh xích** (vì cần lực bám và khả năng lội bùn).

1.2.3 PHÂN LOẠI THEO NGUỒN ĐỘNG LỰC

Chủ yếu là Động cơ **Diesel** (máy cơ động) và Động cơ **Điện** (máy cố định).

1.3 CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CƠ BẢN (SPEC SHEET)

Bảng thông số kỹ thuật là ”sơ yếu lý lịch” của máy.

- **Công suất động cơ (Engine Power):** Sức mạnh nguồn phát (HP hoặc kW).
- **Trọng lượng vận hành (Operating Weight):** Quan trọng để đánh giá áp lực lên nền đất và sự ổn định.
- **Thông số đặc trưng:** Dung tích gầu (máy đào), Sức nâng (cần trục)...

Ghi chú của Kỹ sư: Sự đánh đổi (Trade-off)

Hãy luôn ghi nhớ **sự đánh đổi**. Ví dụ: Với cần trục, khi **Tầm với** tăng lên, **Sức nâng** phải giảm xuống để đảm bảo ổn định. Hiểu rõ mối quan hệ này là chìa khóa để vận hành an toàn.

1.4 ĐỘNG CƠ DIESEL - NGUỒN SỨC MẠNH

Hơn 90% máy xây dựng dùng động cơ Diesel vì đặc tính kỹ thuật vượt trội.

1.4.1 NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

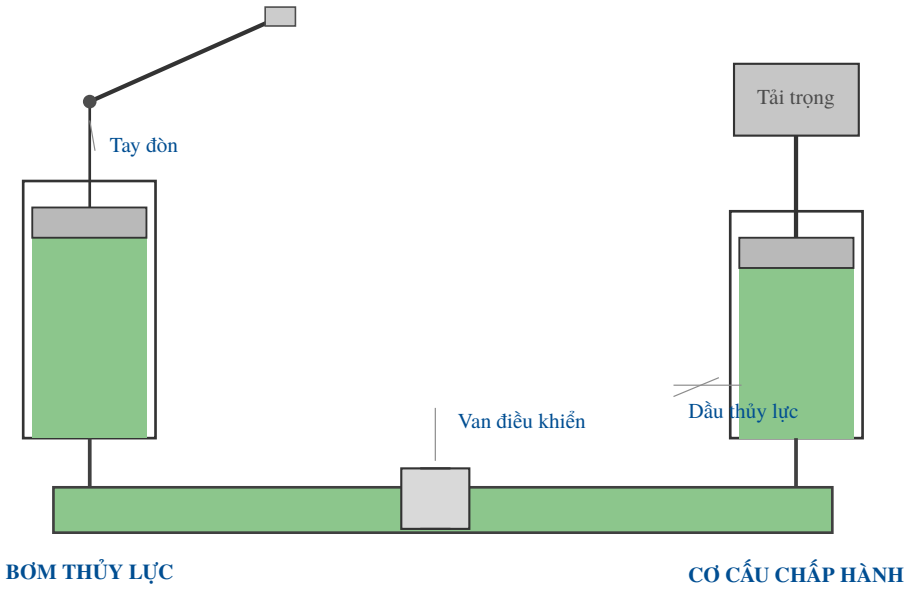
Hoạt động theo chu trình 4 kỳ: Nạp - Nén - Nổ - Xả. Nhiên liệu tự bốc cháy do áp suất nén cực cao (tỷ số nén 15:1 đến 22:1).

1.4.2 TẠI SAO CHỌN DIESEL?

Kiến thức cốt lõi: Mô-men xoắn (Torque) là Vua!

Máy xây dựng cần **sức mạnh bền bỉ** (sức kéo) hơn là tốc độ. Động cơ Diesel tạo ra **Mô-men xoắn cực lớn ở vòng tua thấp**, cho phép máy ủi, máy đào thắng được sức cản khổng lồ của đất đá mà không bị "chết máy".

1.5 HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC



Hình 1.2: Sơ đồ nguyên lý hệ thống truyền động thủy lực cơ bản.

Đây là "hệ tuần hoàn" năng lượng của máy hiện đại.

- **Nguyên lý:** Động cơ quay *Bơm thủy lực* → Dầu cao áp → Van điều khiển → *Xy-lanh/Mô-tơ thủy lực*.
- **Ưu điểm vượt trội:**
  - **Khuếch đại lực lớn:** Nhờ nguyên lý Pascal.
  - **Điều khiển chính xác, êm dịu:** Lý tưởng cho thao tác đào, nâng.
  - **Thiết kế linh hoạt:** Dùng ống dẫn dầu thay vì trục cơ khí cồng kềnh.

Ví dụ Sơ cấp: Nguyên lý Pascal

Hình dung một bàn nâng rửa xe ô tô.

- Lực tác động nhỏ (F_1) vào piston nhỏ (tiết diện S_1).
- Áp suất truyền đi nguyên vẹn: $P = F_1/S_1$.
- Tại piston lớn (nâng xe) có tiết diện S_2 (lớn gấp 100 lần S_1).
- Lực nâng tạo ra: $F_2 = P \times S_2 = F_1 \times 100$.

→ **Kết luận:** Chỉ cần một lực tay nhỏ có thể nâng bổng cả chiếc ô tô. Đó là sức mạnh của thủy lực.

1.6 VAI TRÒ CỦA KỸ SƯ XÂY DỰNG ĐỐI VỚI MÁY MÓC

Tư duy sai lầm cần loại bỏ

Học máy xây dựng không phải để trở thành thợ vận hành hay thợ cơ khí.

Vai trò thực sự của bạn – Người nhạc trưởng trên công trường:

1. **LỰA CHỌN (To Select):** Dựa vào yêu cầu kỹ thuật, biện pháp thi công và điều kiện mặt bằng, bạn phải quyết định: Dùng máy đào gầu 0.8 m^3 hay 1.2 m^3? Dùng cần trục tháp leo trong hay tự đứng?
   → *Lựa chọn sai sẽ gây lãng phí hàng tỷ đồng và làm chậm tiến độ.*
2. **ĐIỀU PHỐI (To Coordinate):** Bạn phải bố trí máy móc làm việc với nhau một cách nhịp nhàng. Cần bao nhiêu xe ben để phục vụ một máy đào? Vị trí đứng của cần trục ở đâu để có tầm với hiệu quả nhất?
   → *Đây là bài toán tối ưu hóa năng suất.*
3. **QUẢN LÝ (To Manage):** Bạn phải hiểu các thông số cơ bản để lập kế hoạch, dự trù chi phí (nhiên liệu, bảo dưỡng), và giám sát hiệu quả làm việc của máy.
4. **ĐẢM BẢO AN TOÀN (To Ensure Safety):** Bạn là người chịu trách nhiệm cao nhất về an toàn trên khu vực mình phụ trách. Hiểu về máy móc là điều kiện tiên quyết để nhận diện rủi ro và thiết lập các quy tắc an toàn.

Kết luận

Chúng ta học về "cái máy" để có thể **"dùng người lái máy"** và **"quản lý cái máy"** một cách hiệu quả nhất.

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 1 đã trang bị những kiến thức nhập môn quan trọng nhất, là viên gạch nền tảng cho toàn bộ học phần. Chúng ta đã hiểu rằng cơ giới hóa là xương sống của ngành xây dựng hiện đại, mang lại lợi ích to lớn về **năng suất, tiến độ, chất lượng và an toàn** (Mục 1.1).

Máy móc được phân loại chủ yếu theo **công dụng**, **hệ thống di chuyển** (bánh xích cho nền yếu, bánh lốp cho đô thị), và **nguồn động lực** (Diesel/Điện). Việc đọc hiểu các **thông số kỹ thuật** cơ bản (Công suất, Trọng lượng, Dung tích Gầu, Tầm với) là bước đầu tiên để lựa chọn máy (Mục 1.2, 1.3).

Đi sâu vào bên trong, chúng ta đã khám phá ra ”trái tim” cung cấp năng lượng là **động cơ Diesel** và lý giải tại sao nó là ”vua” trên công trường: nhờ khả năng tạo ra **Mô-men xoắn cực lớn ở vòng tua thấp** (Mục 1.4). ”Hệ tuần hoàn” truyền năng lượng là **Hệ thống truyền động thủy lực**, nổi lên như một công nghệ cốt lõi nhờ khả năng **điều khiển chính xác** và **khuếch đại lực** mạnh mẽ (Nguyên lý Pascal) (Mục 1.5).

Cuối cùng, và quan trọng nhất, chương học đã định hình rõ vai trò của một kỹ sư xây dựng: không phải là người lái máy, mà là người **”Nhạc trưởng”** có đủ kiến thức và trách nhiệm để thực hiện bốn vai trò cốt lõi: **Lựa chọn, Điều phối, Quản lý, và Đảm bảo An toàn** cho cả một ”dàn nhạc” máy móc (Mục 1.6). Đây chính là nền tảng tư duy sẽ theo suốt các bạn trong các chương tiếp theo và trong cả sự nghiệp sau này.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày 5 lợi ích chính của việc cơ giới hóa trong xây dựng.
2. So sánh các ưu, nhược điểm của hệ thống di chuyển bằng bánh xích và bánh lốp. Cho ví dụ về một công việc mà bắt buộc phải dùng máy bánh xích.
3. Lý giải tại sao động cơ Diesel lại được ưu tiên sử dụng trên máy xây dựng so với động cơ xăng (nhấn mạnh vào đặc tính kỹ thuật).
4. Tại sao hệ thống truyền động thủy lực lại được sử dụng phổ biến trên máy xây dựng hiện đại? Hãy giải thích ngắn gọn nguyên lý **khuếch đại lực** của nó.
5. Nêu và phân tích 4 vai trò cốt lõi và trách nhiệm bao trùm của một kỹ sư xây dựng đối với máy móc thiết bị tại công trường.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 1.1: Phân tích tình huống lựa chọn máy
Một nhà thầu đang chuẩn bị thi công hai dự án nhỏ:

- **Dự án A:** Dọn dẹp và san gạt lại mặt bằng một sân bóng đá mini trong thành phố, mặt bằng hiện hữu là sân cỏ trên nền đất cứng.
- **Dự án B:** Đào một con mương thoát nước dài 200m qua một khu vực đất ruộng mềm và hơi lún.

Họ đang phân vân giữa việc thuê một máy đào bánh xích nhỏ hoặc một máy đào bánh lốp có cùng dung tích gầu. Với vai trò là kỹ sư tư vấn, bạn hãy:

1. Đề xuất loại máy (bánh xích hay bánh lốp) cho từng dự án.
2. Giải thích lý do lựa chọn của bạn cho từng trường hợp, dựa trên các ưu và nhược điểm của mỗi loại hệ thống di chuyển.

Bài tập 1.2: Tư duy quản lý
Một máy đào được ghi trong catalogue có công suất động cơ là 150 HP. Một thợ vận hành mới vào nghề cho rằng máy này chắc chắn sẽ yếu hơn một máy khác của hãng khác có công suất 160 HP. Dựa vào ”Ghi chú của Kỹ sư” đã học, bạn sẽ giải thích cho người thợ vận hành đó như thế nào để anh ta hiểu rằng công suất động cơ không phải là yếu tố duy nhất quyết định sức mạnh đào của máy?

CHƯƠNG 2

NHÓM MÁY LÀM ĐẤT (PHẦN 1) - MÁY ĐÀO VÀ MÁY ỦI

MỤC TIÊU CHƯƠNG 2

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Mô tả được** cấu tạo chi tiết và chức năng của các bộ phận chính trên máy đào và máy ủi.
2. **Phân biệt được** công dụng, nguyên lý, và phạm vi ứng dụng của Máy đào (Excavator) và Máy ủi (Bulldozer).
3. **Giải thích được** khái niệm **"Chu kỳ làm việc"** (*Cycle Time*) và các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất thực tế.
4. **Tính toán được** năng suất kỹ thuật và năng suất thực tế cơ bản của máy đào.
5. **Áp dụng kiến thức** để phân tích và lựa chọn loại máy phù hợp cho một bài toán công tác đất cụ thể và nhận diện **Vùng nguy hiểm** (Danger Zone) cơ bản.

Lời mở đầu chương: Sau khi đã có cái nhìn tổng quan ở Chương 1, từ chương này, chúng ta sẽ đi sâu vào từng nhóm máy cụ thể. Mở đầu cho hành trình này là hai **"gã khổng lồ"** mà bất kỳ ai bước chân ra công trường cũng sẽ gặp đầu tiên: **Máy đào** và **Máy ủi**. Chúng là những cỗ máy chủ lực, là xương sống của mọi công tác đất, từ việc đào hố móng nhỏ đến san lấp mặt bằng quy mô lớn. Việc làm chủ kiến thức về hai loại máy này, hiểu rõ sở trường và sự phối hợp của chúng, chính là kỹ năng nền tảng và thiết yếu nhất của một người kỹ sư hiện trường.

2.1 MÁY ĐÀO (EXCAVATOR) – "NHÀ VUA" CỦA CÔNG TRƯỜNG

Máy đào, là loại máy làm đất đa năng và linh hoạt nhất. Nó được ví như "con dao đa năng" trên công trường, có khả năng thực hiện vô số công việc khác nhau.

2.1.1 CÔNG DỤNG VÀ PHÂN LOẠI



Hình 2.1: Máy đào bánh xích hiện đại trên công trường. *(Ảnh: Wikimedia Commons, giấy phép CC0)*

Công dụng đa năng

- **Công dụng chính:** Đào đất dưới mức máy đứng và bốc xúc vật liệu lên phương tiện vận chuyển.
- **Các công dụng khác:** Phá dỡ công trình (khi lắp búa phá đá), cẩu lắp cấu kiện nhẹ, san gạt taluy.

Phân loại theo cơ cấu công tác

- **a. Máy đào gầu nghịch (*Backhoe Excavator*):** Loại **phổ biến nhất** (trên 95%). Đào bằng cách **kéo gầu về phía thân máy**. Chuyên dùng để đào sâu xuống dưới mặt bằng máy đứng (móng, tầng hầm, kênh mương).
- **b. Máy đào gầu thuận (*Power Shovel*):** Đào bằng cách **đẩy gầu ra xa và hướng lên trên**. Chuyên dùng để đào vào vách đất đá ở vị trí **cao hơn** mặt bằng máy đứng (khai thác mỏ, san gạt đồi núi).

Bảng 2.1: So sánh máy đào gầu nghịch và gầu thuận

Tiêu chí	Gầu nghịch (Backhoe)	Gầu thuận (Power Shovel)
Tần suất sử dụng	Phổ biến nhất (trên 95%)	Ít gặp (chủ yếu ở mỏ)
Hướng đào	Kéo gầu về phía thân máy	Đẩy gầu ra xa và hướng lên
Vị trí đào	Dưới mức máy đứng	Cao hơn mặt bằng máy đứng
Ứng dụng	Móng, tầng hầm, kênh mương	Khai thác mỏ, san gạt đồi núi

Phân loại theo hệ thống di chuyển

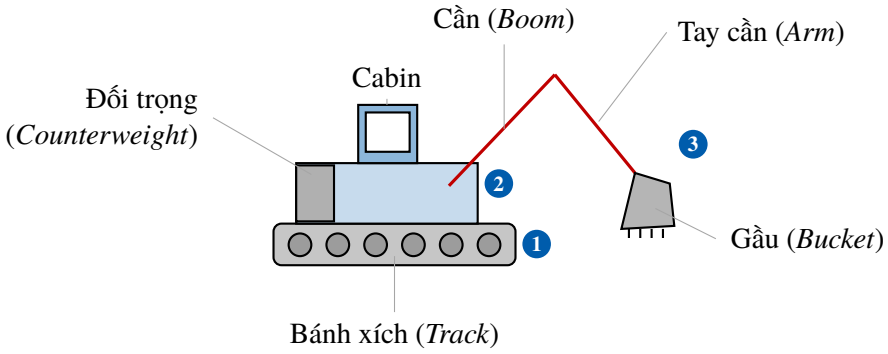
(Xem lại C1) Máy đào bánh xích (ổn định, làm việc trên nền yếu) và Máy đào bánh lốp (cơ động, dùng trong đô thị).

Case Study Thực tế: "Vận động viên Chuyên nghiệp" và "Anh chàng Đa năng"

Máy đào (Excavator) là **vận động viên cử tạ chuyên nghiệp** (tối ưu cho đào sâu và sức mạnh). Máy xúc đào tổng hợp (Backhoe Loader) là **vận động viên 10 môn phối hợp** (đa năng, hữu ích cho công việc lặt vặt, nhưng năng suất đào thấp hơn nhiều). Kỹ sư phải chọn đúng công cụ dựa trên quy mô công việc.

2.1.2 CẤU TẠO CHI TIẾT

Máy đào thủy lực được cấu thành từ 3 cụm bộ phận chính:



Hình 2.2: Sơ đồ cấu tạo máy đào thủy lực — ba cụm bộ phận chính: **(1)** Hệ thống di chuyển; **(2)** Hệ thống quay toa & cabin (động cơ, bơm thủy lực, đối trọng, cabin); **(3)** Bộ công tác (Cần – Tay cần – Gầu).

1. **Hệ thống di chuyển (Undercarriage):** Phần chân, chịu tải trọng và di chuyển.
2. **Hệ thống quay toa và cabin (Upperstructure):** Phần thân, có thể quay 360 độ. Bao gồm Động cơ, Bơm thủy lực, Đối trọng (Counterweight), và Cabin.

3. **Bộ công tác (Working Equipment):** ”Cánh tay” của máy, gồm Cần (*Boom*), Tay cần (*Arm*), và **Gầu** (*Bucket*) (bộ phận trực tiếp đào, xúc vật liệu).

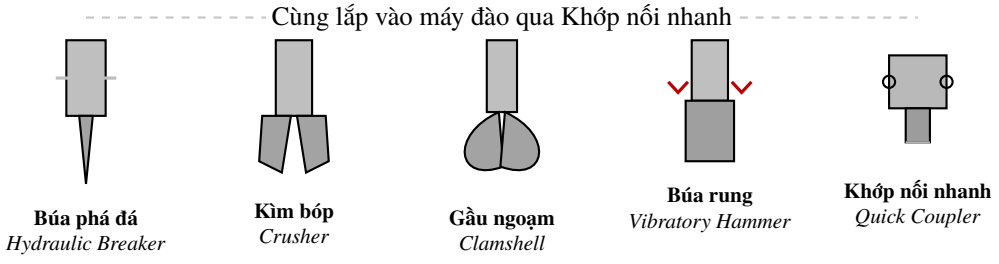
2.1.3 CÁC LOẠI BỘ CÔNG TÁC CHUYÊN DỤNG – BIẾN MÁY ĐÀO THÀNH CỖ MÁY VẠN NĂNG

Nhờ cơ cấu tháo lắp gầu nhanh (*Quick Coupler*), máy đào có thể thay đổi ”vũ khí” để thực hiện vô số nhiệm vụ:

- **Gầu tiêu chuẩn** và **Gầu đào đá:** Dùng cho đất thông thường và đá/bê tông (được gia cố bằng thép cường độ cao).
- **Búa phá đá thủy lực (*Hydraulic Breaker*):** Dùng áp lực dầu thủy lực để tạo ra va đập tần số cao. Là ”kẻ hủy diệt” của bê tông và đá cứng.
- **Kìm bóp bê tông (*Crusher*):** Dùng để phá dỡ có chọn lọc, tách cốt thép ra khỏi bê tông.
- **Gầu ngoạm (*Clamshell Bucket*):** Dùng để đào theo phương thẳng đứng (giếng, hố cọc barrette).
- **Búa rung thủy lực (*Vibratory Hammer*):** Dùng để thi công/nhổ các loại cọc ván thép (*sheet piles*) quy mô nhỏ (Lưu ý: Không phải thiết bị thi công cọc chính – sẽ học chi tiết ở **Chương 5: Thiết bị Thi công Nền móng**).

Kinh nghiệm Công trường: Chọn đúng ”vũ khí”

Việc lựa chọn đúng bộ công tác quyết định trực tiếp đến hiệu quả. Dùng gầu tiêu chuẩn để đào đá sẽ phá hủy gầu và giảm năng suất. Kỹ sư phải yêu cầu nhà thầu sử dụng đúng loại công cụ cho đúng công việc.



Hình 2.3: Năm bộ công tác chuyên dụng có thể thay lắp nhanh vào máy đào nhờ **Khớp nối nhanh (Quick Coupler)**: búa phá đá, kìm bóp bê tông, gầu ngoạm, búa rung, khớp nối nhanh.

Xu hướng Công nghệ: Máy đào Điện (Zero Emission)

Trong các dự án xanh hoặc thi công trong tầng hầm kín, các loại máy đào chạy pin (Electric Excavator) đang dần thay thế máy Diesel. Ưu điểm tuyệt đối của chúng là **Không khí thải** và **Tiếng ồn cực thấp**, dù mô-men xoắn ban đầu có thể thấp hơn Diesel đôi chút.

2.2 MÁY ỦI (BULLDOZER) – ”LỰC SĨ” CỦA CÔNG TÁC SAN LẤP

Nếu máy đào linh hoạt, máy ủi lại là hiện thân của sức mạnh tuyệt đối trong lĩnh vực của nó.



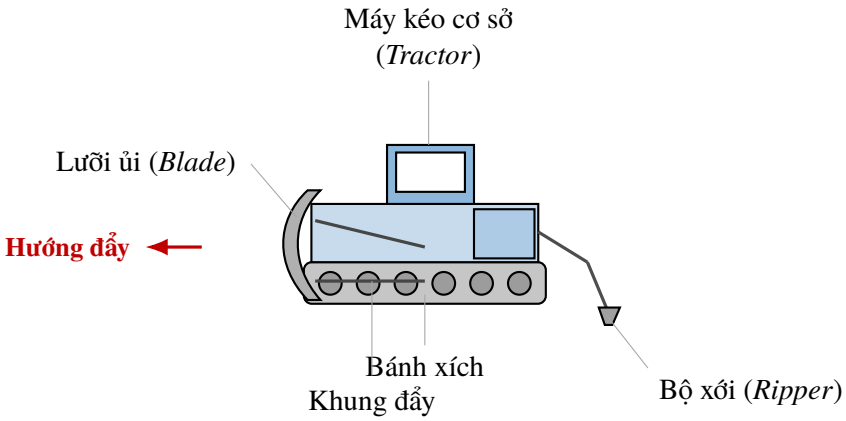
Hình 2.4: Máy ủi (”Lực sĩ”) đang thực hiện công tác san đất.

2.2.1 CÔNG DỤNG VÀ PHÂN LOẠI

- **Công dụng chính:**
  - **San gạt, san lấp mặt bằng:** Nhiệm vụ cốt lõi.
  - **Vận chuyển đất cự ly ngắn:** Rất hiệu quả trong phạm vi **dưới 100m**.
  - **Dọn dẹp mặt bằng** (*Clearing*): Dọn dẹp chướng ngại vật, cây cối nhỏ.
- **Phân loại cơ bản:** Chủ yếu theo kích thước và công suất động cơ (phổ biến nhất là theo model của hãng Caterpillar: D3, D5, D9...).

2.2.2 CẤU TẠO CHI TIẾT

Cấu tạo của máy ủi được tối ưu hóa cho mục đích tạo ra lực đẩy về phía trước.

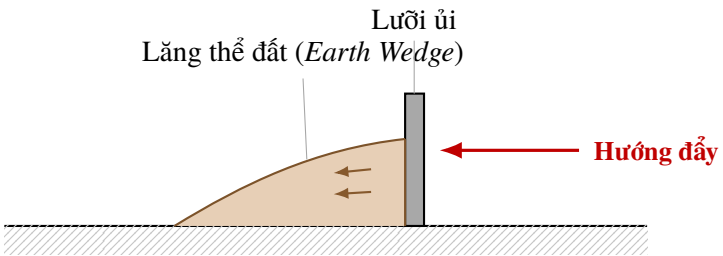


Hình 2.5: Sơ đồ cấu tạo máy ủi: Máy kéo cơ sở (*Tractor*) + Lưỡi ủi (*Blade*) phía trước + Bộ xới (*Ripper*) phía sau. Máy ủi được tối ưu để tạo **lực đẩy** về phía trước.

1. **Máy kéo cơ sở (Tractor):** Chứa động cơ và hệ thống di chuyển (hầu hết là bánh xích để tạo lực bám tối đa).
2. **Bộ công tác chính (Lưỡi ủi - Blade):** Tấm thép cong, dày và cứng, dùng để cắt và đẩy đất.
3. **Bộ công tác phụ (Bộ xới - Ripper):** Các "móng vuốt" bằng thép siêu cứng lắp phía sau. Dùng để **cày xới, phá vỡ kết cấu** của nền đất bị nén chặt hoặc đá phong hóa trước khi ủi.

2.2.3 NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG HIỆU QUẢ

- **Nguyên lý cắt và đẩy đất:** Lưỡi ủi cắt vào đất, tạo thành một khối đất di động gọi là **"lăng thể đất"** (*Earth Wedge*).



Lưỡi ủi cắt vào đất, đất bị cuộn lên tạo thành một khối di động gọi là **lăng thể đất**. Khối này càng lớn → năng suất càng cao.

Hình 2.6: Nguyên lý cắt và đẩy đất của máy ủi: lưỡi ủi cắt vào đất, tạo thành một khối đất di động gọi là **lăng thể đất** (*Earth Wedge*).

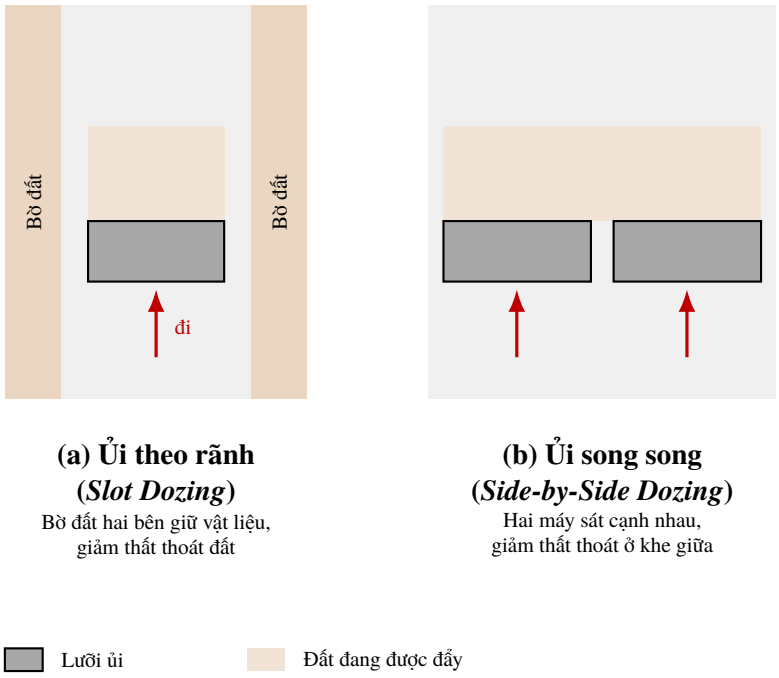
- **Phương pháp san ủi hiệu quả:**

– **a. Ủi theo rãnh (Slot Dozing):** Ủi đi ủi lại trên cùng một đường. Đất tràn hai bên tạo thành "bờ tường" dẫn hướng, **ngăn đất thất thoát**, giúp đẩy được nhiều đất hơn.

– **b. Ủi song song (Side-by-Side Dozing):** Cho hai máy ủi làm việc sát cạnh nhau, giảm thiểu lượng đất thất thoát ở giữa, tăng năng suất tổng thể.

Kinh nghiệm Công trường: Kỹ năng của người vận hành là tài sản!

Kỹ sư phải hiểu các kỹ thuật như ủi theo rãnh. Một thợ lái giỏi sử dụng kỹ thuật này có thể tăng năng suất lên 20-30%, tiết kiệm chi phí nhiên liệu và thời gian đáng kể.



(a) Ủi theo rãnh (*Slot Dozing*)
Bờ đất hai bên giữ vật liệu, giảm thất thoát đất

(b) Ủi song song (*Side-by-Side Dozing*)
Hai máy sát cạnh nhau, giảm thất thoát ở khe giữa

Hình 2.7: Hai kỹ thuật san ủi hiệu quả (nhìn từ trên xuống): **(a) Ủi theo rãnh** — đất tràn hai bên tạo "bờ tường" dẫn hướng, ngăn đất thất thoát; **(b) Ủi song song** — hai máy ủi làm việc sát cạnh nhau, giảm thất thoát ở khe giữa.

2.3 PHỐI HỢP THI CÔNG, NĂNG SUẤT VÀ AN TOÀN

2.3.1 TỔ HỢP THI CÔNG ĐIỂN HÌNH: MÁY ĐÀO VÀ Ô TÔ TỰ ĐỔ

Đây là "cặp đôi hoàn hảo" cho công tác đào và vận chuyển đất đi xa.

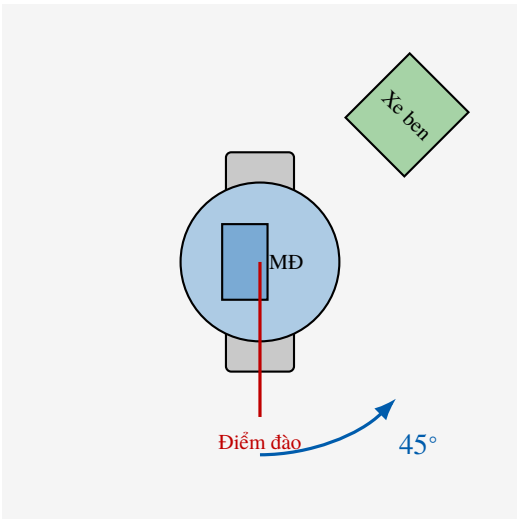
- **Phân vai trò:** Máy đào là **"Máy chủ"** (*Loading Unit*), Ô tô tự đổ là **"Phương tiện vận chuyển"** (*Hauling Unit*).
- **Tối ưu hóa vị trí đứng của xe ben:**

– Năng suất máy đào phụ thuộc vào **góc quay toa**. Góc quay càng nhỏ, thời gian chu kỳ càng ngắn và năng suất càng cao.

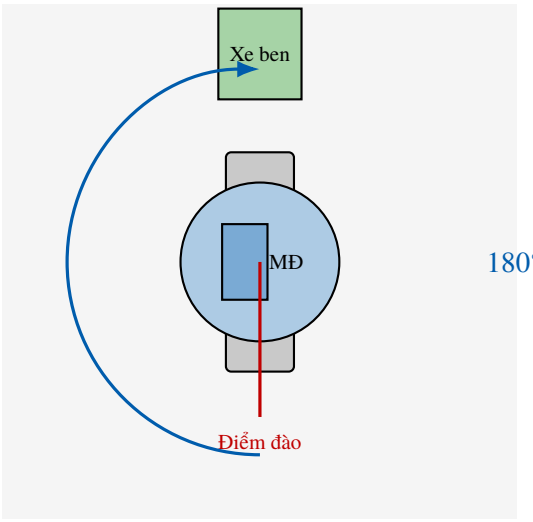
– **Bố trí TỐI ƯU:** Cho xe ben lùi vào vị trí ngay bên cạnh máy đào, sao cho góc quay toa nhỏ nhất (lý tưởng dưới 90 độ, tối ưu nhất là 45 độ).

Case Study Thực tế: Những con số biết nói về Góc quay toa

Việc tăng góc quay toa từ 45° lên 180° có thể làm tăng thời gian chu kỳ tới 40%. Chỉ bằng cách bố trí hợp lý, kỹ sư có thể tăng năng suất mà không tốn thêm chi phí.



(a) Bố trí TỐI ƯU góc quay toa nhỏ



(b) Bố trí KÉM góc quay toa lớn

Hình 2.8: Tối ưu hóa vị trí xe ben theo góc quay toa của máy đào: **(a)** xe ben đặt ngay bên cạnh, góc quay nhỏ (45°) — năng suất cao; **(b)** xe ben đặt đối diện, góc quay lớn (180°) — thời gian chu kỳ tăng tới 40%.

2.3.2 KHÁI NIỆM VỀ NĂNG SUẤT MÁY

1. Chu kỳ làm việc (T_{ck}) của máy đào:

$$T_{ck} = t_{\text{Đào}} + t_{\text{Quay mang tải}} + t_{\text{Xả}} + t_{\text{Quay về}} \tag{2.1}$$

2. Công thức tính năng suất cơ bản:

- **Năng suất kỹ thuật (Lý thuyết):**

$$N_{kt} = \frac{3600}{T_{ck}} \times q \times K_d \tag{2.2}$$

(với q là dung tích gầu, K_d là hệ số đầy gầu).

- **Năng suất thực tế (Vận hành):**

$$N_{tt} = N_{kt} \times K_{tg} \tag{2.3}$$

(với K_{tg} là hệ số sử dụng thời gian).

VÍ DỤ MINH HỌA: Tính năng suất Máy đào

Đề bài: Máy đào gầu $q = 0.8\,m^3$ đào đất cấp II ($K_d = 0.9$). Chu kỳ làm việc $T_{ck} = 20$ giây. Hệ số sử dụng thời gian $K_{tg} = 0.8$ (làm việc 48 phút/giờ).

Lời giải:

- **Bước 1: Tính số chu kỳ lý thuyết trong 1 giờ:**

$$N_{ck} = \frac{3600}{20} = 180 \text{ (chu kỳ/giờ)}$$

- **Bước 2: Tính năng suất thực tế (N_{tt}):**

$$N_{tt} = 180 \times 0.8 \times 0.9 \times 0.8 \approx \mathbf{103.68\,m^3/h}$$

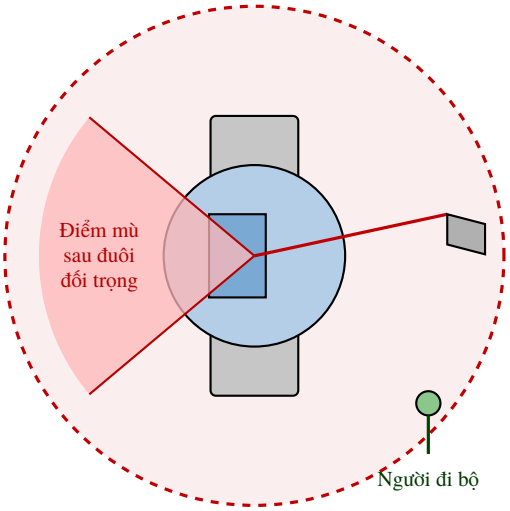
Ý nghĩa: Dù máy đào nhanh (20s/gầu), nhưng do điều kiện đất và quản lý thời gian, mỗi giờ chỉ được khoảng $103m^3$ đất tơi.

Kinh nghiệm Công trường: Năng suất Thực tế và Năng suất Kỹ thuật

Năng suất thực tế tại công trường luôn thấp hơn năng suất kỹ thuật (lý thuyết). Lý do là K_{tg} (Hệ số sử dụng thời gian) luôn nhỏ hơn 1, phản ánh sự chậm trễ do thời gian máy chờ xe, máy chờ sửa chữa, công nhân nghỉ giải lao, hoặc điều chỉnh vị trí. Kỹ sư quản lý giỏi là người tìm cách tối đa hóa K_{tg}.

2.3.3 AN TOÀN LAO ĐỘNG KHI LÀM VIỆC VỚI MÁY ĐÀO VÀ MÁY ỦI

- **Xác định Vùng nguy hiểm (*Danger Zone*):**
  - **Máy đào:** Là **toàn bộ khu vực hình tròn có bán kính bằng tầm với xa nhất** của máy (bao gồm cả không gian quay toa).
- **Cảnh giác với "Điểm mù" (*Blind Spot*):**
  - Nhiều tai nạn xảy ra do người đi bộ đứng trong "điểm mù" của người vận hành, đặc biệt là ở khu vực **đuôi đối trọng** của máy đào khi nó quay toa.
  - **Quy tắc:** Luôn giao tiếp bằng mắt (*Eye Contact*) với người vận hành trước khi tiếp cận máy. Luôn mặc áo phản quang.



Vùng nguy hiểm

Quy tắc an toàn:
- Không đứng trong **vùng nguy hiểm** (bán kính bằng tầm với xa nhất).
- Đặc biệt cảnh giác khu vực **điểm mù** sau đuôi đối trọng khi máy quay toa.
- Luôn giao tiếp bằng mắt với người vận hành trước khi tiếp cận máy.

Hình 2.9: Vùng nguy hiểm và điểm mù của máy đào (nhìn từ trên xuống). Vùng nguy hiểm là hình tròn có bán kính bằng tầm với xa nhất của máy; điểm mù nguy hiểm nhất nằm ở khu vực **sau đuôi đối trọng** khi máy quay toa.

TÓM TẮT CHƯƠNG:

Chương 2 đã đưa chúng ta đi sâu vào thế giới của hai cỗ máy làm đất quan trọng bậc nhất: **Máy đào** và **Máy ủi**.

Máy đào (*Excavator*) là **"nhà vua"** đa năng, chuyên đào sâu dưới mức máy đứng, và có thể biến hóa với nhiều bộ công tác khác nhau. **Máy ủi (*Bulldozer*)** là hiện thân của sức mạnh thô sơ, một **"lực sĩ"** không thể thay thế trong công tác san lấp mặt bằng và vận chuyển đất đá ở cự ly ngắn, với các kỹ thuật thông minh như "ủi theo rãnh".

Chúng ta đã học cách phân tích sự **phối hợp** của tổ hợp máy đào - xe ben, và hiểu rằng việc tối ưu hóa **góc quay toa** là một kỹ năng quản lý hiện trường quan trọng để tăng năng suất. Khái niệm về **chu kỳ làm việc** và các công thức tính **năng suất** cơ bản đã cung cấp công cụ để lập kế hoạch. Cuối cùng, chương học nhấn mạnh rằng sức mạnh của máy móc luôn đi kèm với trách nhiệm về **an toàn**, thông qua việc nhận diện **vùng nguy hiểm** và **điểm mù** của thiết bị.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT:

1. Trình bày các công dụng chính của Máy đào. Phân biệt sự khác nhau về đặc điểm và phạm vi ứng dụng giữa máy đào gầu nghịch và máy đào gầu thuận.
2. Mô tả ba cụm bộ phận chính cấu thành nên một máy đào thủy lực. Nêu 3 loại bộ công tác chuyên dụng khác ngoài gầu tiêu chuẩn mà máy đào có thể sử dụng.
3. Trình bày các công dụng chính của Máy ủi. Bộ xới (*ripper*) được sử dụng trong trường hợp nào và tại sao nó lại cần thiết?
4. Giải thích tại sao kỹ thuật "ủi theo rãnh" (*Slot Dozing*) lại giúp tăng năng suất của máy ủi.
5. Chu kỳ làm việc (T_{ck}) của máy đào là gì? Liệt kê 3 yếu tố có ảnh hưởng lớn đến thời gian chu kỳ.
6. Trình bày quy tắc tối ưu hóa vị trí đứng của xe ben trong tổ hợp thi công máy đào - xe ben.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Bài tập 2.1: Lựa chọn máy và Phân tích an toàn
Một dự án xây dựng cần thực hiện hai hạng mục:

- (a) Đào một mương thoát nước sâu 3m qua khu vực đất sét dính ẩm.
- (b) Dọn dẹp và san phẳng một đống đá vụn nhỏ tại bãi tập kết vật liệu.

1. Đề xuất loại máy làm đất chủ lực (Máy đào hay Máy ủi) cho từng hạng mục và giải thích lý do lựa chọn của bạn.
2. Khi máy đào đang làm việc tại (a), hãy chỉ rõ đâu là **vùng nguy hiểm** và khu vực **điểm mù** nguy hiểm nhất.

Bài tập 2.2: Tính toán năng suất cơ bản
Một máy đào gầu nghịch có dung tích gầu $q = 1.2$ m³.

- Thời gian chu kỳ (theo dõi thực tế): $T_{ck} = 22$ giây.
- Hệ số sử dụng thời gian: $K_{tg} = 0.85$.
- Hệ số đầy gầu: $K_d = 0.9$.
- Khối lượng đất cần đào: 1500 m³.

1. Tính năng suất kỹ thuật (N_{kt}) của máy đào (m³/h).
2. Tính năng suất thực tế (N_{tt}) của máy đào (m³/h).
3. Ước tính thời gian cần thiết (tính bằng giờ) để máy đào hoàn thành công việc.

CHƯƠNG 3

NHÓM MÁY LÀM ĐẤT (PHẦN 2) - MÁY XÚC LẬT, MÁY SAN, MÁY CẠP

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Trình bày được** công dụng, cấu tạo đặc trưng và nguyên lý làm việc của ba loại máy làm đất chuyên dụng: **Máy xúc lật** (*Wheel Loader*), **Máy san** (*Motor Grader*) và **Máy cạp** (*Scraper*).
2. **Phân biệt được** rõ ràng phạm vi ứng dụng hiệu quả của từng loại máy, tránh nhầm lẫn chức năng giữa chúng và với các máy đã học (máy đào, máy ủi).
3. **Giải thích được** các nguyên lý kỹ thuật cốt lõi: cơ cấu lái bẻ gãy khung của máy xúc lật, **"Hiệu ứng cầu nối"** của máy san, và chu trình làm việc **"3 trong 1"** của máy cạp.
4. **Áp dụng kiến thức** để lựa chọn loại máy phù hợp cho các bài toán thi công đất chuyên biệt như: bốc xếp vật liệu rời, hoàn thiện mặt bằng chính xác, và san lấp quy mô lớn cự ly trung bình.

Lời mở đầu chương: Tiếp nối hành trình khám phá nhóm máy làm đất, Chương 3 sẽ giới thiệu về ba "chuyên gia", mỗi loại có một sở trường riêng biệt mà máy đào hay máy ủi không thể thay thế. Nếu Chương 2 nói về "sức mạnh toàn diện" và "lực đẩy vô địch", thì chương này sẽ nói về **"sự nhanh nhẹn"** (Máy xúc lật), **"độ chính xác"** (Máy san) và **"năng suất kỷ lục ở cự ly trung bình"** (Máy cạp). Việc hiểu rõ khi nào cần huy động đúng "chuyên gia" nào sẽ là thước đo cho sự sắc bén trong tư duy biện pháp thi công của một người kỹ sư.

3.1 MÁY XÚC LẬT (WHEEL LOADER) – "NGƯỜI VẬN CHUYỂN NHANH NHẸN"

3.1.1 CÔNG DỤNG VÀ ĐẶC ĐIỂM NHẬN DẠNG

Công dụng chính

- **Xúc và bốc xếp vật liệu rời:** Nhiệm vụ cốt lõi (đất, cát, đá, than...) và nạp lên phương tiện vận chuyển hoặc vào phễu chứa.
- **Vận chuyển vật liệu cự ly ngắn:** Hiệu quả trong phạm vi vài chục mét.



Hình 3.1: Máy xúc lật đang nạp liệu tại trạm trộn bê tông. *(Ảnh: Syced, Wikimedia Commons, giấy phép CC0)*

Đặc điểm nhận dạng

- **Hệ thống di chuyển:** Phổ biến nhất là **bánh lốp** (tốc độ cao, cơ động).
- **Cơ cấu lái bẻ gãy khung (*Articulated Steering*):** Thân máy chia làm hai nửa, nối bằng khớp xoay. Khi lái, hai nửa thân máy "gập" lại so với nhau, tạo ra bán kính quay vòng cực kỳ nhỏ, rất linh hoạt trong không gian hẹp.

Công thức: Chu kỳ làm việc của Máy xúc lật

Máy xúc lật hoạt động theo chu kỳ (T_{ck}). Năng suất phụ thuộc vào tốc độ quay vòng:

$$T_{ck} = t_{\text{xúc}} + t_{\text{chở}} + t_{\text{xả}} + t_{\text{quay về}} \tag{3.1}$$

**Lưu ý: Nhờ cơ cấu lái bẻ gãy khung, T_{ck} của máy xúc lật tại trạm trộn thường rất ngắn (dưới 45 giây).*

VÍ DỤ MINH HỌA: Năng suất Máy xúc lật

Đề bài: Một máy xúc lật có dung tích gầu $q = 3.0\,m^3$ làm nhiệm vụ nạp đá cho trạm nghiền. Nhờ cơ cấu lái linh hoạt, chu kỳ làm việc đạt mức lý tưởng $T_{ck} = 45$ giây.

- Hệ số đầy gầu $K_d = 0.85$ (đá tơi).
- Hệ số sử dụng thời gian $K_{tg} = 0.75$.

Lời giải:

- **Bước 1: Tính số chu kỳ trong 1 giờ (N_{ck}):**

$$N_{ck} = \frac{3600}{T_{ck}} = \frac{3600}{45} = 80 \text{ (chu kỳ/giờ)}$$

- **Bước 2: Tính năng suất thực tế (N_{tt}):** Áp dụng công thức tổng quát:

$$N_{tt} = N_{ck} \times q \times K_d \times K_{tg}$$

Thay số vào:

$$N_{tt} = 80 \times 3.0 \times 0.85 \times 0.75 = \mathbf{153\,m^3/h}$$

Nhận xét: Với chu kỳ nhanh (45s), máy đạt năng suất rất cao, đảm bảo cấp liệu liên tục cho dây chuyền nghiền.

3.1.2 SO SÁNH MÁY XÚC LẬT VÀ MÁY ĐÀO

Bảng 3.1: So sánh Máy xúc lật và Máy đào

Tiêu chí	Máy xúc lật	Máy đào
Hành động chính	**Xúc và Chở** (Loading & Carrying)	**Đào** (Digging)
Nguyên lý	Dùng **lực đẩy** của toàn bộ máy để xúc vật liệu.	Dùng **lực của tay cần** và gầu để đào.
Sở trường	Bốc xếp **vật liệu rời** trên nền cứng.	Đào **đất nguyên thổ** trên nền yếu.

3.2 MÁY SAN (MOTOR GRADER) – ”NGHỆ NHÂN CỦA MẶT BẰNG”

Máy san là loại máy chuyên dụng, không thể thay thế trong công tác hoàn thiện các lớp nền đường, sân bay, hoặc bất kỳ mặt bằng nào đòi hỏi độ chính xác cao.

3.2.1 CÔNG DỤNG VÀ NGUYÊN LÝ TẠO ĐỘ PHẲNG

Công dụng chính

San gạt lớp mặt nền đường, tạo mái dốc (taluy), đào các rãnh thoát nước nông, bảo trì đường đất.



Hình 3.2: Máy san đang thi công hoàn thiện mặt đường.

Nguyên lý tạo độ phẳng – "Hiệu ứng cầu nối" (*Bridging Effect*)

- Bí mật nằm ở vị trí đặt **Lưỡi san** (*Blade*): Nó được đặt ở **GIỮA hai trục bánh xe**.
- Thân máy như một "cây cầu" dài. Khi bánh trước leo lên gồ ghề nhỏ, lưỡi san ở giữa chỉ bị nhấc lên một lượng rất nhỏ. Nó "lướt" qua các gồ ghề thay vì sao chép chúng. Điều này tạo ra độ bằng phẳng vượt trội.

PHÂN BIỆT KỸ THUẬT: MÁY ỦI (Thô) vs MÁY SAN (Tinh)

Rất nhiều kỹ sư nhầm lẫn công dụng của hai loại máy này. Hãy nhớ quy tắc **"Thô và Tinh"**:

Tiêu chí	MÁY ỦI (Bulldozer)	MÁY SAN (Grader)
Vai trò	San thô (Rough Grading)	San tinh (Fine Grading)
Hành động	Cắt đất, đẩy khối lượng lớn, phá địa hình gồ ghề.	Gạt nhẹ, hoàn thiện bề mặt phẳng mịn.
Độ chính xác	Thấp ($\pm 5 - 10$ cm).	Rất cao ($\pm 1 - 2$ cm, hoặc mm với GPS).
Ứng dụng	Phá đồi, lấp ao, mở đường.	Tạo độ dốc ngang, san lớp đá dăm (Base).

Ghi nhớ: *Đừng dùng Máy san để ủi đống đất lớn (gãy lưỡi), và đừng dùng Máy ủi để làm mặt đường (gồ ghề).*

3.2.2 CẤU TẠO ĐẶC TRƯNG

1. **Lưỡi san (*Blade*):** Đặt ở giữa thân máy, dài và mỏng hơn lưỡi ủi.
2. **Vòng quay (*Circle*):** Cho phép lưỡi san **xoay 360 độ**.
3. **Hệ thống điều khiển thủy lực phức tạp:** Cho phép điều khiển lưỡi san với nhiều bậc tự do (nâng/hạ, xoay, nghiêng) để tạo ra các mặt phẳng nghiêng phức tạp.

Kinh nghiệm Công trường: Máy san và Công nghệ 4.0

*Máy san hiện đại thường được trang bị hệ thống điều khiển tự động 3D-GPS. Hệ thống máy tính sẽ tự động điều khiển các **xy-lanh thủy lực** để giữ cho lưỡi san luôn ở đúng cao độ và độ dốc thiết kế với độ chính xác milimet.*

3.3 MÁY CẠP (SCRAPER) – "NGƯỜI KHỔNG LỒ 3 TRONG 1"

Máy cạp là cỗ máy độc đáo, có khả năng tự mình thực hiện cả ba vai trò: đào, vận chuyển và san rải.



Hình 3.3: Máy cạp (”Người khổng lồ 3 trong 1”) trên công trường. *(Ảnh: U.S. Army Corps of Engineers, Public Domain)*

3.3.1 CÔNG DỤNG VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG

Công dụng chính

Thực hiện chu trình **Đào - Vận chuyển - San rải** đất thành một chu trình khép kín.

Phạm vi ứng dụng – ”Cự ly vàng”

- Hiệu quả kinh tế nhất khi vận chuyển đất trên **cự ly trung bình (từ 300m đến khoảng 2-3 km)**.
- *Dưới 300m:* Dùng **Máy ủi**.
- *Trên 3000m:* Dùng tổ hợp **Máy đào + Xe ben**.

3.3.2 NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC ”ĐÀO - CHỞ - RẢI”

1. **Giai đoạn 1: Đào (Cutting / Loading):** Lưỡi cắt (*Cutting Edge*) bào một lớp đất mỏng. Đất được cuốn vào **Thùng cạp** (*Bowl*) qua cửa thùng (*Apron*) đang mở.
2. **Giai đoạn 2: Chở (Hauling):** Đóng cửa thùng, máy tăng tốc di chuyển đến vị trí đắp.
3. **Giai đoạn 3: Rải (Spreading / Ejecting):** Mở cửa thùng. **Bàn đẩy** (*Ejector*) ở phía sau di chuyển về phía trước, đẩy đất ra thành một lớp có chiều dày đồng đều.

Công thức: Chu kỳ làm việc của Máy cạp

$$T_{ck} = t_{\text{đào}} + t_{\text{chuyển hướng}} + t_{\text{chở}} + t_{\text{rải}} + t_{\text{quay về}} \quad (3.2)$$

**Ghi chú: Thời gian $t_{chở}$ và $t_{quay\ về}$ chiếm tỷ trọng lớn nhất. Máy cạp chỉ hiệu quả khi cự ly vận chuyển nằm trong "Cự ly vàng" (300m - 3km).*

Kinh nghiệm Công trường: Kỹ thuật "Push-loading"

*Trong trường hợp đất quá cứng, người ta sử dụng một **Máy ủi hạng nặng** để tì và **đẩy phụ** cho Máy cạp trong suốt quá trình đào. Kỹ thuật này giúp Máy cạp nạp đầy thùng nhanh chóng, tăng năng suất.*

3.4 TỔNG KẾT VÀ ỨNG DỤNG

3.4.1 BẢNG TỔNG KẾT LỰA CHỌN MÁY LÀM ĐẤT

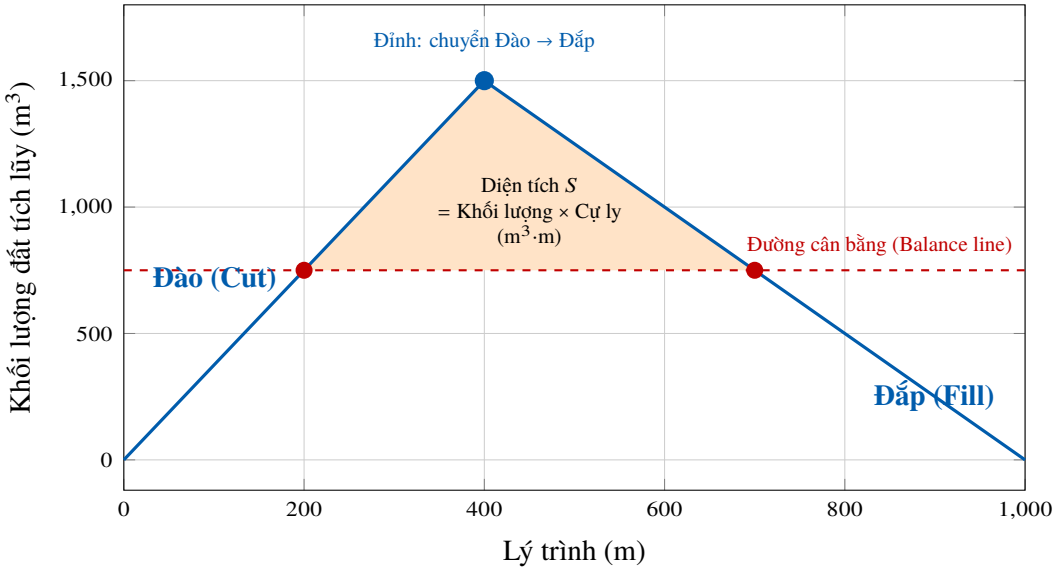
Bảng 3.2: Bảng tổng hợp lựa chọn máy làm đất

Loại máy	Công dụng chính / Sở trường	Cự ly / Đặc điểm
Máy đào	Đào đất nguyên thổ (đào sâu), Bốc xếp vật liệu lên xe.	Linh hoạt, đa năng, tại chỗ.
Máy ủi	San lấp sơ bộ, Vận chuyển đất.	**Cực ngắn (< 100m).** Lực đẩy vô địch.
Máy xúc lật	Bốc xếp và vận chuyển vật liệu rời.	**Ngắn (vài chục mét).** Rất nhanh và cơ động trên nền cứng.
Máy san	Hoàn thiện bề mặt với độ chính xác cao.	**Không vận chuyển,** chỉ san gạt. Dùng cho lớp cuối cùng.
Máy cạp	Đào - Chở - Rải đất.	**Trung bình (300m - 3km).** Năng suất kỷ lục.

3.4.2 GIỚI THIỆU BIỂU ĐỒ ĐIỀU PHỐI ĐẤT (*MASS-HAUL DIAGRAM*)

Case Study Thực tế: Công cụ chiến lược của Kỹ sư Thi công

Biểu đồ Điều phối Đất là công cụ đồ họa giúp kỹ sư xác định: đoạn nào thừa đất (Đào - Cut), đoạn nào thiếu đất (Đắp - Fill), hướng vận chuyển tối ưu và **Cự ly vận chuyển trung bình**. Dựa vào cự ly vận chuyển trung bình này, kỹ sư sẽ ra quyết định chiến lược: dùng **Máy ủi**, **Máy cạp** hay **Máy đào + Xe ben**. Đây là ví dụ về sự giao thoa giữa kỹ thuật máy móc và lập biện pháp thi công.



Hình 3.4: Biểu đồ điều phối đất (Mass-Haul Diagram). Trục tung là **khối lượng đất tích lũy** (m^3): đoạn dốc lên là **đào (Cut)**, đoạn dốc xuống là **đắp (Fill)**. Đường cân bằng nằm ngang cắt đường cong tại hai điểm có cùng tung độ — trong khoảng đó khối lượng đào bằng khối lượng đắp. Diện tích S giữa đường cong và đường cân bằng ($m^3 \cdot m$) dùng để tính **cự ly vận chuyển trung bình**: $\bar{L} = S/V$.

Trong thi công đường và hạ tầng, việc lựa chọn máy không chỉ dựa vào cảm tính mà phải dựa trên số liệu. **Biểu đồ Điều phối đất** là công cụ quan trọng nhất để giải quyết bài toán này.

TÓM TẮT KIẾN THỨC CỐT LÕI

1. Khái niệm: Là đồ thị biểu diễn khối lượng đất tích lũy dọc tuyến. Đường dốc lên thể hiện khu vực Đào (Cut), đường dốc xuống thể hiện khu vực Đắp (Fill).

2. Vai trò đối với Kỹ sư thi công:

- **Cân bằng Đào - Đắp:** Xác định các đoạn tuyến có thể dùng đất đào để đắp ngay tại chỗ, giảm thiểu chi phí vật liệu.
- **Lập kế hoạch mượn/đổ đất:** Xác định khi nào cần mỏ đất (Borrow pit) hoặc bãi thải (Waste dump).
- **Cơ sở chọn máy thi công (Quan trọng):** Dựa vào *Cự ly vận chuyển trung bình* đo được trên biểu đồ:
  - *Cự ly ngắn (< 100m):* Chọn **Máy ủi**.
  - *Cự ly trung bình (300m – 3km):* Chọn **Máy cạp**.
  - *Cự ly xa (> 3km):* Chọn tổ hợp **Máy đào + Ô tô**.

**Hiện nay, các phần mềm như AutoCAD Civil 3D hỗ trợ xuất biểu đồ này tự động giúp tăng độ chính xác.*

TÓM TẮT CHƯƠNG 03

Chương 3 đã hoàn thiện bức tranh về nhóm máy làm đất bằng việc giới thiệu ba ”chuyên gia” với những sở trường riêng biệt.

Máy xúc lật là ”người vận chuyển nhanh nhẹn” của các kho bãi nhờ **bánh lốp** và **cơ cấu lái bẻ gãy khung**. **Máy san** là ”nghệ nhân của mặt bằng” nhờ nguyên lý **”Hiệu ứng cầu nối”** tạo ra độ chính xác vượt trội. Cuối cùng, **Máy cạp** là ”người khổng lồ 3 trong 1”, mang lại năng suất cực cao cho các đại dự án san lấp ở **cự ly trung bình**.

Thông qua việc so sánh và phân tích, chương học đã trang bị cho người kỹ sư khả năng **lựa chọn đúng loại máy cho đúng công việc**, một kỹ năng cốt lõi để tối ưu hóa hiệu quả thi công, đồng thời mở ra cánh cửa tư duy về **Biểu đồ Điều phối đất** trong công tác lập biện pháp thi công chuyên nghiệp.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày các công dụng chính và đặc điểm nhận dạng nổi bật của Máy xúc lật. Giải thích ưu điểm của cơ cấu lái bẻ gãy khung.
2. Phân biệt sự khác biệt cơ bản về chức năng và sở trường ứng dụng giữa Máy xúc lật và Máy đào.
3. Giải thích ”Hiệu ứng cầu nối” trên Máy san. Tại sao nguyên lý này lại giúp máy san tạo ra bề mặt phẳng hơn máy ủi?
4. Mô tả chu trình làm việc ”3 trong 1” (Đào - Chở - Rải) của Máy cạp.
5. Phân tích phạm vi ứng dụng hiệu quả về mặt kinh tế của Máy ủi, Máy cạp và tổ hợp Máy đào + Xe ben dựa trên **cự ly vận chuyển**.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 3.1: Lựa chọn ”Chuyên gia”
Một dự án làm đường có 3 hạng mục công việc sau. Hãy lựa chọn loại máy làm đất chuyên dụng (Máy xúc lật, Máy san, Máy cạp) phù hợp nhất và giải thích ngắn gọn lý do:

- a. San phẳng lớp cấp phối đá dăm trên cùng của nền đường để đạt độ dốc ngang 2% chính xác theo thiết kế.
- b. Bốc xúc cát khô từ bãi chứa cách đó 40m để nạp vào phễu của một trạm trộn bê tông.
- c. Di chuyển một khối lượng đất khổng lồ từ một khu vực đào đến khu vực đắp, với cự ly vận chuyển trung bình là 1.8 km.

Bài tập 3.2: Phân tích tình huống thi công
Một nhà thầu đề xuất sử dụng một máy ủi lớn thay vì máy san để hoàn thiện lớp mặt nền đường.

1. Là kỹ sư giám sát, bạn có đồng ý với đề xuất này không?
2. Hãy chỉ ra những rủi ro về mặt chất lượng nếu sử dụng máy ủi cho công việc này, dựa trên nguyên lý vật lý đã học.

Bài tập 3.3: Tư duy quản lý
Một tổ hợp máy đào 1.2 m^3 và 10 chiếc xe ben đang làm việc. Kỹ sư phát hiện ra rằng, do tắc nghẽn giao thông cục bộ trên đường vận chuyển, thời gian chu kỳ của xe ben bị kéo dài lên gấp đôi.

1. Điều này sẽ ảnh hưởng như thế nào đến năng suất của **Máy đào**?
2. Để giữ năng suất máy đào ở mức tối đa, kỹ sư phải ra quyết định quản lý gì về số lượng xe ben?

Bài tập 3.4: Tính năng suất Máy xúc lật

Một máy xúc lật gầu $q = 2.5\,m^3$ làm việc tại trạm trộn. Chu kỳ xúc và đổ thực tế đo được là $T_{ck} = 40$ giây. Biết hệ số đầy gầu $K_d = 0.95$, hệ số sử dụng thời gian $K_{tg} = 0.75$.

1. Tính số chu kỳ làm việc trong một giờ.
2. Tính năng suất thực tế (N_{tt}) của máy (m^3/h).

CHƯƠNG 4

NHÓM MÁY ĐẦM NÉN

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

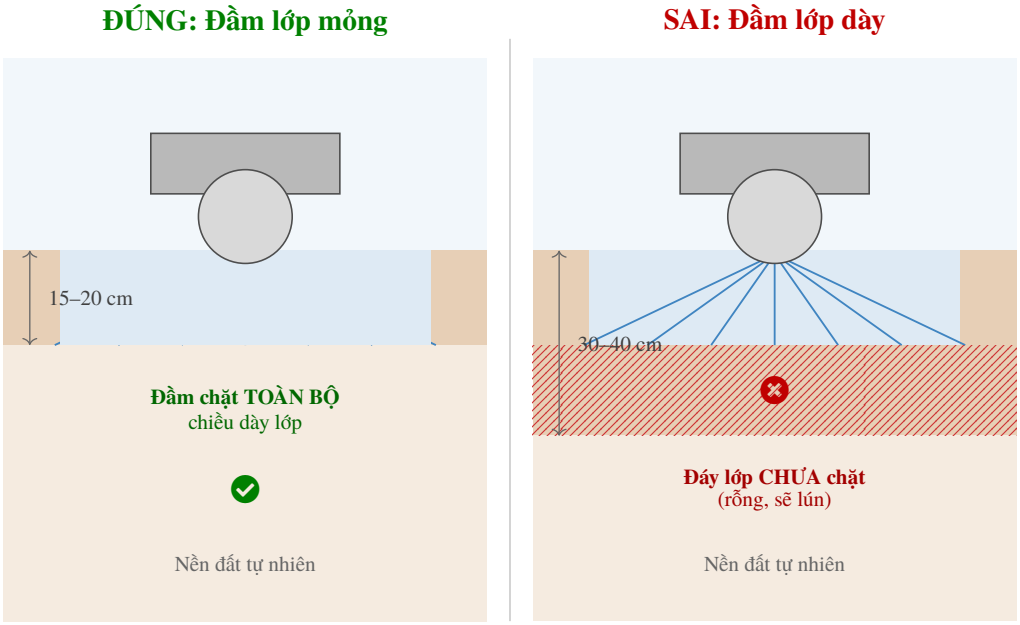
1. **Trình bày được** mục đích và tầm quan trọng của công tác đầm nén (3 Tăng, 2 Giảm).
2. **Nắm vững được** các nguyên tắc thi công cốt lõi, bao gồm nguyên tắc đầm theo lớp và vai trò của **Độ ẩm tốt nhất (OMC)**.
3. **Phân biệt được** các loại **Máy lu** và **Thiết bị đầm nén** (lu rung, lu chân cừu, lu bánh lốp) dựa trên cấu tạo và nguyên lý làm việc.
4. **Lựa chọn được** loại máy đầm phù hợp với từng loại vật liệu cụ thể (đất dính, đất rời, bê tông nhựa).
5. **Giải thích được** khái niệm **Độ chặt yêu cầu (K)** và các phương pháp kiểm soát chất lượng cơ bản tại hiện trường.

Lời mở đầu chương: Sau khi đất đã được đào, đắp, san phẳng, công việc của chúng ta vẫn chưa xong. Một nền đất dù có hình dạng hoàn hảo đến đâu mà ở trạng thái xốp, rỗng thì cũng giống như xây nhà trên một tấm bọt biển. Chương 4 sẽ giới thiệu về công tác **đầm nén**. Đây là quá trình ”luyện” cho nền đất trở nên đặc chắc, vững vàng, sẵn sàng chịu đựng tải trọng của công trình bên trên. Chúng ta sẽ cùng nhau tìm hiểu các nguyên tắc khoa học đằng sau công tác này, và làm quen với ”gia đình” máy lu – những cỗ máy có nhiệm vụ biến ”bọt biển” thành ”đá tảng”.

4.1 CÁC NGUYÊN LÝ CƠ BẢN CỦA CÔNG TÁC ĐẦM NÉN

4.1.1 MỤC ĐÍCH VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA ĐẦM NÉN

- **Định nghĩa:** Đầm nén là quá trình dùng ngoại lực để làm tăng mật độ của vật liệu bằng cách giảm thể tích các lỗ rỗng chứa không khí.



Hình 4.1: So sánh hiệu quả đầm nén: Lớp mỏng (Đúng) vs Lớp dày (Sai).

- **Mục đích cốt lõi (3 tăng, 2 giảm):**
  - **Tăng:** cường độ chịu tải, độ ổn định, khả năng chống mài mòn.
  - **Giảm:** độ lún của công trình trong tương lai, tính thấm nước.

Kinh nghiệm Công trường: Một lỗi nhỏ, hậu quả khổng lồ

Hậu quả của việc đầm nén không đạt yêu cầu là cực kỳ nghiêm trọng (lún vệt bánh xe, nứt gãy nền). Kỹ sư giám sát phải đặc biệt chú trọng và kiểm tra nghiêm ngặt công tác này, không được phép làm ẩu.

4.1.2 CÁC NGUYÊN TẮC THI CÔNG CỐT LÕI (2 QUY TẮC VÀNG)

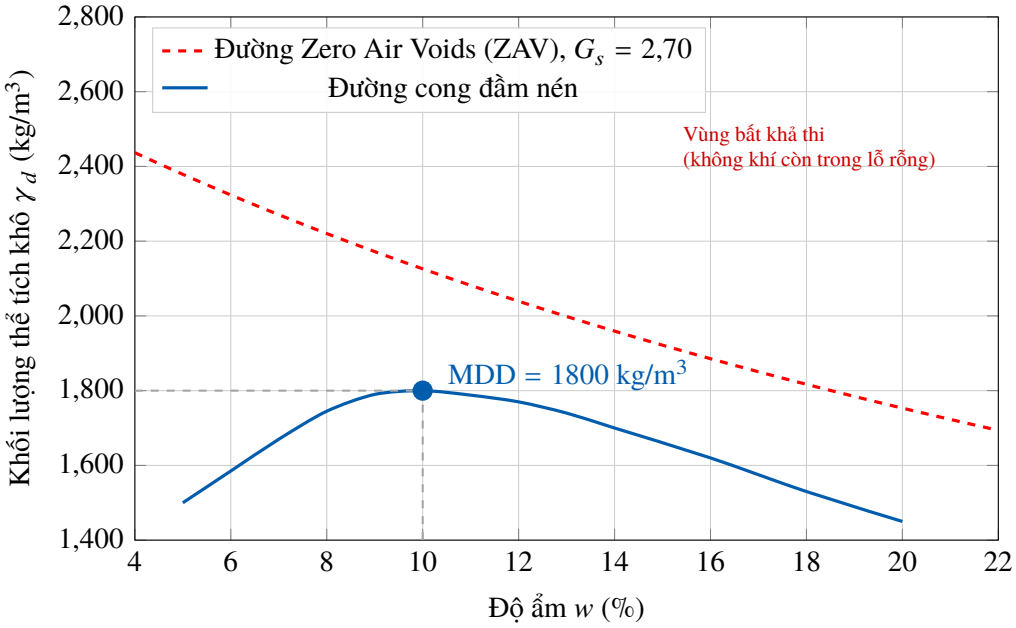
Đầm nén theo từng lớp (*Compaction in Lifts*)

Lực đầm nén chỉ có tác dụng hiệu quả đến một chiều sâu nhất định. Đất phải được rải thành từng lớp mỏng (thường 15-30cm) và lu lèn đạt yêu cầu rồi mới rải lớp tiếp theo [9][1].

[1]TCVN 4447:2012 – Công tác đất – Thi công và nghiệm thu.

Đầm nén ở Độ ẩm tốt nhất (*Optimum Moisture Content - OMC*)

- OMC là độ ẩm mà tại đó, đất dễ dàng được đầm chặt đến mật độ cao nhất.
- *Quá khô:* Ma sát lớn, khó nén.



Hình 4.2: Đường cong đầm nén Proctor xác định Độ ẩm tốt nhất (OMC) và Khối lượng thể tích khô lớn nhất (MDD). Đường Zero Air Voids (ZAV) là đường hypebol nằm **hoàn toàn phía trên** đường cong đầm nén — mọi trạng thái đầm nén thực tế đều nằm dưới đường này.

- *Quá ướt:* Nước cản trở hạt đất tiến lại gần nhau, đất bị nhão.
- **Quy tắc:** Kỹ sư phải kiểm tra độ ẩm tại hiện trường. Nếu cần, phải tưới nước phun ẩm hoặc cày xới để hong khô.

4.1.3 CÁC PHƯƠNG PHÁP (NGUYÊN LÝ) ĐẦM NÉN

Bảng 4.1: Các phương pháp đầm nén cơ bản

Nguyên lý	Cơ chế tác động	Hiệu quả nhất với vật liệu
Lực tĩnh (*Static*)	Dùng **trọng lượng bản thân** để nén.	Hoàn thiện bề mặt, vật liệu nhạy cảm.
Rung động (*Vibration*)	Giảm ma sát, giúp các hạt **tự sắp xếp lại**.	**Vật liệu RỜI** (cát, sỏi, đá dăm).
Nhào trộn (*Kneading*)	Dùng các vấu nhỏ tạo áp lực lớn, **nén sâu và nhào trộn**.	**Vật liệu DÍNH** (sét, á sét).
Va đập (*Impact*)	Dùng **lực động năng** từ một vật nặng rơi xuống.	Nhiều loại đất trong không gian hẹp.

4.2 CÁC LOẠI MÁY LU VÀ THIẾT BỊ ĐẦM NÉN



Hình 4.3: Các loại thiết bị đầm nén phổ biến trên công trường.

4.2.1 MÁY LU BÁNH THÉP (*STEEL WHEEL ROLLER*)

- **Lu tĩnh (*Static Roller*):** Chỉ dùng **lực tĩnh**. Thường dùng để hoàn thiện, làm phẳng bề mặt (ví dụ: lớp bê tông nhựa cuối cùng).
- **Lu rung (*Vibratory Roller*):** Kết hợp **lực tĩnh và rung động**. Là **máy đầm nén chủ lực** cho các lớp nền bằng **vật liệu rời** (cát, sỏi, đá dăm).

4.2.2 MÁY LU CHÂN CỪU (*SHEEPSFOOT / PADFOOT ROLLER*)

- **Đặc điểm:** Trống lu có nhiều ”chân” hình chóp cụt.
- **Nguyên lý:** Sử dụng phương pháp **nhào trộn** (*kneading*).
- **Ứng dụng:** Chỉ hiệu quả cho **đất dính và bán dính** (đất sét, á sét). Các chân cừu nén chặt lớp đất từ dưới lên.

Kinh nghiệm: Dấu hiệu ”Walking Out”

*Khi lu chân cừu hoạt động, hiện tượng **”Walking Out”** (máy lu bắt đầu ”đi bộ” trên đỉnh các chân cừu) là dấu hiệu trực quan cho thấy lớp đất sét đã gần đạt đến độ chặt yêu cầu.*

VIDEO THỰC TẾ: Nguyên lý làm việc của Lu chân cừu

Video minh họa cận cảnh quá trình các ”chân cừu” cắm sâu vào lòng đất, nhào trộn và nén chặt đất dính từ dưới lên trên.

Xem video tại đây:
Click để xem trên Youtube

4.2.3 MÁY LU BÁNH LỐP (*PNEUMATIC TIRE ROLLER*)

- **Đặc điểm:** Sử dụng một hàng các bánh xe lốp cao su nhẵn.
- **Nguyên lý:** Kết hợp **lực tĩnh và nhào trộn bề mặt** (miết).
- **Ứng dụng:** Đầm nén các lớp bê tông nhựa nóng (sau lu rung) để làm kín các lỗ rỗ li ti, hoặc đầm nền đất có trộn chất kết dính.

4.2.4 CÁC THIẾT BỊ ĐẦM NÉN NHỎ (CHO KHÔNG GIAN HẸP)

- **Đầm cóc (*Rammer*):** Sử dụng **va đập**. Hiệu quả với **đất dính** trong không gian chật hẹp (góc móng, rãnh ống nước).
- **Đầm bàn (*Plate Compactor*):** Sử dụng **rung động**. Hiệu quả với **vật liệu rời** (cát, sỏi) trên diện tích nhỏ.

4.3 LỰA CHỌN VÀ KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG

4.3.1 BẢNG TỔNG KẾT LỰA CHỌN MÁY ĐẦM THEO TỪNG LOẠI VẬT LIỆU

Bảng 4.2: Lựa chọn máy đầm theo loại vật liệu

Loại vật liệu	Nguyên lý hiệu quả	Thiết bị phù hợp nhất
Cát, sỏi, đá dăm (Rời)	**Rung động** (Vibration)	**Máy lu rung bánh thép**
Đất sét, á sét (Dính)	**Nhào trộn** (Kneading)	**Máy lu chân cừu**
Bê tông nhựa nóng	Rung, Tĩnh, Nhào trộn bề mặt	**Tổ hợp Lu rung + Lu bánh lốp + Lu tĩnh**

4.3.2 KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG ĐẦM NÉN (QC/QA)

Khái niệm Độ chặt yêu cầu (K)

$$K = \frac{\gamma_{k,\text{thực tế}}}{\gamma_{k,max\ (Proctor)}} \times 100\% \tag{4.1}$$

Trong đó thiết kế thường yêu cầu $K \geq 95\%$ hoặc $K \geq 98\%$.

Công thức: Năng suất Máy lu

Năng suất thực tế của máy lu (P) phụ thuộc lớn nhất vào **Số lượt lu yêu cầu** (N) để đạt độ chặt:

$$P = \frac{(B - b) \times v \times H \times 1000}{N} \times K_{tg} \quad (m^3/h) \tag{4.2}$$

Trong đó:

- B: Bề rộng bánh lu (m).
- b: Bề rộng chồng lấn giữa 2 vệt lu (thường $0.2m$).
- v: Vận tốc lu (km/h).
- H: Chiều dày lớp đất rải (m, thường $0.15 - 0.3m$).
- N: Số lượt lu (xác định qua thi công thử nghiệm).

**Lưu ý: Nếu độ ẩm không đạt chuẩn (OMC), số lượt lu N sẽ phải tăng lên rất nhiều mà đất vẫn không chặt → Giảm năng suất.*

VÍ DỤ MINH HỌA: Thời gian lu lèn

Đề bài: Cần lu đoạn đường 600 m^2. Máy lu rộng $B = 2.1m$ (trừ chồng lấn còn $1.9m$). Vận tốc 2.5 km/h. Yêu cầu lu 6 lượt. Hệ số $K_{tg} = 0.8$.

Lời giải:

- **Năng suất diện tích thực tế (m^2/h):**

$$N_s = \frac{1.9 \times 2500}{6} \times 0.8 \approx 633.3\, m^2/h$$

(Lưu ý đổi $2.5km/h = 2500m/h$)

- **Thời gian thi công:**

$$T = \frac{600}{633.3} \approx \mathbf{0.95} \text{ giờ} \approx 57 \text{ phút}$$

Phương pháp kiểm tra độ chặt hiện trường

Phương pháp phễu rót cát (*Sand Cone Test*): Phương pháp kinh điển, dùng để xác định khối lượng thể tích khô thực tế ($\gamma_{k,\text{thực tế}}$) tại hiện trường để tính ra K.

Case Study Thực tế: Nghiệm thu một lớp nền đường

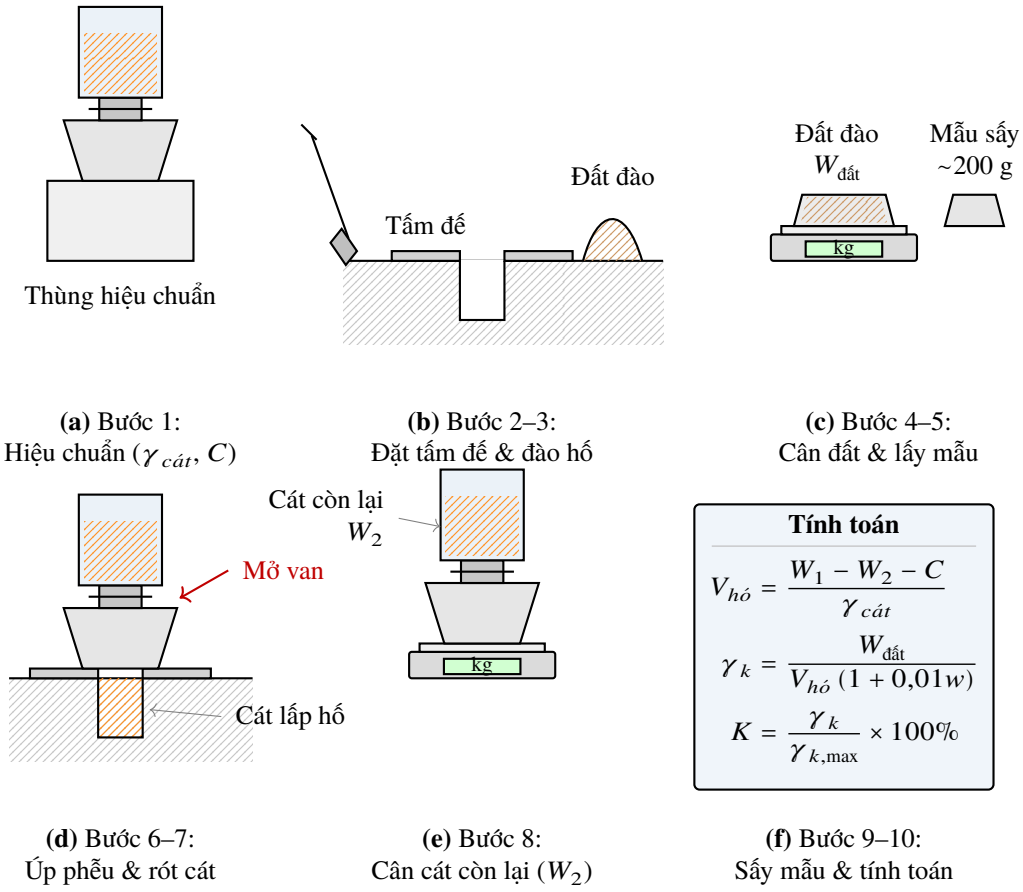
- Yêu cầu thiết kế: $K \geq 95\%$. $\gamma_{k,max} = 2.15$ T/m^3.
- Thí nghiệm hiện trường cho kết quả $\gamma_k = 2.08$ T/m^3.
- Tính toán: $K = 2.08/2.15 \approx 96.7\%$.
- **Kết luận:** $96.7\% \geq 95\%$. Vị trí này **ĐẠT** yêu cầu về độ chặt. Nếu $K < 95\%$, kỹ sư giám sát sẽ **KHÔNG NGHIỆM THU** và yêu cầu nhà thầu phải lu lèn thêm.

Quy trình thí nghiệm Phễu rót cát (10 Bước chuẩn)

Phương pháp thí nghiệm theo **TCVN 4199:2012** [11]. Quy trình thực hiện tại hiện trường tuân thủ nghiêm ngặt các bước sau:

1. **Hiệu chuẩn thiết bị:** Xác định khối lượng riêng cát chuẩn và cân khối lượng cát trong bình (W_1).
2. **Chuẩn bị hiện trường:** San phẳng bề mặt, đặt tấm đế kim loại cố định.
3. **Đào hố thí nghiệm:** Đào sâu 10-15cm qua lỗ tấm đế, tuyệt đối không làm rơi vãi đất.
4. **Cân đất đã đào:** Thu hồi toàn bộ đất đào và cân ngay ($W_{\text{ẩm}}$).
5. **Lấy mẫu độ ẩm:** Lấy khoảng 200g đất vừa đào để sấy.

6. **Đặt phễu rót cát:** Úp phễu (đang đóng van) lên lỗ tấm đế.
7. **Rót cát:** Mở van cho cát chảy tự do đến khi dừng hẳn thì đóng van.
8. **Cân phễu còn lại:** Cân lượng cát thừa (W_2) để tính lượng cát lấp hố.
9. **Sấy mẫu:** Xác định độ ẩm w% của đất.
10. **Tính toán:** Tính mật độ khô γ_d và hệ số đầm nén K.



Hình 4.4: Quy trình thí nghiệm **Phễu rót cát** (Sand Cone Test) theo TCVN 4199:2012 — dùng để xác định **khối lượng thể tích khô** và **độ chặt** K của đất đắp tại hiện trường. Bộ phễu rót cát gồm bình cát, van khoá, nón và tấm đế có lỗ trung tâm; trước khi dùng phải **hiệu chuẩn** để xác định khối lượng thể tích cát chuẩn $\gamma_{cát}$ và hằng số C (khối lượng cát lấp nón + tấm đế). Hố đào sâu 10–15 cm qua lỗ tấm đế; **toàn bộ đất đào phải thu hồi và cân ngay** ($W_{đất}$), đồng thời lấy ~200 g để sấy xác định độ ẩm w — thiếu hai số liệu này thì không thể tính được γ_k. Thể tích hố đào suy ra từ lượng cát đã lấp hố: $V_{hó} = (W_1 - W_2 - C)/\gamma_{cát}$ (với W_1, W_2 là khối lượng bình cát trước và sau khi rót, w là độ ẩm của đất); từ đó tính khối lượng thể tích khô γ_k và so với $\gamma_{k,\max}$ (Proctor) để ra độ chặt K.

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 4 đã trang bị cho chúng ta những kiến thức cốt lõi về công tác đầm nén. Chúng ta đã hiểu mục đích là **tăng mật độ vật liệu** và hai nguyên tắc vàng: **đầm theo từng lớp mỏng** và **đầm ở Độ ẩm tốt nhất (OMC)**.

Việc lựa chọn máy lu phụ thuộc hoàn toàn vào **loại vật liệu**: **Máy lu rung bánh thép** cho vật liệu rời; **Máy lu chân cừu** cho đất dính; và **Máy lu bánh lốp** để hoàn thiện bề mặt và làm kín.

Cuối cùng, chương học đã nhấn mạnh rằng chất lượng đầm nén phải được kiểm soát bằng số liệu thông qua **Độ chặt yêu cầu (K)** và phương pháp thí nghiệm hiện trường như **phễu rót cát**.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày các mục đích chính của công tác đầm nén (3 Tăng, 2 Giảm).
2. Giải thích tại sao việc đầm nén ở độ ẩm quá thấp hoặc quá cao đều không đạt hiệu quả.
3. Nêu nguyên lý làm việc và phạm vi ứng dụng hiệu quả của Máy lu rung, Máy lu chân cừu và Máy lu bánh lốp.
4. Hiện tượng "Walking Out" trên lu chân cừu báo hiệu điều gì?
5. Độ chặt yêu cầu K là gì? Nếu kết quả thí nghiệm K không đạt, kỹ sư giám sát phải ra quyết định gì?

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 4.1: Lựa chọn thiết bị
Dự án đường có các hạng mục. Hãy chọn máy đầm và giải thích:

- a. Đầm nén lớp nền đường đắp bằng đất sét có độ dẻo cao.
- b. Đầm nén lớp móng đường bằng cấp phối đá dăm (vật liệu rời).
- c. Đầm nén phần đất đắp lại trong một rãnh thoát nước hẹp rộng 60cm, sâu 1.5m.

Bài tập 4.2: Phân tích tình huống thi công
Kết quả thí nghiệm phễu rót cát: Ở độ sâu 10cm, $K = 98\%$ (Đạt). Ở độ sâu 25cm (đáy lớp), $K = 85\%$ (Không đạt).

1. Hiện tượng này cho thấy nhà thầu đã vi phạm nguyên tắc thi công cốt lõi nào?
2. Để khắc phục, bạn sẽ yêu cầu nhà thầu phải làm gì?

Bài tập 4.3: Tính toán Độ chặt K
Kết quả Proctor: $\gamma_{k,max} = 1.85$ T/m^3. Yêu cầu $K \geq 95\%$.

1. Tính giá trị khối lượng thể tích khô tối thiểu ($\gamma_{k,min}$) phải đạt được.
2. Kết quả phễu rót cát $\gamma_k = 1.78$ T/m^3. Tính độ chặt K. Kết luận Đạt hay Không đạt?

Bài tập 4.4: Tính toán Thời gian lu
Một đoạn đường cần đầm nén có diện tích $800\,m^2$ (Rộng 4m × Dài 200m). Yêu cầu kỹ thuật phải lu $N = 8$ lượt/điểm. Máy lu có bề rộng $B = 2.1\,m$ và vận tốc trung bình $V = 3.0\,km/h$.

1. Giả sử hệ số sử dụng thời gian $K_{tg} = 0.8$. Hãy ước tính tổng thời gian (giờ) để hoàn thành công tác đầm nén đoạn đường này.

CHƯƠNG 5

NHÓM MÁY VÀ THIẾT BỊ THI CÔNG NỀN MÓNG

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Hiểu được** vai trò quyết định của **Báo cáo Khảo sát Địa chất** trong việc lựa chọn phương án móng.
2. **Phân biệt được** 3 công nghệ thi công cọc chính: **Đóng** (Displacement - Động), **Ép** (Displacement - Tĩnh), và **Khoan nhồi** (Replacement).
3. **Trình bày được** nguyên lý làm việc, ưu/nhược điểm của các thiết bị tương ứng: Búa đóng cọc, **Robot ép cọc tĩnh**, và **Máy khoan cọc nhồi**.
4. **Mô tả được** quy trình thi công 5 bước của cọc khoan nhồi và vai trò của các vật liệu chính.
5. **Áp dụng kiến thức** để lựa chọn phương án móng cọc tối ưu dựa trên các yếu tố địa chất, tải trọng và môi trường thi công.

Lời mở đầu chương: Sau khi đã hoàn thành các công tác mặt đất và đầm nén (Chương 2, 3, 4), giờ là lúc chúng ta đi sâu vào lòng đất để xây dựng ”bộ rễ” cho công trình. Chương 5 sẽ giới thiệu về các công nghệ và máy móc hiện đại để đưa những cây cọc xuống các tầng đất ổn định.

Chúng ta sẽ khám phá ba **”trường phái”** thi công móng cọc: một ”kẻ ồn ào mạnh mẽ” (Đóng), một ”người khổng lồ thầm lặng” (Ép), và một ”bác sĩ phẫu thuật lòng đất” (Khoan nhồi). Hiểu rõ ba trường phái này sẽ giúp người kỹ sư đưa ra những quyết định nền tảng quan trọng nhất cho sự vững chắc của dự án.

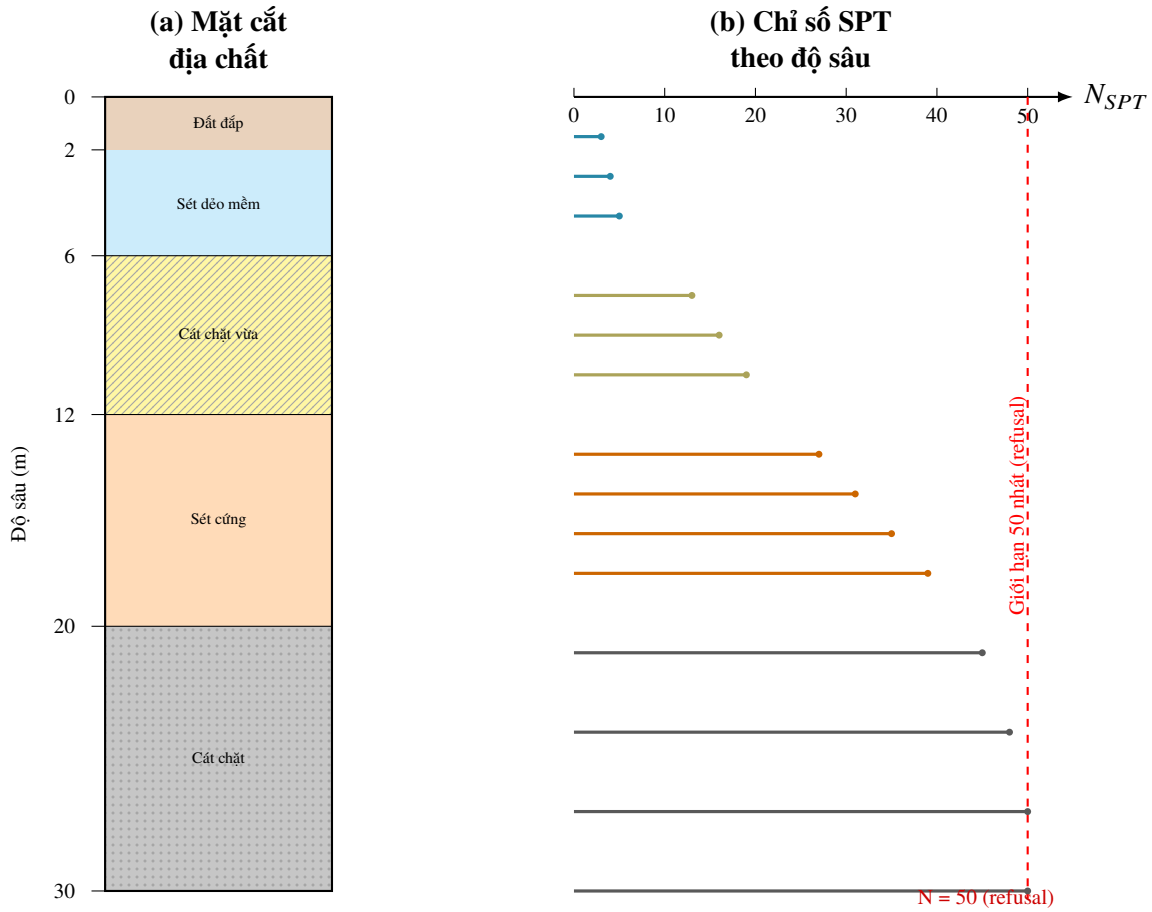
5.1 CÁC NGUYÊN TẮC CHUNG VÀ CÔNG NGHỆ ĐÓNG CỌC

5.1.1 BÁO CÁO KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT – "TỔNG TƯ LỆNH" CỦA MÓNG

- **Nguyên tắc Bất biến:** Lựa chọn máy móc và công nghệ thi công cọc **BẮT BUỘC** phải tuân theo chỉ huy của Báo cáo Khảo sát Địa chất Công trình.
- **Kỹ sư phải đọc gì?**
  - **Mặt cắt địa chất:** Thứ tự và chiều dày các lớp đất, độ sâu tầng đất tốt.
  - **Chỉ số SPT (*Standard Penetration Test*):** Cho biết **độ cứng của đất** (SPT càng cao, đất càng cứng, càng khó đóng/ép).

Kinh nghiệm Công trường: Mệnh lệnh đầu tiên!

*Đừng bao giờ đề xuất một phương án móng cọc mà không dựa trên dữ liệu địa chất. Địa chất sẽ "chỉ định" phương án khả thi, nhiệm vụ của kỹ sư là chọn phương án **tối ưu** nhất (kinh tế, môi trường) trong số đó.*



Nhận xét: Chỉ số SPT N tăng dần theo độ sâu, phản ánh độ cứng của đất tăng.
Khi N đạt 50 nhát mà cọc xuyên không lún thêm → ghi "50/refusal" và dừng thí nghiệm.
Tầng cát chặt ở độ sâu >20 m ($N = 45 \div 50$) là tầng đất tốt để đặt mũi cọc.

Hình 5.1: Ví dụ về mặt cắt địa chất và biểu đồ chỉ số SPT (N-value) theo độ sâu. Chỉ số N tăng dần theo độ sâu; tại tầng cát chặt (dưới 20 m), N đạt tới 50 nhát (refusal).

5.1.2 CÔNG NGHỆ ĐÓNG CỌC (PILE DRIVING)

Đây là phương pháp "làm dịch chuyển đất" (*displacement*), dùng năng lượng động.

- **Nguyên lý:** Sử dụng năng lượng của một quả búa nặng rơi xuống đầu cọc, tạo ra lực xung kích cực lớn.
- **Ưu điểm:** Thi công nhanh, áp dụng được cho nhiều loại địa chất.
- **Nhược điểm lớn nhất: Gây tiếng ồn và rung động cực lớn**, bị hạn chế hoặc cấm ở các khu vực đô thị đông dân cư.
- **Thiết bị chính:** Tổ hợp **Cần trục bánh xích + Giá búa + Búa đóng cọc**.
  - **Búa Thủy lực:** Hiện đại, năng lượng đóng có thể **điều khiển chính xác**, ít ô nhiễm hơn.

- **Kiểm soát Chất lượng (Tiêu chuẩn ngừng đóng):** Dựa trên **"độ chối"** (độ lún của cọc sau một số lượng nhát búa nhất định ở giai đoạn cuối).

5.2 CÔNG NGHỆ ÉP CỌC VÀ KHOAN CỌC NHỒI

5.2.1 CÔNG NGHỆ ÉP CỌC TĨNH (STATIC PILE JACKING)

Phương pháp phổ biến trong đô thị, thuộc nhóm "làm dịch chuyển đất" nhưng dùng năng lượng tĩnh.



Hình 5.2: Robot ép cọc tĩnh tự hành với các khối đối trọng bê tông.

- **Tên gọi phổ biến: Robot ép cọc tĩnh**.
- **Nguyên lý:** Sử dụng các xi-lanh thủy lực công suất cực lớn để tạo ra một lực nén tĩnh, từ từ ấn cọc xuống đất cho đến khi đạt lực ép thiết kế.
- **Lực đối trọng (*Reaction Force*):** Lực ép được tạo ra nhờ **các khối đối trọng (bằng gang hoặc bê tông)** chất lên thân máy.
- **Ưu điểm vượt trội:**
  - **Không gây tiếng ồn, không gây rung động:** Giải pháp số một cho thi công trong thành phố.
  - **Kiểm soát chất lượng tốt:** Lực ép được theo dõi liên tục qua đồng hồ đo áp lực dầu.

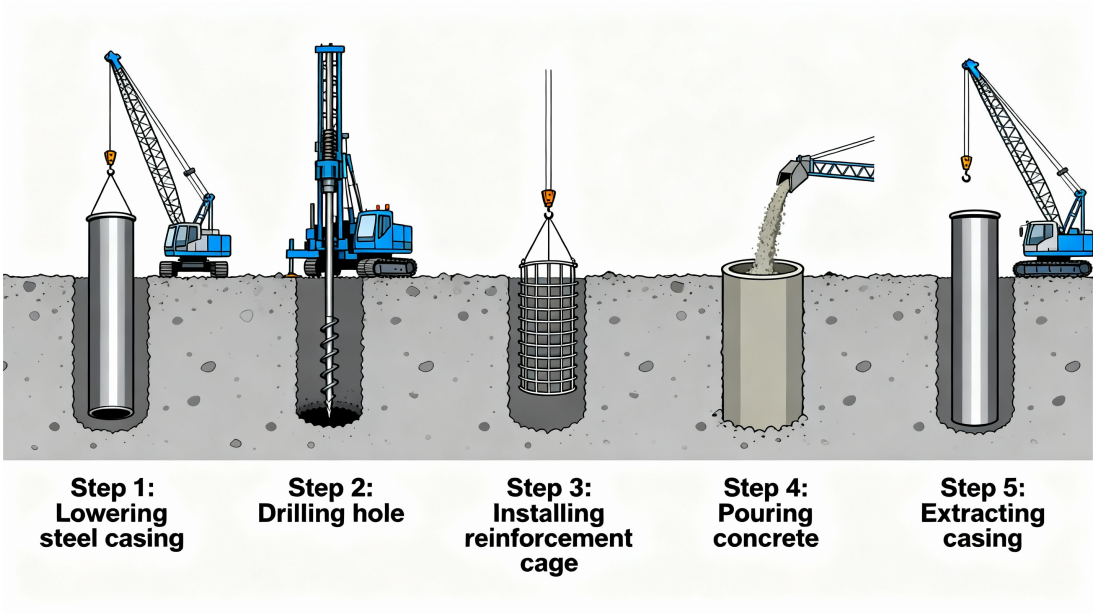
VIDEO THỰC TẾ: Robot Ép Cọc Tĩnh vận hành

Quan sát thực tế quy trình ép cọc bằng robot thủy lực: Các xi-lanh ép cọc xuống đất một cách êm ái, **hoàn toàn không gây tiếng ồn hay rung động**, phù hợp tuyệt đối cho thi công chen trong phố.

Xem video tại đây:
Click để xem trên Youtube

5.2.2 CÔNG NGHỆ KHOAN CỌC NHỒI (BORED PILING)

Đây là công nghệ phức tạp nhất, thuộc trường phái **"thay thế đất"** (*replacement*).



Hình 5.3: Quy trình 5 bước thi công cọc khoan nhồi.

- **Phạm vi ứng dụng:** Khi cần cọc có **đường kính rất lớn** và **chiều sâu lớn** (nhà chọc trời, cầu lớn) hoặc khi địa chất phức tạp, có nhiều đá.
- **Ưu điểm:** Khả năng chịu tải cực lớn, không gây biến dạng đất nền xung quanh.
- **Thiết bị chính: Máy khoan cọc nhồi** với cần Kelly Bar và gầu khoan.

Quy trình thi công 5 bước cốt lõi

1. **Định vị và Hạ ống vách (*Casing*):** Ống thép tạm thời để chống sập miệng hố khoan.
2. **Khoan tạo lỗ: Máy khoan cọc nhồi** dùng gầu khoan lấy đất lên.
3. **Giữ ổn định thành hố:** Bơm **Dung dịch Bentonite** (sét khoáng) vào hố. Dung dịch này tạo áp lực thủy tĩnh lên thành hố, ngăn không cho đất và nước ngầm tràn vào gây sạt lở.

4. **Vệ sinh và Hạ lồng thép:** Thổi rửa hố, sau đó cẩu và hạ lồng thép.

5. **Đổ bê tông:** Đổ bê tông từ dưới lên bằng **Ống đổ bê tông** (***Tremie Pipe***). Bê tông nặng hơn đẩy dung dịch Bentonite nhẹ hơn trào ra ngoài.

5.3 LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN VÀ CÁC CÔNG NGHỆ KHÁC

5.3.1 BẢNG TỔNG KẾT LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN MÓNG CỌC

Bảng 5.1: So sánh lựa chọn phương án móng cọc

Tiêu chí	ĐÓNG CỌC	ÉP CỌC TĨNH	KHOAN NHỒI
Ảnh hưởng Môi trường	**Cực kỳ ồn ào, rung động mạnh.**	**Yên tĩnh, không rung động.**	Tương đối yên tĩnh, không rung động.
Loại Tải trọng	Trung bình - Lớn.	Lớn (đến vài trăm tấn).	**CỰC LỚN** (hàng nghìn tấn).
Ứng dụng điển hình	Công trình cảng, cầu ở khu vực thưa dân.	**Nhà phố, chung cư, văn phòng** trong phố.	**Nhà siêu cao tầng, Cầu lớn.**

Case Study Thực tế: Bài toán lựa chọn móng cho Bệnh viện

- **Vị trí:** Trung tâm thành phố, yêu cầu nghiêm ngặt về tiếng ồn và rung động.
- **Tải trọng:** Nhà 12 tầng (Tải trọng lớn).
- **Phân tích:** Đóng cọc **KHÔNG ĐẠT** (môi trường). Khoan cọc nhồi **Quá lãng phí** (kinh tế).
- **Quyết định: ÉP CỌC TĨNH** là phương án tối ưu nhất, dung hòa giữa yêu cầu kỹ thuật, kinh tế và môi trường.

5.3.2 GIỚI THIỆU THIẾT BỊ THI CÔNG TƯỜNG VÂY VÀ CẢI TẠO NỀN ĐẤT

- **Thiết bị thi công Tường vây (*Diaphragm Wall*):** Dùng **Máy cạp tường vây (*Diaphragm Wall Grab*)** để đào các rãnh đất sâu và hẹp, tạo thành tường tầng hầm.
- **Thiết bị Cải tạo nền đất:** Dùng **Máy khoan trộn sâu (*Deep Mixing Rig*)** để tạo cọc xi măng đất, gia cố nền đất yếu tại chỗ.

TÓM TẮT CHƯƠNG 5

Chương 5 đã đưa chúng ta vào nền móng, khám phá ba ”trường phái” thi công cọc. Mọi quyết định đều phải bắt nguồn từ **Báo cáo Khảo sát Địa chất** và chỉ số **SPT**.

Phương pháp **Đóng cọc** mạnh mẽ nhưng bị hạn chế ở đô thị. Phương pháp **Ép cọc tĩnh** với **Robot ép cọc tĩnh** là lựa chọn hàng đầu cho đô thị nhờ sự ”thầm lặng” và khả năng kiểm soát chất lượng. Công nghệ **Khoan cọc nhồi** là giải pháp không thể thay thế cho các công trình chịu tải trọng cực lớn và địa chất phức tạp, sử dụng **Dung dịch Bentonite** để giữ ổn định thành hố khoan. Nắm vững kiến thức này giúp kỹ sư phân tích và đưa ra lựa chọn móng tối ưu nhất.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Tại sao Báo cáo Khảo sát Địa chất và chỉ số SPT lại là yếu tố quyết định hàng đầu khi lựa chọn phương án móng cọc?
2. Phân biệt ba công nghệ thi công cọc: Đóng, Ép, và Khoan nhồi dựa trên các tiêu chí: **Nguyên lý tác động chính** (Động/Tĩnh/Thay thế) và **Ảnh hưởng đến môi trường**.
3. Để tạo ra lực ép, **Robot ép cọc tĩnh** sử dụng cơ chế gì? Trình bày các ưu điểm vượt trội của phương pháp này.
4. Mô tả tóm tắt 5 bước chính trong quy trình thi công cọc khoan nhồi. Vai trò cốt lõi của **Dung dịch Bentonite** là gì?
5. Giải thích tiêu chuẩn **"độ chối"** và tầm quan trọng của nó trong việc kiểm soát chất lượng thi công Đóng cọc.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 5.1: Lựa chọn phương án móng
Một dự án xây dựng cầu vượt biển, trụ cầu cần chịu tải trọng rất lớn và phải xuyên qua tầng đất bùn sâu để cắm vào đá gốc ở độ sâu 70m.

1. Đề xuất phương án thi công móng cọc phù hợp nhất (Đóng, Ép, hay Khoan nhồi).
2. Giải thích lý do lựa chọn của bạn dựa trên yêu cầu về **Tải trọng, Chiều sâu** và **Địa chất**.

Bài tập 5.2: Phân tích rủi ro tại hiện trường
Trong quá trình giám sát thi công cọc khoan nhồi, bạn phát hiện nhà thầu dừng khoan và rút mũi khoan lên, nhưng lại không kịp thời cấp thêm Dung dịch Bentonite để giữ mực nước Bentonite trong hố khoan luôn cao hơn mực nước ngầm.

1. Hành động này có thể dẫn đến rủi ro kỹ thuật nào ngay lập tức?
2. Là kỹ sư, bạn sẽ yêu cầu nhà thầu làm gì để khắc phục ngay lập tức?

Bài tập 5.3: Phân tích kinh tế - kỹ thuật
Bạn cần thi công móng cho một nhà xưởng công nghiệp quy mô lớn (5000 m² sàn) trên nền đất sét yếu. Tải trọng nhà xưởng không quá nặng. Một chuyên gia đề xuất sử dụng công nghệ **Cọc xi măng đất** (cải tạo nền) thay vì ép cọc bê tông cốt thép. Bạn hãy trình bày các luận điểm để cân nhắc về tính **kinh tế** và **kỹ thuật** của phương án Cọc xi măng đất so với ép cọc.

CHƯƠNG 6

NHÓM MÁY NÂNG CHUYỂN (PHẦN 1) - CẦN TRỤC

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Đọc và hiểu được** 3 thông số vàng của cần trục và ý nghĩa của chúng trên **Biểu đồ tải (Load Chart)**.
2. **Nắm vững được** nguyên tắc vật lý về cân bằng **Mô men chống lật** và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến sự ổn định của cần trục.
3. **Phân biệt được** cấu tạo, ưu/nhược điểm và phạm vi ứng dụng của hai loại cần trục chính: **Cần trục tự hành** (bánh lốp, bánh xích) và **Cần trục tháp**.
4. **Thực hiện được** quy trình kiểm tra an toàn 3 bước cho một ca nâng hạ.
5. **Phân tích được** các yếu tố cần cân nhắc khi lựa chọn vị trí lắp dựng cần trục tháp.

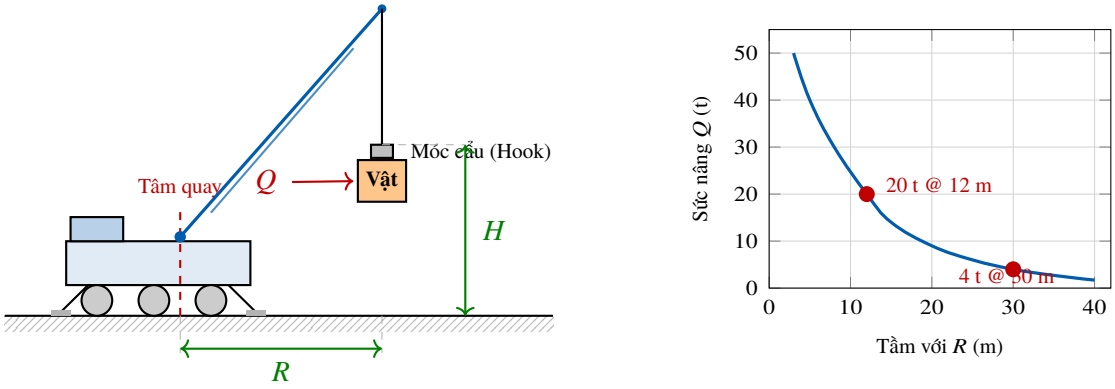
Lời mở đầu chương: Sau khi nền móng đã hoàn thành, công trình bắt đầu vươn lên cao. Giai đoạn này đòi hỏi một nhóm máy móc đặc biệt có khả năng thách thức trọng lực: Nhóm máy nâng chuyển. Chương 6 sẽ giới thiệu về biểu tượng hùng vĩ nhất của nhóm máy này: **Cần trục (Crane)**.

Việc học về cần trục không chỉ là học về máy móc, mà còn là học về trách nhiệm. Một sai sót nhỏ trong việc tính toán, lựa chọn hay vận hành cần trục có thể dẫn đến những thảm họa kinh hoàng. Vì vậy, hãy tiếp cận chương học này với một sự tập trung và cẩn trọng cao nhất.

6.1 CÁC NGUYÊN TẮC CƠ BẢN VÀ AN TOÀN TUYỆT ĐỐI

6.1.1 NGÔN NGỮ CỦA CẦN TRỤC - 3 THÔNG SỐ VÀNG

Để ”nói chuyện” và ra quyết định với một chiếc cần trục, bạn phải hiểu được 3 thông số định nghĩa nên khả năng làm việc của nó:



Hình 6.1: Ba thông số vàng của cần trục: **Sức nâng** Q, **Tầm với** R và **Chiều cao nâng** H. Sức nâng danh định ($Q = 50$ t) **chỉ đạt được ở tầm với nhỏ nhất** ($R \approx 3$ m); khi tầm với tăng, sức nâng cho phép giảm nhanh (biểu đồ tải bên phải) — tại $R = 12$ m chỉ còn ≈ 20 t, tại $R = 30$ m chỉ còn ≈ 4 t.

1. **Sức nâng (*Lifting Capacity - Q*):** Khối lượng vật nặng tối đa mà cần trục có thể nâng được.
2. **Tầm với (*Reach / Radius - R*):** Khoảng cách theo phương ngang tính từ tâm quay của cần trục đến tâm của móc cẩu.
3. **Chiều cao nâng (*Lifting Height - H*):** Khoảng cách theo phương đứng từ mặt đất đến móc cẩu.

6.1.2 BIỂU ĐỒ TẢI (LOAD CHART) - ”KINH THÁNH” CỦA AN TOÀN

- **Nguyên tắc Vật lý Bất biến:** Với cùng một cần trục, **TẦM VỚI CÀNG XA THÌ SỨC NÂNG CHO PHÉP CÀNG GIẢM.**
- **Định nghĩa: Biểu đồ tải (*Load Chart*)** là bảng do nhà sản xuất cung cấp, thể hiện sức nâng cho phép của cần trục tại mọi cấu hình làm việc, **bắt buộc** phải tuân thủ.

Quy trình Kiểm tra An toàn 3 Bước (Kỹ năng cốt lõi của Kỹ sư):

1. **Xác định Tổng tải trọng (Gross Load):**

$$Q_{\text{tổng}} = Q_{\text{vật}} \text{ (Net Load)} + Q_{\text{Phụ kiện cẩu}} \tag{6.1}$$

(trong đó phụ kiện cẩu gồm: móc cẩu, ma ní, cáp vải...).

2. **Xác định Tầm với (Radius):** Đo khoảng cách thực tế.
3. **Đối chiếu & Ra quyết định:** Tra Biểu đồ tải. $Q_{\text{tổng}} \leq Q_{\text{cho phép}}$? Nếu không, ca nâng đó là **KHÔNG AN TOÀN**.

CẢNH BÁO AN TOÀN TUYỆT ĐỐI (CRITICAL WARNING)

"SỨC NÂNG TRÊN BIỂU ĐỒ LÀ TỔNG TẢI TRỌNG (GROSS LOAD)"
Một sai lầm chết người: Nâng vật 5 tấn, tra biểu đồ thấy sức nâng 5 tấn → Ra lệnh nâng → **SẬP CẦN**.
SỰ THẬT: Sức nâng trên biểu đồ bao gồm cả:

- Trọng lượng vật nâng (Net Load).
- **Trọng lượng Móc cẩu (Hook Block)** - (Nặng từ 0.5 đến hàng tấn).
- Trọng lượng dây cáp, ma ní, dầm gánh (Rigging).

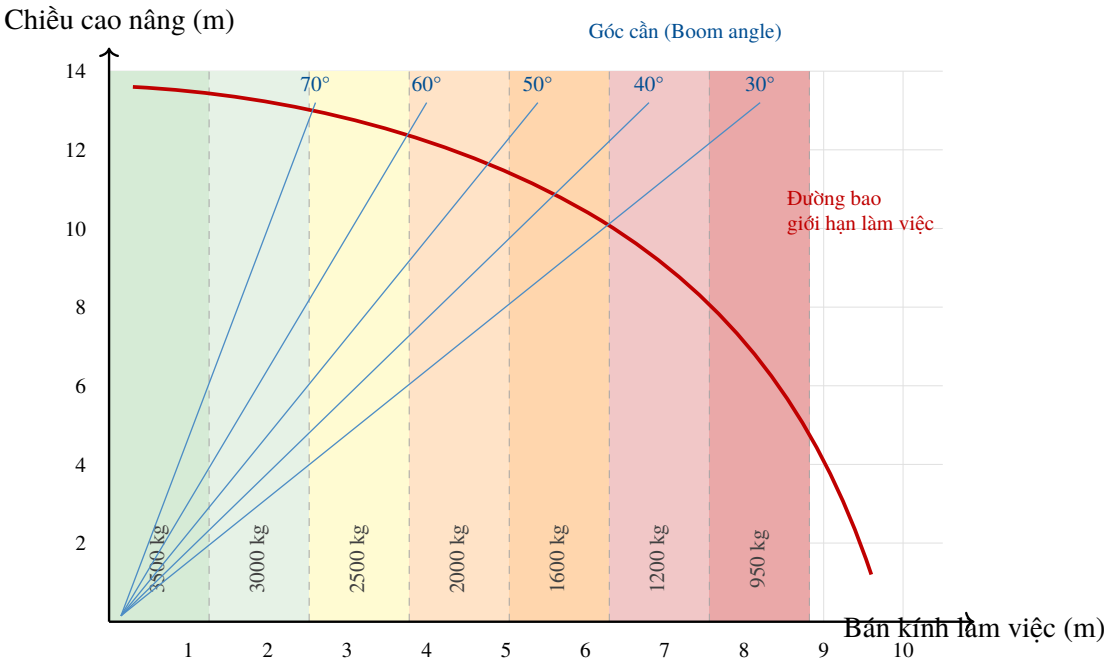
Công thức sống còn:

$$Q_{\text{Vật cho phép}} = Q_{\text{Biểu đồ}} - (Q_{\text{Móc}} + Q_{\text{Cáp}})$$

Luôn phải trừ đi trọng lượng phụ kiện trước khi quyết định nâng!

Case Study Thực tế: Áp dụng Biểu đồ tải (Bài tập mẫu)

- Vật nâng 4.5 tấn, Phụ kiện 0.2 tấn. Tổng tải trọng $Q_{\text{tổng}} = 4.7$ tấn.
- Yêu cầu tầm với $R = 10$ mét.
- Tra Biểu đồ tải: Tại $R = 10$ mét, $Q_{\text{cho phép}} = 5.0$ tấn.
- **Kết luận:** 4.7 tấn $\leq$ 5.0 tấn. Ca nâng **AN TOÀN** và được phép thực hiện.



Cách đọc: từ bán kính làm việc (trục ngang) gióng lên đường bao, chiếu sang trục dọc được chiều cao nâng tối đa. Càng xa máy thì sức nâng càng giảm.

Hình 6.2: Sơ đồ nguyên lý đọc Biểu đồ tải (Load Chart). *Số liệu trong hình là con số minh họa để học cách đọc — không phải thông số của một máy cụ thể. Muốn dùng số thật phải lấy đúng biểu đồ tải trong catalogue của máy đó.*

VIDEO THỰC TẾ: Hướng dẫn đọc Load Chart Cần trục

Kỹ năng đọc Biểu đồ tải là kỹ năng sinh tồn của kỹ sư. Video này sẽ hướng dẫn chi tiết cách tra cứu: từ xác định chiều dài cần, bán kính làm việc đến việc tìm ra con số sức nâng giới hạn.

Xem video tại đây:
Click để xem trên Youtube

6.1.3 NGUYÊN TẮC VÀNG VỀ ỔN ĐỊNH (STABILITY)

Cần trục giữ ổn định bằng cách chống lại **Mô men gây lật** (do tải trọng và tầm với) bằng **Mô men chống lật** (do trọng lượng cần trục và đối trọng).

- **Điều kiện ổn định:**

$$M_{\text{chống}} > k \cdot M_{\text{lật}} \tag{6.2}$$

  (với k là hệ số an toàn).

- **Các yếu tố nguy hiểm:** Nền đất yếu (gây lún chân chống), Gió bão, Nâng quá tải, Vận hành đột ngột.

6.2 CÁC LOẠI CẦN TRỤC PHỔ BIẾN

6.2.1 CẦN TRỤC TỰ HÀNH (MOBILE CRANE)

Định nghĩa: Có khả năng tự di chuyển, phù hợp với các công việc nâng hạ đơn lẻ, ngắn ngày.

Cần trục bánh lốp (Wheeled Crane)

- **Đặc điểm:** Cơ động cao, di chuyển nhanh trên đường.
- **Sự ổn định:** Bắt buộc phải hạ bốn **Chân chống (*Outriggers*)** xuống nền đất cứng để đảm bảo ổn định khi làm việc.

Cần trục bánh xích (Crawler Crane)

- **Đặc điểm:** Sức nâng thường rất lớn, ổn định nhờ dải xích rộng.
- **Ưu điểm vượt trội:** Có khả năng **di chuyển chậm khi đang mang tải (*pick-and-carry*)** – điều mà cần trục bánh lốp không làm được.
- **Ứng dụng:** Dự án lớn, nền đất yếu.

Case Study Thực tế: Bài toán lắp dầm cầu

Cần lắp dầm nặng 50 tấn trên nền đất yếu. Cần trục bánh lốp (dù có sức nâng lớn) sẽ gặp rủi ro lớn do lún chân chống. **Cần trục bánh xích** là lựa chọn an toàn hơn vì sự ổn định của nó không phụ thuộc hoàn toàn vào chân chống.

Bảng 6.1: So sánh đặc tính kỹ thuật Cần trục bánh lốp và Bánh xích

Tiêu chí	Bánh lốp	Bánh xích
Tính cơ động	Cao - di chuyển nhanh, dễ dàng chuyển vùng.	Thấp - di chuyển chậm chạp.
Ổn định	Trung bình - Bắt buộc phải hạ chân chống (*outrigger*) khi làm việc.	Cao - Rất ổn định ngay cả trên địa hình xấu, không cần chân chống.
Khả năng mang tải khi di chuyển	Thấp - Không nên tải nặng khi di chuyển (nguy cơ lật).	Cao - Có thể mang tải lớn khi di chuyển (*Pick-and-Carry*).
Tốc độ di chuyển	40–60 km/h (đi được trên đường giao thông).	5–15 km/h (phải dùng xe rơ-moóc chở đi xa).
Chi phí vận hành	Thấp hơn.	Cao hơn (do bảo dưỡng bộ xích).
Địa hình phù hợp	Đường bê tông, asphalt, nền đất cứng bằng phẳng.	Đất yếu, bùn lầy, ngập nước, địa hình gồ ghề.
Thời gian lắp ráp	Nhanh (0.5 – 1 giờ).	Lâu (2 – 4 giờ để lắp cần và đối trọng).

6.2.2 CẦN TRỤC THÁP (TOWER CRANE)

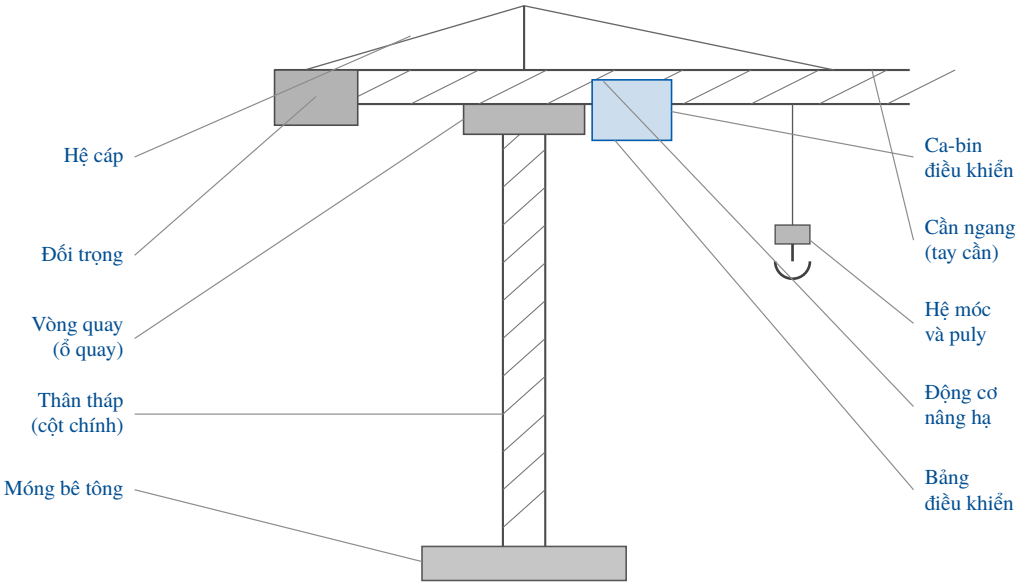
Định nghĩa: Lắp dựng cố định tại công trường, là biểu tượng của các công trình **nhà cao tầng**.

Cấu tạo và Nguyên lý cân bằng

- Hoạt động dựa trên nguyên lý đòn bẩy. **Đối trọng (*Counterweight*)** được đặt ở cần đối trọng phía sau để cân bằng với tải trọng ở cần ngang (*Jib*).
- **Thân tháp (*Mast Section*):** Các đoạn tháp lắp ghép để tăng chiều cao (có thể "tự leo" cùng với công trình).

Lựa chọn vị trí lắp dựng trên mặt bằng (Tư duy quy hoạch)

- **Vùng hoạt động hiệu quả:** Phải bao quát được tất cả các khu vực nâng hạ quan trọng.
- **Giao cắt cẩu:** Trong các dự án có nhiều cẩu, phải bố trí chiều cao khác nhau để cần không va vào nhau.
- **Vị trí lắp dựng và tháo dỡ:** Phải đảm bảo không gian cho cần trục tự hành đến để tháo dỡ cẩu tháp khi công trình hoàn thành.



Hình 6.3: Cấu tạo các bộ phận chính của Cần trục tháp.

CẤU TẠO CHÍNH CỦA CẦN TRỤC THÁP
(MAIN COMPONENTS OF A TOWER CRANE)

- **Foundation *(Móng / Chân đế)*:**
  The heavy concrete base that anchors the crane to the ground.
  Phần đế bê tông nặng neo giữ cần trục xuống đất.
- **Main Mast / Tower *(Thân tháp)*:**
  The vertical structure that gives the crane its lifting height.
  Kết cấu thẳng đứng tạo nên chiều cao nâng của cần trục.
- **Slewing Ring *(Vành mâm quay)*:**
  The gear unit that allows the crane to rotate 360 degrees.
  Bộ phận bánh răng cho phép cần trục quay tròn 360 độ.
- **Operator's Cab *(Buồng lái)*:**
  The control center where the operator sits.
  Trung tâm điều khiển nơi người vận hành ngồi.
- **Jib Boom *(Cần ngang)*:**
  The horizontal arm that extends out to carry the load.
  Cánh tay đòn công tác vươn ra để mang vật nâng.
- **Counterweight *(Đối trọng)*:**
  Concrete blocks used to balance the load.
  Các khối bê tông dùng để cân bằng với vật nâng.
- **Hook System & Trolley *(Móc cẩu & Xe con)*:**
  The trolley moves along the jib, the hook grabs the load.
  Xe con chạy dọc cần, móc cẩu dùng để móc vật.

TÓM TẮT CHƯƠNG 6

Chương 6 đã đưa chúng ta vào thế giới của cần trục, nơi An toàn là trên hết. Chúng ta đã học được **Biểu đồ tải (Load Chart)** là tài liệu sống còn, và nguyên tắc **Mô men chống lật phải lớn hơn Mô men gây lật**.

Hai "gia đình" cần trục chính là **Cần trục tự hành** (bánh lốp cơ động, bánh xích ổn định) và **Cần trục tháp** (chuyên dụng cho nhà cao tầng, hoạt động theo nguyên lý đòn bẩy). Việc nắm vững các thông số, nguyên tắc ổn định và kỹ năng phân tích vị trí lắp dựng là bắt buộc đối với người kỹ sư.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày 3 thông số kỹ thuật cơ bản của một cần trục. Tại sao khi **Tầm với** tăng lên, **Sức nâng** cho phép lại giảm xuống?
2. Biểu đồ tải là gì? Mô tả quy trình kiểm tra an toàn 3 bước (Tổng tải trọng, Tầm với, Đối chiếu).
3. Phân tích vai trò của **Chân chống** (*Outriggers*) trên Cần trục bánh lốp. So sánh ưu điểm của Cần trục bánh xích trong việc **di chuyển khi mang tải**.
4. Mô tả cấu tạo và nguyên lý cân bằng của Cần trục tháp.
5. Trình bày 3 yếu tố quan trọng mà kỹ sư cần cân nhắc khi lựa chọn vị trí lắp dựng Cần trục tháp trên mặt bằng công trình cao tầng.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 6.1: Đọc Biểu đồ tải và Ra quyết định An toàn
Một cần trục cần nâng một dầm thép. Thông số thu thập:

- Khối lượng dầm (Net Load): **8.5 tấn**.
- Phụ kiện cẩu (dây cáp, ma ní): **0.3 tấn**.
- Vị trí cần đặt dầm cách tâm quay của cần trục: **15 mét**.
- Tra Biểu đồ tải: Tại **15 mét**, Sức nâng cho phép là **8.6 tấn**.

1. Tính tổng tải trọng (Gross Load) của ca nâng.
2. Kết luận ca nâng này có được phép thực hiện không? Tại sao?
3. Nếu dầm thép nặng 8.7 tấn, bạn sẽ đưa ra quyết định gì?

Bài tập 6.2: Phân tích Rủi ro Ổn định
Cần trục bánh lốp đang nâng vật nặng với tầm với gần tối đa. Kỹ sư phát hiện bánh xe và Chân chống phía tải trọng bị lún nhẹ vào nền đất.

1. Hành động này gây ra rủi ro nghiêm trọng nào (ngoài lún)?
2. Là kỹ sư, bạn phải yêu cầu dừng công việc ngay lập tức để làm gì?

Bài tập 6.3: Lựa chọn cần trục
Dự án nhà máy nhiệt điện cần lắp các cấu kiện siêu trường, siêu trọng (hàng trăm tấn) trên nền đất yếu, kéo dài 1 năm.

1. Đề xuất loại cần trục phù hợp nhất (Bánh lốp hay Bánh xích) và giải thích.
2. Loại cần trục bạn chọn có khả năng đối phó với nền đất yếu như thế nào?

Bài tập 6.4: Phân tích Mô-men gây lật (Stability)
Một cần trục tháp có Mô-men chống lật tiêu chuẩn là $M_{\text{chống}} = 800$ tấn.m. Hệ số an toàn yêu cầu $k = 1.15$. Cần trục đang nâng vật $Q = 10$ tấn tại tầm với $R = 45$ m.

1. Tính Mô-men gây lật ($M_{\text{lật}}$) do vật nâng gây ra.
2. Kiểm tra điều kiện ổn định: $M_{\text{chống}} > k \times M_{\text{lật}}$? Cần trục có an toàn không?

CHƯƠNG 7

NHÓM MÁY NÂNG CHUYỂN (PHẦN 2) - THIẾT BỊ VẬN CHUYỂN LIÊN TỤC VÀ THIẾT BỊ NÂNG KHÁC

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Phân biệt được** hai phương thức làm việc chính của thiết bị nâng chuyển: theo chu kỳ và liên tục.
2. **Trình bày được** nguyên lý, cấu tạo và ứng dụng của các thiết bị vận chuyển liên tục: **Băng tải** (*Belt Conveyor*) và **Vít tải** (*Screw Conveyor*).
3. **Mô tả được** cấu tạo, nguyên lý truyền động **Bánh răng - Thanh răng** và các yêu cầu an toàn cốt lõi khi sử dụng **Vận thăng lồng** (*Construction Hoist*).
4. **Phân biệt được** rõ ràng chức năng và phạm vi ứng dụng của hai thiết bị nâng hạ đơn giản: **Pa lăng** (*Hoist*) và **Tời** (*Winch*).
5. **Áp dụng tư duy hệ thống** để lựa chọn thiết bị vận chuyển phù hợp nhất với loại vật liệu và chu kỳ làm việc.

Lời mở đầu chương: Nếu Chương 6 đã giới thiệu về những ”lực sĩ” chuyên nâng các vật nặng kỷ lục theo từng chuyến (Cần trục), thì Chương 7 sẽ đưa chúng ta đến với những **”vận động viên marathon bền bỉ”** của công trường. Chúng chuyên vận chuyển vật liệu một cách liên tục, ổn định và hiệu quả theo những tuyến đã định sẵn. Bên cạnh đó, chúng ta cũng sẽ tìm hiểu về ”chiếc thang máy” của các tòa nhà cao tầng và những công cụ nâng hạ nhỏ gọn. Nắm vững về các thiết bị này sẽ giúp các bạn hoàn thiện bức tranh tổng thể về logistics và giao thông trên công trường.

7.1 MÁY VẬN CHUYỂN LIÊN TỤC (CONTINUOUS CONVEYORS)

7.1.1 PHÂN LOẠI TỔNG QUAN VÀ ƯU ĐIỂM CỐT LÕI

- **Định nghĩa:** Máy vận chuyển liên tục là các loại máy có khả năng vận chuyển vật liệu (chủ yếu là vật liệu rời) thành một dòng liên tục, không bị gián đoạn.
- **Phân loại theo Chu kỳ làm việc:**
  - **Theo chu kỳ (*Cyclic*):** Cần trục, Xe ben, Vận thăng lồng (từng chuyến một).
  - **Liên tục (*Continuous*):** Băng tải, Vít tải (tạo ra dòng chảy không ngừng).
- **Ưu điểm:** Năng suất cực cao, chi phí vận hành thấp, hoạt động ổn định và có thể tự động hóa cao.

7.1.2 BĂNG TẢI (BELT CONVEYOR) – ”DÒNG SÔNG” VẬN CHUYỂN VẬT LIỆU THÔ



Hình 7.1: Hệ thống băng tải vận chuyển cốt liệu liên tục tại trạm nghiền.

- **Nguyên lý:** Vận chuyển vật liệu bằng một dải băng cao su bền chắc, chuyển động liên tục nhờ hệ thống con lăn đỡ (*Idlers*) và tang chủ động.
- **Cấu tạo chính:** Băng tải, Tang chủ động/bị động, Hệ thống con lăn đỡ.

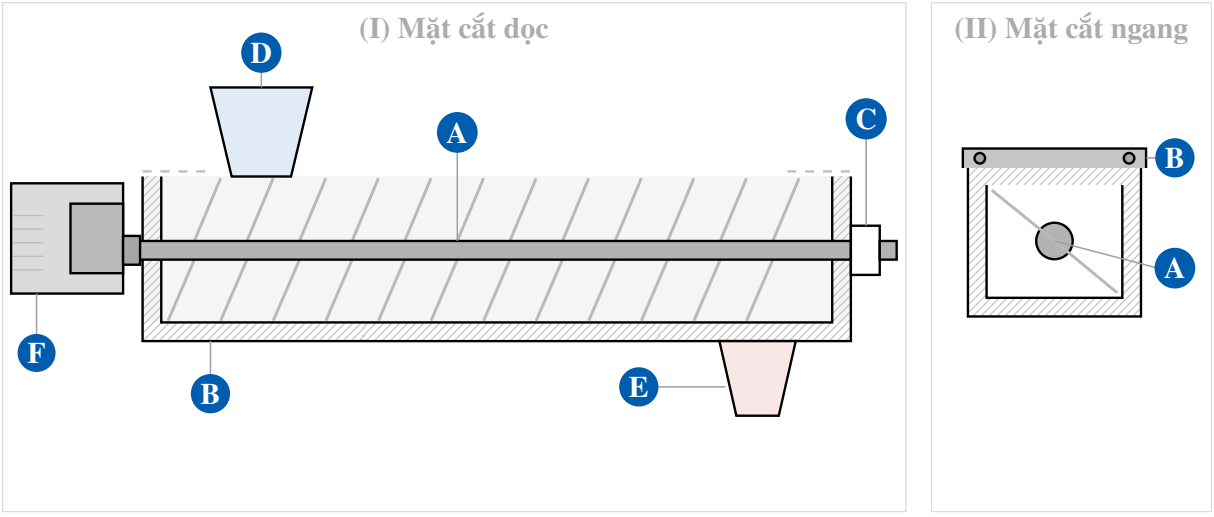
- **Ứng dụng điển hình:** Vận chuyển cát, đá trong trạm trộn bê tông; ”Mạch máu” vận chuyển đá giữa các máy nghiền sàng.

Case Study Thực tế: Bài toán lựa chọn giữa Băng tải và Máy xúc lật

*Để cung cấp vật liệu liên tục, ổn định và an toàn cho một dây chuyền sản xuất cố định (như trạm trộn bê tông), đầu tư vào hệ thống **Băng tải** luôn là lựa chọn tối ưu hơn về mặt **chi phí vận hành** và **năng suất ổn định** so với việc dùng Máy xúc lật phải di chuyển liên tục, gây ra tiếng ồn và ô nhiễm.*

7.1.3 VÍT TẢI (SCREW CONVEYOR) – ”ĐƯỜNG ỐNG” CHUYÊN DỤNG

- **Nguyên lý hoạt động:** Một trục vít quay liên tục bên trong một ống/máng kín, các cánh vít đẩy vật liệu trượt dọc theo máng.
- **Ứng dụng chuyên biệt:** Chỉ dùng cho các loại **vật liệu dạng bột, hạt mịn và khô** (ví dụ: **xi măng**, tro bay, bột đá).
- **Ưu điểm cốt lõi:** Cấu tạo **kín** giúp **chống bụi** (ô nhiễm) và **chống ẩm** (bảo vệ chất lượng xi măng) tuyệt đối.



A Trục vít & cánh vít (*Screw & Flight*) **B** Máng chữ U có nắp đậy kín (*Trough & Cover*)
C Ổ trục (*Bearing*) **D** Cửa nạp (*Inlet*)
E Cửa xả (*Outlet*) **F** Động cơ + hộp giảm tốc (*Drive*)

Hình 7.2: Sơ đồ cấu tạo vít tải (trục vít xoắn trong máng kín): **(I)** mặt cắt dọc — **(A)** trục vít & cánh vít, **(B)** máng chữ U có nắp đậy, **(C)** ổ trục, **(D)** cửa nạp, **(E)** cửa xả, **(F)** động cơ – hộp giảm tốc (nắp máng đã bóc để lộ ruột, thể hiện bằng nét đứt); **(II)** mặt cắt ngang cho thấy **máng kín có nắp đậy** — chính là cơ sở của ưu điểm chống bụi, chống ẩm.

7.2 CÁC THIẾT BỊ NÂNG CHUYÊN DỤNG KHÁC

7.2.1 VẬN THĂNG LỒNG (CONSTRUCTION HOIST) – ”THANG MÁY” CỦA CÔNG TRƯỜNG

Công dụng: Vận chuyển **người và vật liệu nhẹ** lên các tầng cao theo phương thẳng đứng.



Hình 7.3: Vận thăng lồng thi công tại công trình cao tầng.

Cấu tạo và Nguyên lý hoạt động

- **Cấu tạo chính:** Lồng nâng (*Cage*), Đốt thân (*Mast Section* - làm đường ray), Cơ cấu dẫn động.

- **Nguyên lý truyền động:** Hệ thống **Bánh răng - Thanh răng (*Rack and Pinion*)**. Bánh răng trên lồng nâng ăn khớp và ”bò” lên/xuống trên thanh răng gắn dọc cột thân tháp. Cơ cấu này đảm bảo sự di chuyển an toàn và ổn định.

An toàn Vận thăng lồng - Yêu cầu bắt buộc

- **Phanh hãm an toàn (Safety Brake):** Cơ cấu phanh ly tâm, tự kích hoạt và kẹp chặt vào thanh răng nếu lồng nâng đi xuống quá tốc độ cho phép. Là ”dù cứu sinh” quan trọng nhất.
- **Khóa liên động cửa (Door Interlock):** Đảm bảo lồng không chạy khi cửa tầng hoặc cửa lồng chưa đóng kín.
- **Công tắc hành trình (Limit Switch):** Tự động ngắt điện và dừng lồng ở tầng trên cùng và dưới cùng.

7.2.2 PA LĂNG (HOIST) VÀ TỜI (WINCH) – CÔNG CỤ NÂNG HẠ NHỎ GỌN

- **Pa lăng (Hoist):**
  - **Công dụng:** Chuyên dùng để nâng/hạ vật theo **phương thẳng đứng**.
  - **Ứng dụng:** Nâng hạ máy móc trong nhà xưởng, cẩu lắp khuôn mẫu.



(a) Pa lăng xích (Chuyên nâng đứng)



(b) Tời kéo xoắn ốc với bánh răng sâu (Chuyên kéo ngang)

Hình 7.4: Phân biệt Pa lăng và Tời dựa trên phương làm việc.

- **Tời (Winch):**
  - **Công dụng:** Chuyên dùng để **kéo vật theo phương ngang** hoặc phương nghiêng.

– **Ứng dụng:** Kéo vật liệu ra khỏi hầm lò, kéo xe bị hỏng.

Kinh nghiệm: Nâng hay Kéo?

- **Nâng thẳng đứng một tải trọng 1 tấn:** Chọn **Pa lăng**.
- **Kéo ngang một tải trọng 1 tấn trượt trên sàn:** Chọn **Tời**.
- *Dùng Pa lăng để kéo ngang là sai mục đích thiết kế và cực kỳ nguy hiểm.*

TÓM TẮT CHƯƠNG 7

Chương 7 đã hoàn thiện bức tranh về nhóm máy nâng chuyển.

Chúng ta đã phân biệt rõ phương thức làm việc **Liên tục** (Băng tải, Vít tải) và **Theo chu kỳ** (Vận thăng, Cần trục). **Băng tải** là giải pháp logistics cho vật liệu rời thô, còn **Vít tải** là chuyên gia cho vật liệu bột như xi măng nhờ cấu tạo kín chống ẩm và chống bụi.

Vận thăng lồng là thiết bị giao thông đứng của công trường, hoạt động nhờ nguyên lý **Bánh răng - Thanh răng**, và yêu cầu giám sát an toàn nghiêm ngặt (Phanh hãm an toàn). Cuối cùng, **Pa lăng** và **Tời** là cặp đôi hỗ trợ, một bên chuyên nâng **thẳng đứng**, một bên chuyên kéo **ngang**.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Phân biệt hai phương thức làm việc chính của thiết bị nâng chuyển (theo chu kỳ và liên tục). Cho hai ví dụ cho mỗi loại.
2. Trình bày các ưu điểm vượt trội của Vít tải so với Băng tải khi vận chuyển vật liệu dạng bột như xi măng.
3. Mô tả nguyên lý truyền động **Bánh răng - Thanh răng** của Vận thăng lồng.
4. Tại sao hệ thống **Phanh hãm an toàn** lại là ”dù cứu sinh” quan trọng nhất trên Vận thăng lồng?
5. Phân biệt sự khác nhau cơ bản về chức năng và ứng dụng giữa Pa lăng và Tời.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 7.1: Lựa chọn thiết bị
Dự án cần đưa các vật liệu sau lên tầng 30. Hãy chọn thiết bị phù hợp (Vận thăng, Cần trục tháp, Pa lăng) và giải thích:

- a. Thép hình, thép hộp (vật nặng, vật định hình dài).
- b. Công nhân và vật liệu hoàn thiện nhẹ (gạch, vữa, dụng cụ).
- c. Cấu kiện dầm bê tông cốt thép nặng 15 tấn.

Bài tập 7.2: Phân tích an toàn vận thăng
Kỹ sư phát hiện công nhân chêm gỗ để cửa tầng hầm của Vận thăng lồng luôn mở (kể cả khi lồng đang ở trên cao).

1. Hành động này vi phạm hệ thống an toàn nào?
2. Chỉ ra hai rủi ro nghiêm trọng có thể xảy ra.

Bài tập 7.3: Tư duy hệ thống
Hãy điền tên thiết bị vào bảng phân loại sau: *Vít tải, Cần trục tháp, Máy xúc lật, Xe ben.*

	Vật liệu Rời (Cát, xi măng)	**Vật Định hình** (Thép, Dầm)
Làm việc theo Chu kỳ	*Máy xúc lật, Xe ben*	**?**
Làm việc Liên tục	**?**	*(Ít gặp trong XD dân dụng)*

CHƯƠNG 8

NHÓM MÁY SẢN XUẤT VẬT LIỆU

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Vẽ và giải thích được** sơ đồ dây chuyền công nghệ của một **Trạm trộn bê tông xi măng** điển hình, đặc biệt là vai trò của hệ thống định lượng.
2. **Mô tả được** dây chuyền sản xuất của một trạm **nghiền sàng cốt liệu** theo **Chu trình kín**.
3. **Nhận dạng và trình bày được** nguyên lý hoạt động của các máy chính trong dây chuyền: **Máy trộn cưỡng bức, Máy nghiền hàm, Máy nghiền côn, và Máy sàng rung.**
4. **Phân tích được** sự khác biệt cơ bản về quy trình công nghệ giữa trạm trộn bê tông xi măng và trạm trộn bê tông nhựa nóng (sẽ học chi tiết hơn ở C10).

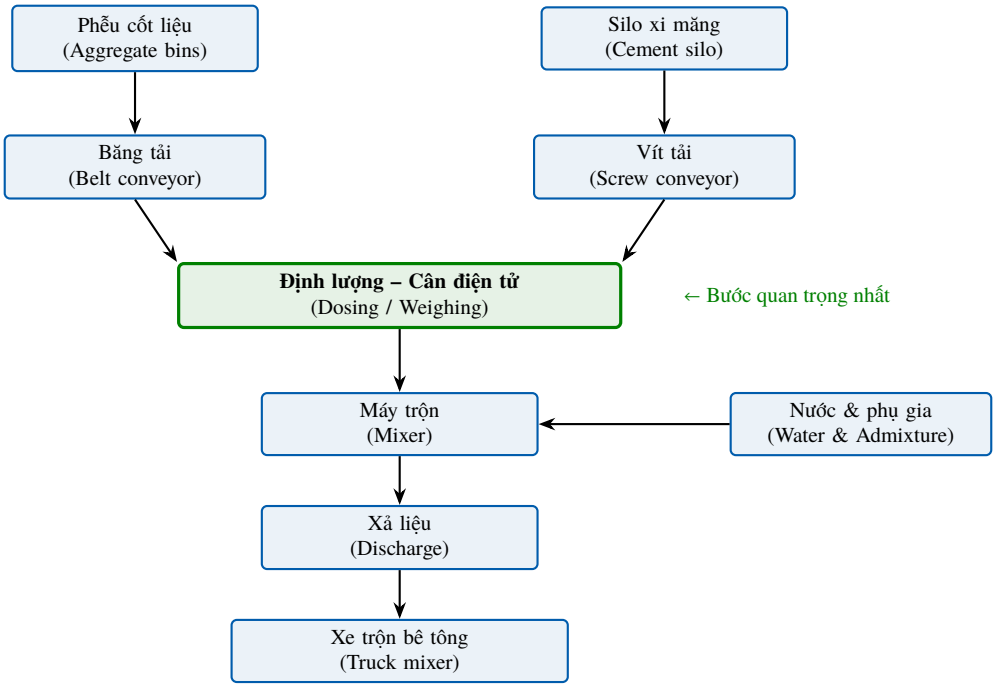
Lời mở đầu chương: Bê tông và cốt liệu (đá, cát) là ”thực phẩm” chính, chiếm khối lượng lớn nhất trong mọi công trình xây dựng. Chất lượng của chúng quyết định trực tiếp đến tuổi thọ và sự bền vững của công trình. Chương 8 sẽ đưa chúng ta vào tham quan hai ”nhà bếp” công nghiệp: **Trạm nghiền sàng** (”nhà bếp khô”) chuyên sản xuất ra các loại cốt liệu đúng kích cỡ, và **Trạm trộn bê tông** (”nhà bếp ướt”) chuyên tạo ra bê tông tươi chất lượng cao. Hiểu về hai dây chuyền này là hiểu về cách đảm bảo chất lượng vật liệu đầu vào - một trách nhiệm cốt tử của người kỹ sư.

8.1 TRẠM TRỘN BÊ TÔNG (CONCRETE BATCHING PLANT) – ”NHÀ BẾP ƯỚT”

8.1.1 SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ VÀ ĐỊNH LƯỢNG

Trạm trộn hoạt động như một dây chuyền tự động hóa cao, đảm bảo tỷ lệ trộn chính xác tuyệt đối.

1. **Lưu trữ:** Cát, đá trong **Phễu chứa cốt liệu**; Xi măng trong **Silo** kín.



Hình 8.1: Sơ đồ dây chuyền công nghệ trạm trộn bê tông xi măng. Cốt liệu (cát, đá) chứa trong phễu và xi măng chứa trong silo kín, được đưa lên bằng băng tải và vít tải. **Bước then chốt là Định lượng (Dosing / Weighing)** — mỗi loại vật liệu được cân riêng trên hệ thống cân điện tử độc lập, quyết định Mác bê tông. Sau đó các thành phần được xả vào máy trộn, rồi xả xuống xe trộn bê tông.

2. **Vận chuyển:** Cốt liệu bằng **Băng tải**; Xi măng bằng **Vít tải** (đã học ở C7).
3. **Định lượng (*Weighing / Batching*): Bước quan trọng nhất.** Mỗi loại vật liệu được cân trên một hệ thống **cân điện tử độc lập**. Việc kiểm soát sự chính xác của cân quyết định **Mác bê tông** (cường độ) sau này.
4. **Trộn (*Mixing*):** Các thành phần được xả vào **Máy trộn**.
5. **Xả liệu (*Discharging*):** Bê tông tươi được xả xuống **Xe vận chuyển bê tông**.

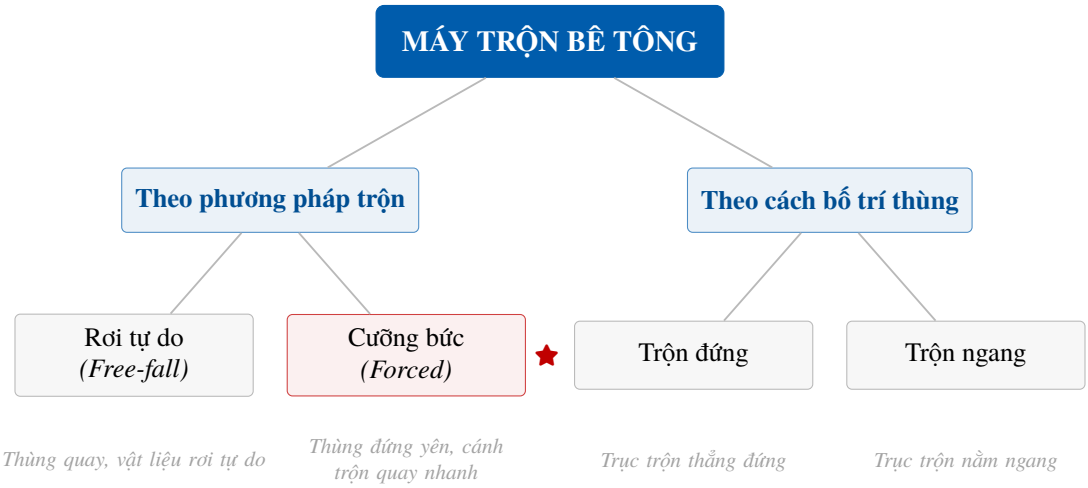
Case Study Thực tế: Giám sát Định lượng (Bài tập mẫu)

- **Tình huống:** Bê tông Mác 300 yêu cầu 350 kg Xi măng. Phiếu trộn thực tế chỉ ghi 315 kg.
- **Phân tích:** Thiếu 10% xi măng sẽ làm bê tông **không đạt cường độ** thiết kế.
- **Hành động của Kỹ sư: Yêu cầu ngừng cấp bê tông ngay lập tức**, không sử dụng mẻ bê tông lỗi, và yêu cầu hiệu chỉnh hệ thống cân xi măng trước khi tiếp tục.

8.1.2 MÁY TRỘN (MIXER) – ”TRÁI TIM” CỦA TRẠM TRỘN

- **Máy trộn tự do (*Free-fall Mixer*):** Thùng trộn quay, vật liệu rơi tự do. Thường dùng cho máy nhỏ hoặc trên xe bồn.

- **Máy trộn cưỡng bức (*Forced Mixer*):** Thùng đứng yên, cánh trộn quay tốc độ cao. **Loại được sử dụng trong hầu hết các trạm trộn hiện đại** vì cho chất lượng bê tông đồng đều và tốt hơn nhiều.



Hình 8.2: Sơ đồ phân loại máy trộn bê tông. Hai tiêu chí phân loại chính là **phương pháp trộn** và **cách bố trí thùng**. Trong thực tế, **máy trộn cưỡng bức** ★ được dùng ở hầu hết các trạm trộn hiện đại vì cho chất lượng bê tông đồng đều hơn hẳn.

Bảng 8.1: Phân loại và so sánh các loại máy trộn bê tông theo bốn tiêu chí.

Tiêu chí	**Loại**	**Nguyên lý – Đặc điểm**	**Ứng dụng điển hình**
Phương pháp trộn	Rơi tự do *(Free-fall)*	Thùng quay, cánh đảo nâng vật liệu lên rồi để rơi tự do; trộn nhờ trọng lực.	Bê tông dẻo, độ sụt lớn; máy trộn nhỏ và xe bồn
	Cưỡng bức *(Forced)*	Thùng đứng yên, cánh trộn quay tốc độ cao, cưỡng bức đảo trộn vật liệu.	Bê tông khô, mác cao, bê tông nhẹ; **trạm trộn hiện đại**
Bố trí thùng	Trộn đứng	Trục trộn thẳng đứng, thùng đứng yên.	Gắn liền với máy trộn cưỡng bức
	Trộn ngang	Trục trộn nằm ngang; thùng quay (rơi tự do) hoặc cánh quay.	Máy trộn rơi tự do, xe bồn
Chế độ làm việc	Chu kỳ *(gián đoạn)*	Đong đủ một mẻ, trộn rồi xả hết; sau đó lặp lại mẻ mới.	Phổ biến nhất ở trạm trộn
	Liên tục	Cấp liệu, trộn và xả liệu diễn ra liên tục.	Trạm trộn di động, công suất lớn
Khả năng di động	Cố định	Đặt cố định tại trạm trộn.	Trạm trộn thương phẩm
	Di động	Gắn trên khung hoặc xe, có thể cẩu chuyển.	Công trình xa, khối lượng nhỏ

8.2 DÂY CHUYỀN NGHIỀN SÀNG ĐÁ – "NHÀ BẾP KHÔ"

8.2.1 CÁC MÁY CHÍNH TRONG DÂY CHUYỀN CỐT LIỆU

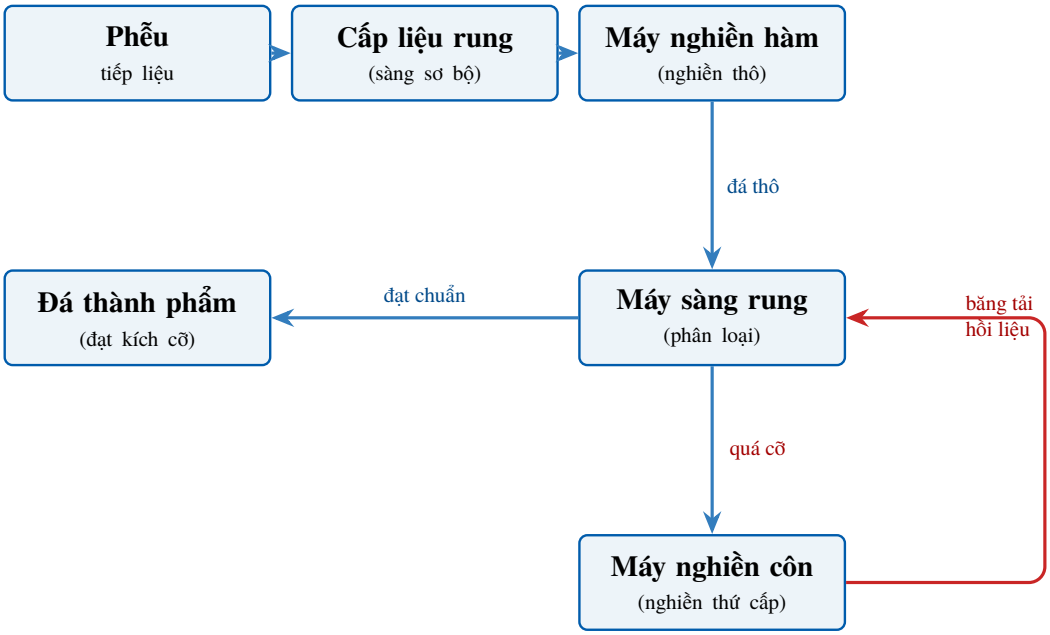
- **a. Máy nghiền hàm (*Jaw Crusher*):**
  - **Nguyên lý:** Sử dụng **lực nén ép** giữa một hàm tĩnh và một hàm động để làm vỡ đá.
  - **Ứng dụng: Nghiền sơ cấp** (nghiền đá lớn nhất) – Giống như một cái hàm nhai thô.
- **b. Máy nghiền côn (*Cone Crusher*):**
  - **Nguyên lý:** Kết hợp **lực nén ép và lực cắt/mài** khi nón nghiền quay lệch tâm.
  - **Ứng dụng: Nghiền thứ cấp** (nghiền tinh), tạo ra các viên đá có hình dạng khối (tròn cạnh) tốt hơn, giảm các hạt dẹt.
- **c. Máy sàng rung (*Vibrating Screen*):**
  - **Nguyên lý:** Sử dụng rung động tần số cao để phân loại đá theo kích thước thông qua các lưới sàng.

8.2.2 SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN NGHIỀN SÀNG "CHU TRÌNH KÍN"

Dây chuyền Nghiền Sàng được thiết kế theo **Chu trình kín** để đảm bảo chất lượng sản phẩm và tối ưu hóa hiệu quả kinh tế.

Quy trình:

1. Đá hộc vào **Máy nghiền hàm** (Nghiền sơ cấp).
2. Đá được đưa lên **Máy sàng rung** (Sàng lọc lần 1).
3. Đá đạt kích thước ra bãi thành phẩm.
4. Đá "quá cỡ" (chưa lọt qua lưới sàng) được **Băng tải hồi liệu** đưa đến **Máy nghiền côn** (Nghiền thứ cấp).
5. Đá nghiền xong lại được đưa **quay trở lại Máy sàng** để tiếp tục phân loại.



Hình 8.3: Sơ đồ dây chuyền nghiền sàng đá theo chu trình kín.

Kinh nghiệm Công trường: Bí mật của "Chu trình kín"

Việc sử dụng Chu trình kín đảm bảo hai lợi ích quan trọng: (1) ***Tận dụng tối đa vật liệu*** *(không lãng phí đá quá cỡ); (2)* ***Đảm bảo chất lượng đồng nhất*** *(mọi viên đá đều phải đạt kích thước yêu cầu trước khi được xuất bán).*

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 8 đã đưa chúng ta vào hậu trường sản xuất vật liệu. **Trạm trộn bê tông** là nơi vật liệu được định lượng chính xác (bước quan trọng nhất) và được trộn cưỡng bức trong **Máy trộn cưỡng bức** để tạo ra bê tông chất lượng.

Trạm nghiền sàng sử dụng tổ hợp **Máy nghiền hàm** (nhai thô) và **Máy nghiền côn** (nghiền tinh) cùng với **Máy sàng rung** để phân loại. Việc tổ chức dây chuyền theo **Chu trình kín** là yếu tố then chốt để đảm bảo chất lượng và kinh tế của cốt liệu đầu ra. Hiểu rõ quy trình này giúp kỹ sư kiểm soát được chất lượng từ nguồn vật liệu.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Vẽ sơ đồ khối và trình bày 5 bước trong dây chuyền công nghệ của một trạm trộn bê tông. Bước nào được xem là quan trọng nhất và tại sao?
2. Trình bày sự khác biệt về nguyên lý làm việc giữa Máy nghiền hàm và Máy nghiền côn. Nêu vai trò của từng loại máy trong dây chuyền sản xuất cốt liệu.
3. Giải thích vai trò của **Băng tải hồi liệu** trong việc tạo ra dây chuyền nghiền sàng đá theo **Chu trình kín**.
4. Tại sao trong trạm trộn, cát và đá thường được vận chuyển bằng **Băng tải**, nhưng xi măng lại phải dùng **Vít tải**?

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 8.1: Phân tích sự cố Định lượng
Một trạm trộn bê tông vừa hoàn thành công tác hiệu chỉnh. Thử nghiệm cho thấy, khi cần định lượng 1000 kg cát, cân điện tử chỉ báo 980 kg (thiếu 20 kg).

1. Sai số này có vi phạm quy định về định lượng vật liệu trong sản xuất bê tông không?
2. Việc định lượng thiếu cát (cốt liệu mịn) có thể ảnh hưởng gì đến **tính công tác** (*workability*) của mẻ bê tông? (Gợi ý: Bê tông sẽ trở nên thô hay mịn hơn?)

Bài tập 8.2: Lựa chọn công nghệ cho vật liệu mới
Một mỏ đá mới khai thác được loại đá rất cứng và có hình dạng viên đá dẹt (flat). Nhà thầu muốn cải thiện hình dạng viên đá (tăng tính khối) để chất lượng bê tông được tốt hơn.

1. Trong dây chuyền nghiền sàng, họ cần sử dụng loại máy nghiền nào để giải quyết vấn đề này (Máy nghiền hàm hay Máy nghiền côn)?
2. Nguyên lý làm việc nào của loại máy đó giúp cải thiện hình dạng viên đá dẹt?

CHƯƠNG 9

NHÓM MÁY THI CÔNG BÊ TÔNG

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Hiểu được** vai trò kép (vận chuyển + trộn duy trì) của **Xe vận chuyển bê tông**.
2. **Phân biệt được** cấu tạo, phân loại (Bơm cần, Bơm tĩnh) và phạm vi ứng dụng của **Máy bơm bê tông**.
3. **Giải thích được** tầm quan trọng của việc kiểm soát **Độ sụt** (*Slump*) đối với chất lượng và khả năng bơm của bê tông.
4. **Nắm vững được** mục đích và kỹ thuật sử dụng các thiết bị **Đầm dùi** và **Đầm bàn** để loại bỏ lỗ rỗng và tránh khuyết tật **rỗ mặt**.
5. **Áp dụng kiến thức** để lập một checklist cơ bản cho việc chuẩn bị một ca đổ bê tông thành công.

Lời mở đầu chương: Sau khi được ”chế biến” tại trạm trộn (Chương 8), bê tông tươi bắt đầu một cuộc chạy đua với thời gian. Nó phải được vận chuyển, đưa đến đúng vị trí thi công và đầm lèn trước khi quá trình ninh kết bắt đầu. Chương 9 sẽ giới thiệu về các cỗ máy trong ”hệ thống tuần hoàn” tinh vi này, từ những chiếc xe bồn giữ cho ”máu” bê tông luôn tươi, đến những ”rồng thép” bơm bê tông vươn lên hàng chục tầng cao, và cuối cùng là những thiết bị nhỏ nhưng tối quan trọng giúp bê tông đạt được chất lượng cuối cùng. Việc làm chủ các thiết bị này là làm chủ được một trong những công tác phổ biến và quan trọng nhất trên mọi công trường.

9.1 VẬN CHUYỂN VÀ ĐƯA BÊ TÔNG LÊN CAO

9.1.1 XE VẬN CHUYỂN BÊ TÔNG (TRANSIT MIXER)

- **Công dụng kép:**
  - **Vận chuyển:** Đưa bê tông tươi từ trạm trộn đến công trường.

  - **Trộn lại (*Agitating*):** Bồn trộn luôn quay chậm (2-6 vòng/phút) trong suốt quá trình di chuyển để giữ cho hỗn hợp **không bị phân tầng** (cát đá lắng xuống) và làm chậm quá trình ninh kết.

- **Nguyên lý xả liệu:** Khi đảo chiều quay của bồn, cánh trộn xoắn ốc sẽ tự động đẩy bê tông ra ngoài.



Hình 9.1: Xe bồn vận chuyển bê tông.

VIDEO THỰC TẾ: Nguyên lý hoạt động bồn trộn

Video mô phỏng mặt cắt bên trong của bồn trộn. Quan sát kỹ hệ thống **cánh xoắn ốc (spiral blades)**: Khi quay chiều này thì nó đẩy vật liệu vào trong (trộn), khi quay chiều ngược lại thì nó đẩy vật liệu ra ngoài (xả).

Xem video tại đây:
Click để xem: Cement mixer drum in action

9.1.2 MÁY BƠM BÊ TÔNG (CONCRETE PUMP) – CUỘC CÁCH MẠNG TỐC ĐỘ

Máy bơm bê tông là thiết bị dùng áp lực cao để đẩy bê tông tươi qua một hệ thống đường ống, làm tăng tốc độ thi công kết cấu lên gấp nhiều lần.

Nguyên lý hoạt động (Bơm Piston)

Hoạt động như một cặp xi-lanh thủy lực. Khi piston 1 đẩy bê tông vào đường ống, piston 2 hút bê tông từ phễu, sau đó quá trình đảo ngược, tạo ra dòng chảy liên tục.

VIDEO THỰC TẾ: Bên trong Máy bơm Bê tông

Xem video mô phỏng 3D cực rõ nét về cách hai piston thủy lực phối hợp nhịp nhàng với Van đá (Rock Valve) để đẩy dòng bê tông đi liên tục mà không bị ngắt quãng.

Xem video tại đây:
SCHWING-Stetter - How a concrete pump works



(a) Bơm cần (Boom Pump)



(b) Bơm tĩnh (Line Pump)

Hình 9.2: Phân biệt hai loại máy bơm bê tông phổ biến. *(Ảnh: Wikimedia Commons — giấy phép CC0)*

Phân loại Máy bơm bê tông

Bảng 9.1: So sánh Bơm cần và Bơm tĩnh

Tiêu chí	Bơm cần (Boom Pump)	Bơm tĩnh / Bơm ngang (Line Pump)
Cấu tạo	Gắn liền trên xe tải, có một **cần bơm robot** nhiều đốt, có thể gập và vươn xa.	Là một đầu bơm độc lập, bơm qua các **đoạn ống thép** được lắp nối thủ công.
Ứng dụng	Đổ bê tông sàn, cột, vách của nhà cao tầng, kết cấu lớn.	Bơm bê tông móng, sàn tầng hầm, các vị trí trong hẻm nhỏ hoặc qua khoảng cách rất dài.

Công thức: Ước tính thời gian đổ bê tông

Kỹ sư cần tính thời gian bơm ($T_{\text{đổ}}$) để lên kế hoạch gọi xe bê tông (điều phối nhịp nhàng):

$$T_{\text{đổ}} = \frac{V_{\text{kết cấu}}}{Q_{dn} \times K_{sd} \times K_h} \quad \text{(giờ)} \tag{9.1}$$

Trong đó:

- $V_{\text{kết cấu}}$: Thể tích khối bê tông cần đổ (m^3).
- Q_{dn}: Năng suất danh nghĩa của bơm (m^3/h - xem Catalogue máy).
- K_{sd}: Hệ số sử dụng thời gian (thường 0.6 – 0.7 do phải dừng chờ xe, chuyển cần bơm).
- K_h: Hệ số hao hụt bê tông.

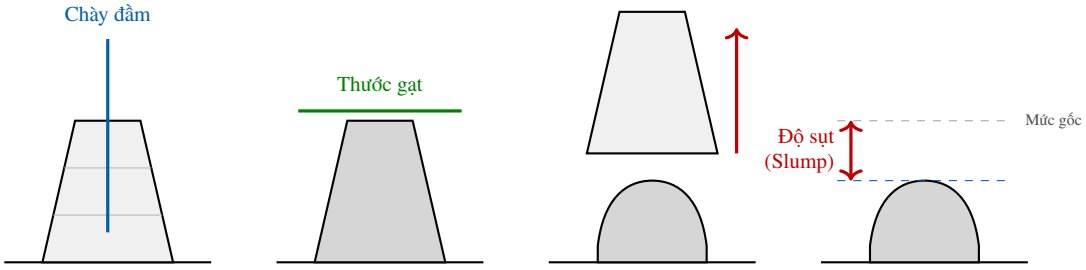
VÍ DỤ MINH HỌA: Kế hoạch đổ bê tông

Đề bài: Cần đổ móng $120\,m^3$. Dùng bơm tĩnh năng suất danh nghĩa $60\,m^3/h$. Do điều kiện chật hẹp, hệ số sử dụng chỉ đạt $K_{sd} = 0.5$.

Lời giải:

- **Năng suất thực tế:** $Q_{tt} = 60 \times 0.5 = 30\,m^3/h$.
- **Thời gian bơm:** $T = 120/30 =$ **4** giờ.
- *Kế hoạch:* Nếu xe bồn $6m^3$, cần $120/6 = 20$ chuyến xe trong 4 giờ → Trung bình 12 phút phải có 1 xe đến để bơm không bị dừng.

9.1.3 KIỂM SOÁT ĐỘ SỤT (SLUMP TEST) - TIÊU CHUẨN BƠM



(a) Đổ 3 lớp, đầm 25 nhát/lớp

(b) Gạt phẳng miệng côn (Strike off)

(c) Nhấc côn thẳng đứng (5–10 s)

(d) Đo độ sụt (Slump)

Hình 9.3: Quy trình thí nghiệm kiểm tra Độ sụt (*Slump Test*) theo TCVN 3106:2022. Bê tông được đổ vào côn **3 lớp**, đầm mỗi lớp **25 nhát** (với côn N1), gạt phẳng miệng côn rồi **nhấc côn thẳng đứng trong 5–10 giây**. Độ sụt là chênh lệch chiều cao giữa đỉnh côn ban đầu và đỉnh khối bê tông sau khi sụt. Côn N1 tiêu chuẩn: đường kính đỉnh 100 mm, đường kính đáy 200 mm, chiều cao 300 mm.

- **Độ sụt (*Slump*)** là chỉ số đo lường **tính công tác** (*Workability*) của bê tông, cho biết độ dẻo và khả năng chảy của nó. Phương pháp thí nghiệm theo TCVN 3106:2022 [20].
- **Quy tắc:** Bê tông dùng để bơm phải có độ sụt nằm trong một khoảng quy định (thường 12-16 cm).
  - **Bê tông quá khô (Độ sụt thấp):** Rất khó đẩy, gây **tắc bơm** và làm hỏng đường ống.
  - **Bê tông quá ướt (Độ sụt cao):** Dễ bị phân tầng trong đường ống và trong kết cấu, dẫn đến giảm cường độ.

Case Study Thực tế: Xử lý sự cố Độ sụt thấp tại hiện trường

Tình huống: Bê tông đến công trường có độ sụt đo được chỉ đạt **8 cm** (Yêu cầu tối thiểu để bơm là 12 cm).

Quy trình Ra quyết định của Kỹ sư (Tư duy giải quyết vấn đề):

1. **B1: Đánh giá khả năng khắc phục:** Ngừng xả bê tông ngay lập tức. Kiểm tra xem quy trình chất lượng (QA/QC) của dự án có cho phép **thêm phụ gia siêu dẻo** tại hiện trường hay không?
2. **B2: Ra quyết định:**
   - **Phương án A (Được phép):** Thêm phụ gia dưới sự giám sát của thí nghiệm viên → Trộn lại → Đo lại độ sụt. Nếu đạt → **Cho phép bơm**. (Đây là giải pháp kinh tế nhất).
   - **Phương án B (Không được phép/Không đạt): Từ chối nghiệm thu** và yêu cầu xe bồn quay về trạm trộn.

Kết luận cốt lõi: *Tuyệt đối không được phép bơm bê tông có độ sụt thấp hơn quy định, vì rủi ro tắc bơm sẽ gây thiệt hại lớn hơn nhiều so với giá trị của một xe bê tông.*

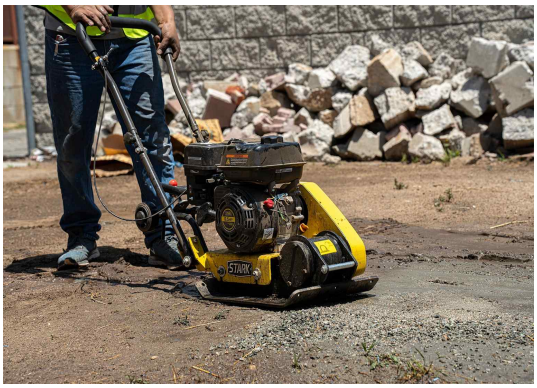
9.2 HOÀN THIỆN BÊ TÔNG VÀ LẬP KẾ HOẠCH

9.2.1 CÔNG TÁC ĐẦM LÈN BÊ TÔNG – LOẠI BỎ LỖ RỖNG

- **Mục đích:** Bê tông tươi chứa nhiều bọt khí. **Đầm lèn (*Compaction / Vibration*)** là công tác **bắt buộc** để loại bỏ các bọt khí bị kẹt lại.
- **Hậu quả khi đầm không kỹ:** Giảm cường độ, giảm khả năng chống thấm, gây ra khuyết tật **rỗ mặt (*honeycombing*)** và giảm liên kết giữa bê tông và cốt thép.



(a) Đầm dùi (Đầm sâu bên trong)



(b) Đầm bàn (Đầm phẳng bề mặt)

Hình 9.4: Các thiết bị đầm lèn bê tông: Đầm dùi cho khối lớn và Đầm bàn cho mặt sàn.

Đầm dùi (*Internal / Poker Vibrator*)

- **Loại phổ biến nhất.** Dùng quả dùi có khối lệch tâm quay để tạo rung động, "hóa lỏng" bê tông tạm thời, giúp bọt khí nổi lên.
- **Kỹ thuật:** Cắm dùi theo phương thẳng đứng, rút ra từ từ.

Đầm bàn (*Surface Vibrator*)

Dùng cho các kết cấu mỏng, rộng như sàn nhà, mặt đường bê tông.

9.2.2 LẬP KẾ HOẠCH VÀ CHUẨN BỊ CHO MỘT CA ĐỔ BÊ TÔNG

Kinh nghiệm: Checklist 5 điểm trước giờ "G"

Một ca đổ bê tông thành công phụ thuộc vào sự chuẩn bị kỹ lưỡng. Kỹ sư giám sát phải kiểm tra:

1. **Cốt thép & Cốp pha:** Đã lắp đúng, sạch sẽ, và đã được tưới ẩm (để cốp pha không hút nước của bê tông) chưa?
2. **Vị trí đặt bơm:** Đã được tối ưu, nền đất đủ cứng để chịu tải **Chân chống** của bơm cần chưa?
3. **Nhân lực & Thiết bị phụ trợ:** Đã có đủ nhân công, và quan trọng nhất: **Đã có ít nhất 1 máy Đầm dùi dự phòng chưa?**
4. **Điều phối & Liên lạc:** Đã thống nhất tốc độ cấp xe bồn với trạm trộn chưa?
5. **An toàn:** Khu vực nguy hiểm (ống bơm, khu vực đổ) đã được rào chắn, đặt biển cảnh báo chưa?

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 9 đã theo sát hành trình của bê tông tươi. **Xe vận chuyển bê tông** với vai trò trộn duy trì đảm bảo chất lượng. **Máy bơm bê tông** (Bơm cần và Bơm tĩnh) là công cụ hiện đại hóa, nhưng hiệu quả của chúng phụ thuộc vào sự kiểm soát **Độ sụt**.

Công tác **Đầm lèn** với **Đầm dùi** là bước cuối cùng, tối quan trọng để loại bỏ bọt khí và tránh khuyết tật **rỗ mặt**. Việc nắm vững quy trình này và có checklist chuẩn bị nghiêm ngặt là điều kiện tiên quyết cho mọi kỹ sư giám sát.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày vai trò kép của Xe vận chuyển bê tông. Giải thích tại sao việc chống phân tầng lại quan trọng trong suốt quá trình vận chuyển.
2. So sánh ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của Bơm cần (*Boom Pump*) và Bơm tĩnh (*Line Pump*).
3. Độ sụt (*Slump*) là gì? Trình bày rủi ro kỹ thuật nếu cố bơm bê tông có độ sụt quá thấp.
4. Tại sao phải đầm lèn bê tông? Việc đầm không kỹ có thể gây ra những hậu quả gì (khuyết tật kỹ thuật)?
5. Nêu và giải thích 3 hạng mục công việc quan trọng nhất mà một kỹ sư cần kiểm tra liên quan đến **cốp pha và cốt thép** trước khi bắt đầu một ca đổ bê tông.

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 9.1: Lựa chọn thiết bị
Dự án cần đổ bê tông cho các hạng mục sau. Hãy đề xuất phương án (Bơm cần, Bơm tĩnh, hay Cần trục thùng vữa) và giải thích:

- a. Sàn tầng 35 của một tòa nhà văn phòng.
- b. Một khối móng đơn nhỏ (2 m³) ở vị trí mà xe bồn có thể tiếp cận nhưng máy bơm không thể lắp đặt được.
- c. Đổ bê tông cột cho một tầng hầm sâu 3m.

Bài tập 9.2: Phân tích khuyết tật và Phương pháp đầm
Sau khi tháo cốp pha tường cao 4m, phần mặt trên bị rỗ li ti, phần dưới đẹp.

1. Phân tích nguyên nhân kỹ thuật có khả năng cao nhất gây ra hiện tượng rỗ mặt ở phần trên.
2. Kỹ thuật đầm dùi đúng cần phải được thực hiện như thế nào để tránh hiện tượng này?

Bài tập 9.3: Vấn đề phân tầng trong Xe vận chuyển bê tông
Một xe bê tông bị kẹt xe 2 giờ. Kỹ sư lo ngại hiện tượng phân tầng.

1. Để giảm thiểu nguy cơ phân tầng trong quá trình chờ đợi, người vận hành xe nên làm gì?
2. Trước khi xả bê tông vào phễu bơm, kỹ sư phải yêu cầu thực hiện hành động gì với xe vận chuyển để đảm bảo hỗn hợp đồng nhất trở lại?

Bài tập 9.4: Ước tính thời gian đổ bê tông
Một máy bơm cần có năng suất danh nghĩa (lý thuyết) $Q_{dn} = 90\,m^3/h$. Cần đổ một sàn bê tông có thể tích $V = 500\,m^3$.

1. Nếu hệ số sử dụng thời gian thực tế $K_{sd} = 0.65$ (do chờ xe, chuyển cần...), hãy tính năng suất thực tế của bơm.
2. Ước tính tổng thời gian (giờ) để hoàn thành ca đổ bê tông này.

CHƯƠNG 10

NHÓM MÁY THI CÔNG MẶT ĐƯỜNG

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Mô tả được** sơ đồ dây chuyền sản xuất tại một **Trạm trộn bê tông nhựa nóng** (*Asphalt Plant*) và chỉ ra yếu tố cốt lõi (Nhiệt độ) quyết định.
2. **Trình bày được** cấu tạo chi tiết và nguyên lý hoạt động của **Máy rải bê tông nhựa** (*Asphalt Paver*), đặc biệt là vai trò của bộ phận **Screed**.
3. **Phân tích được** vai trò và thứ tự làm việc chuẩn của một **Tổ hợp máy lu** điển hình (Lu rung, Lu bánh lốp, Lu tĩnh) trong công tác đầm nén mặt đường nhựa.
4. **Hiểu được** công dụng và nguyên lý hoạt động của **Máy phay bóc mặt đường** (*Milling Machine*) trong công tác duy tu, sửa chữa.
5. **Nhận thức được** tầm quan trọng của yếu tố **nhiệt độ** trong toàn bộ dây chuyền thi công và ảnh hưởng của nó đến chất lượng đầm nén.

Lời mở đầu chương: Sau khi nền móng và các lớp nền đã được hoàn thiện (Chương 4), Chương 10 sẽ đưa chúng ta đến công đoạn cuối cùng của các công trình giao thông: khoác lên cho nó một ”tấm áo” mặt đường êm thuận và bền vững bằng bê tông nhựa nóng (Asphalt).

Thi công mặt đường bê tông nhựa nóng được ví như một **”vũ điệu” máy móc đồng bộ**, đòi hỏi kỷ luật cao nhất và là một cuộc chạy đua với **thời gian và nhiệt độ**. Yêu cầu thi công và nghiệm thu theo TCVN 8819:2011 [21]. Chỉ một mắt xích trong dây chuyền này bị lỗi, cả một con đường có thể sẽ không đạt chất lượng. Chương này sẽ giúp các bạn hiểu rõ vai trò của từng cỗ máy trong dây chuyền phức tạp này, từ khâu sản xuất đến khâu hoàn thiện cuối cùng.

10.1 SẢN XUẤT VÀ DÂY CHUYỀN THI CÔNG

10.1.1 TRẠM TRỘN BÊ TÔNG NHỰA NÓNG (ASPHALT PLANT)

Điểm khác biệt cốt lõi (so với Trạm trộn xi măng - C8):

1. **Chất kết dính:** Dùng **Nhựa đường** (*Bitumen*) thay vì Xi măng.
2. **Quy trình sấy nóng:** Cốt liệu (đá, cát) bắt buộc phải được đưa vào **Trống sấy (*Dryer Drum*)** để loại bỏ hoàn toàn hơi ẩm và nung nóng đến nhiệt độ rất cao (140-165°C) trước khi trộn.



Hình 10.1: Trạm trộn bê tông nhựa nóng. *(Ảnh: Wikimedia Commons, Public Domain)*

10.1.2 DÂY CHUYỀN THI CÔNG VÀ KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ

- **Dây chuyền: Ô tô tự đổ** (có bạt che) → **Máy rải bê tông nhựa** → **Tổ hợp Máy lu**.
- **Yếu tố quyết định: NHIỆT ĐỘ.** Toàn bộ quá trình từ rải đến đầm lèn xong phải được hoàn thành trong một **"cửa sổ nhiệt độ"** cho phép (thường từ 140°C xuống khoảng 80-90°C). Nếu nguội hơn, hỗn hợp sẽ bị cứng và **không thể đầm chặt** để đạt độ rỗng và độ chặt yêu cầu.

Kinh nghiệm Công trường: Giám sát Xe vận chuyển

*Xe vận chuyển bê tông nhựa **bắt buộc phải có bạt che phủ kín thùng xe**. Mục đích chính là **giữ nhiệt** cho hỗn hợp trong suốt quá trình di chuyển. Một kỹ sư giám sát giỏi sẽ không bao giờ cho phép một chiếc xe không có bạt che đổ vật liệu vào máy rải.*

10.1.3 MÁY RẢI BÊ TÔNG NHỰA (ASPHALT PAVER) – ”NGHỆ SĨ” TRẢI THẢM

Máy rải quyết định đến độ bằng phẳng và độ dốc ngang của lớp mặt đường.

Cấu tạo và dòng chảy vật liệu:

1. **Phễu chứa (Hopper):** Tiếp nhận hỗn hợp từ xe tải.
2. **Vít san (Augers):** Dàn đều hỗn hợp ra hết chiều rộng vệt rải.
3. **Bộ phận Screed (Đầm sơ bộ): Bộ phận quan trọng nhất.** Nó là một tấm thép nặng, được gia nhiệt và có khả năng rung nhẹ. Screed có nhiệm vụ **san phẳng tự động** và đầm sơ bộ hỗn hợp, tạo ra độ dày và độ dốc ngang ban đầu chính xác theo thiết kế.



Hình 10.2: Máy rải bê tông nhựa. *(Ảnh: Vögele SUPER 1600-3i — Wikimedia Commons, giấy phép CC0)*

VIDEO THỰC TẾ: Quy trình vận hành Máy rải Asphalt

Video minh họa chi tiết quy trình ”chuẩn chỉ” của một ca rải nhựa:

- **0:00 - 2:30:** Checklist kiểm tra máy (chỉnh Screed, Auger, cao độ).
- **3:27:** Dòng chảy vật liệu: Phễu → Băng tải → Vít xoắn → Bàn đầm.
- **4:19:** Nguyên lý tự san phẳng của Bàn đầm (Screed).

Xem video tại đây:
How an Asphalt Paver Works

10.1.4 TỔ HỢP MÁY LU – "ĐOÀN TÀU ĐẦM NÉN"

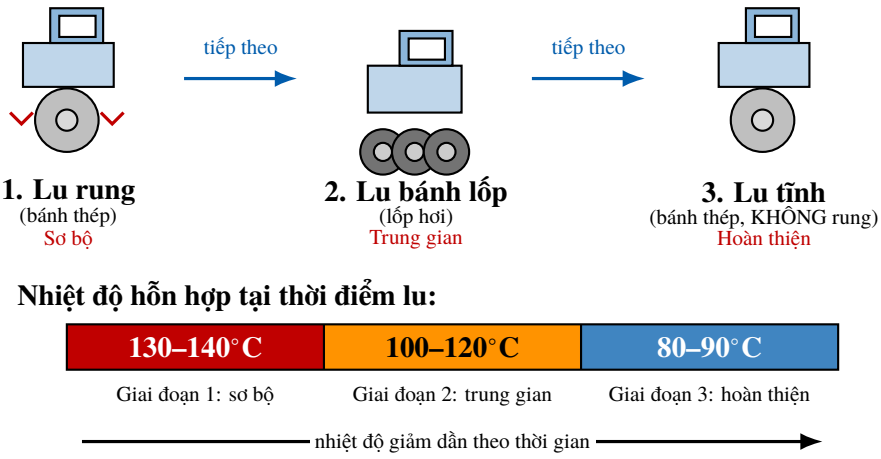
Đầm nén mặt đường nhựa phải được thực hiện theo trình tự nghiêm ngặt, chia làm 3 giai đoạn:

Bảng 10.1: Ba giai đoạn đầm nén mặt đường nhựa

Giai đoạn	Vai trò	Loại Máy lu	Nguyên lý
1. Lu sơ bộ	Tạo độ chặt ban đầu (khi nhiệt độ cao nhất, 130-140°C).	**Máy lu rung bánh thép**	Rung động mạnh và lực tĩnh.
2. Lu trung gian	Tăng độ chặt, làm kín bề mặt.	**Máy lu bánh lốp**	Lực tĩnh và **nhào trộn bề mặt** (miết).
3. Lu hoàn thiện	Xóa vệt bánh xe, tạo bề mặt nhẵn cuối cùng.	**Máy lu tĩnh bánh thép**	Chỉ dùng lực tĩnh, chế độ **KHÔNG RUNG** (80-90°C).

Case Study Thực tế: Giám sát một Tổ hợp Máy lu

*Là kỹ sư giám sát, bạn phải luôn kiểm tra **thứ tự đi lại** và **nhiệt độ** trước mỗi lượt lu. Nếu Máy lu bánh lốp đi trước Máy lu rung, hoặc Lu tĩnh đi ở chế độ rung, chất lượng mặt đường sẽ bị hư hại nghiêm trọng.*



Hình 10.3: Tổ hợp 3 loại lu theo **đúng trình tự kỹ thuật**: Lu rung (sơ bộ, nhiệt độ cao nhất 130 ÷ 140°C) → Lu bánh lốp (trung gian, 100 ÷ 120°C) → Lu tĩnh (hoàn thiện, 80 ÷ 90°C, không rung).

10.2 CÔNG TÁC DUY TU, SỬA CHỮA

10.2.1 MÁY PHAY BÓC MẶT ĐƯỜNG (MILLING MACHINE / COLD PLANER)

- **Công dụng:** Gọt bỏ, bóc đi lớp mặt đường bê tông nhựa đã cũ hoặc bị hư hỏng trước khi rải lớp mới lên trên.
- **Nguyên lý hoạt động:** Một **Trống phay** (***Milling Drum***) có gắn hàng trăm mũi phay bằng hợp kim cứng quay tốc độ cao, băm nhỏ lớp nhựa cũ. Vật liệu bóc ra (gọi là **RAP**) sau đó được băng tải vận chuyển thẳng lên xe tải để tái chế.



Hình 10.4: Máy phay bóc mặt đường cũ để tái chế.

VIDEO THỰC TẾ: Góc nhìn người lái Máy phay

Video thực tế từ góc nhìn người vận hành (POV): Quy trình kiểm tra máy đầu giờ, và cận cảnh quá trình phay bóc mặt đường sâu 22 inch (qua 3 giai đoạn cắt). Rất trực quan để hiểu cách điều khiển và vận hành máy.

Xem video tại đây:
Deep Asphalt Milling – Full POV Step By Step

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 10 đã khám phá dây chuyền thi công mặt đường bê tông nhựa nóng, một công tác đòi hỏi sự kỷ luật cao. Yếu tố cốt lõi là **kiểm soát Nhiệt độ**, vì nó quyết định khả năng đầm nén thành công của hỗn hợp.

Máy rải bê tông nhựa với bộ phận **Screed** đảm bảo độ bằng phẳng và độ dốc ngang chính xác. Quá trình đầm nén phải tuân thủ nghiêm ngặt theo 3 giai đoạn: **Lu sơ bộ (Lu rung)** → **Lu trung gian (Lu bánh lốp)** → **Lu hoàn thiện (Lu tĩnh)**. Cuối cùng, **Máy phay bóc** là công cụ hiện đại để duy tu, sửa chữa mặt đường một cách kinh tế.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày hai điểm khác biệt cốt lõi trong quy trình sản xuất giữa Trạm trộn bê tông nhựa nóng và Trạm trộn bê tông xi măng.
2. Trình bày tầm quan trọng của yếu tố **Nhiệt độ** trong toàn bộ dây chuyền thi công mặt đường bê tông nhựa.
3. Mô tả chức năng của bộ phận **Screed** trên Máy rải bê tông nhựa.
4. Trình bày vai trò và loại máy lu phù hợp cho Giai đoạn **Lu sơ bộ** và Giai đoạn **Lu trung gian**.
5. Giải thích tại sao **Máy lu bánh lốp** lại được sử dụng ở giai đoạn trung gian trong khi Máy lu tĩnh được dùng ở giai đoạn cuối.
6. Máy phay bóc mặt đường có công dụng gì? Loại máy này hoạt động dựa trên nguyên lý gì?

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 10.1: Xử lý sự cố Nhiệt độ
Trời đổ mưa rào khi đang thi công.

1. Bạn ra lệnh gì cho tổ lái máy lu và máy rải? (Mục đích: Giữ nhiệt, tránh đầm khi ẩm/nguội).
2. Sau khi tạnh mưa, cần kiểm tra thông số nào của lớp nhựa trước khi cho lu tiếp tục?

Bài tập 10.2: Phân tích khuyết tật
Mặt đường nứt, bề mặt thô. Hồ sơ ghi nhận: (a) Lu rung đi ở giai đoạn cuối; (b) Nhiệt độ lu giảm dưới 75°C.
Hãy phân tích mối liên hệ giữa hai lỗi trên và khuyết tật mặt đường.
Bài tập 10.3: Lựa chọn thiết bị phục vụ
Nhà thầu đề nghị dùng xe ben không có bạt che để chở bê tông nhựa đi 20km.

1. Bạn có đồng ý không? Tại sao?
2. Bạn sẽ yêu cầu nhà thầu làm gì để đảm bảo chất lượng?

CHƯƠNG 11

LỰA CHỌN VÀ QUẢN LÝ MÁY XÂY DỰNG

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Phân tích được** 3 nhóm yếu tố cốt lõi (Kỹ thuật, Kinh tế, Điều kiện thi công) cần cân nhắc khi lựa chọn tổ hợp máy.
2. **Áp dụng kiến thức** để giải một bài toán thực tế: **Cân bằng đội máy** thi công đất, nhằm tối đa hóa năng suất.
3. **Phân biệt được** và tính toán sơ bộ **Chi phí sở hữu (Owning Costs)** và **Chi phí vận hành (Operating Costs)**.
4. **Hiểu được** tầm quan trọng và nội dung chính của công tác **Bảo dưỡng phòng ngừa (Preventive Maintenance - PM)** và vai trò của hệ thống **Telematics**.
5. **Nhận thức được** mối liên hệ chặt chẽ giữa kế hoạch sử dụng máy móc và tiến độ tổng thể của dự án.

Lời mở đầu chương: Cho đến nay, chúng ta đã học về ”vũ khí”. Chương 11 sẽ dạy chúng ta cách trở thành một **”vị tướng”** – người quyết định khi nào dùng loại máy nào, và làm thế nào để dàn quân một cách hiệu quả nhất mà không bị ”phá sản” vì chi phí hậu cần. Các quyết định lựa chọn và quản lý máy móc sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến hai yếu tố sống còn của một dự án: **Tiến độ** và **Lợi nhuận**. Chương này sẽ trang bị cho các kỹ sư tương lai những công cụ tư duy đầu tiên để đưa ra những quyết định mang tính kinh tế - kỹ thuật một cách khôn ngoan.

11.1 NGHỆ THUẬT LỰA CHỌN MÁY

11.1.1 BA CHÂN KIỀNG CỦA QUYẾT ĐỊNH LỰA CHỌN

Việc lựa chọn máy móc là quá trình cân bằng giữa 3 nhóm yếu tố:

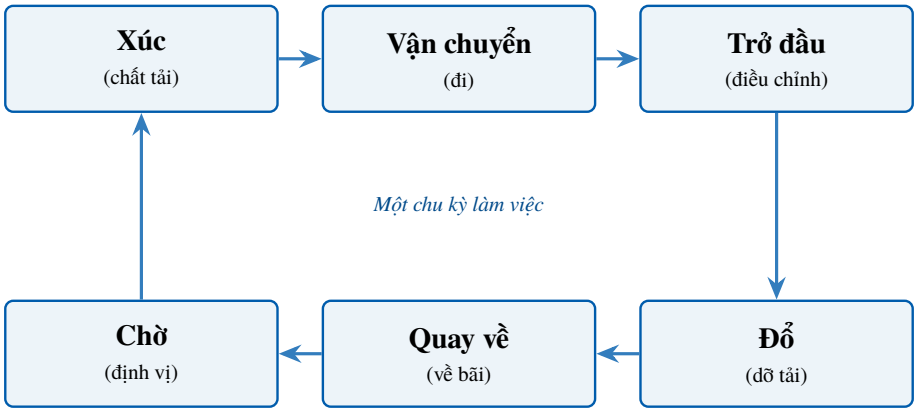
1. **Yếu tố Kỹ thuật (Technical Factors):** "Máy có làm được việc không?" (Đáp ứng thông số, dung tích, tầm với, năng suất yêu cầu).
2. **Yếu tố Kinh tế (Economic Factors):** "Chi phí có hợp lý không?" (Tổng chi phí trên một đơn vị sản phẩm phải là thấp nhất).
3. **Yếu tố Điều kiện Thi công (Site Condition Factors):** "Môi trường có cho phép không?" (Rộng/hẹp, nền đất, quy định tiếng ồn/rung động, nguồn cung nhiên liệu/nhân công).

Ghi chú: Không có máy "tốt nhất", chỉ có "phù hợp nhất"

*Một phương án tối ưu là phương án **thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật**, với **chi phí thấp nhất**, trong **điều kiện thi công cho phép**. (Ví dụ: Máy đào bánh xích là tốt nhất trên nền yếu, nhưng máy đào bánh lốp lại phù hợp nhất trong đô thị).*

11.1.2 BÀI TOÁN KINH ĐIỂN: CÂN BẰNG TỔ HỢP MÁY THI CÔNG ĐẤT

Đây là bài toán quản lý logistics cốt lõi: Với một máy chủ (Máy đào), cần **bao nhiêu** phương tiện vận chuyển (Xe ben) là tối ưu để thời gian chờ đợi là ít nhất?



Hình 11.1: Chu trình làm việc của tổ hợp Máy đào – Xe ben (cơ sở của bài toán cân bằng năng suất).

1. Xác định thời gian:

- $T_{\text{xúc}}$: Thời gian máy đào xúc đầy một xe ben.
- $T_{\text{chu kỳ xe}}$: Thời gian một xe ben hoàn thành 1 chuyến (trừ thời gian xúc).

2. Công thức Cân bằng Lý thuyết:

$$n_{\text{lý thuyết}} = \frac{T_{\text{chu kỳ xe}}}{T_{\text{xúc}}} \tag{11.1}$$

3. Ra quyết định Thực tế: Kỹ sư thường chọn số lượng xe ben sao cho máy đào (máy chủ, có chi phí giờ hoạt động cao nhất) luôn hoạt động liên tục.

Quy tắc chọn số xe: lấy **làm tròn LÊN** của số xe lý thuyết, tức $n = \lceil T_{\text{chu kỳ xe}}/T_{\text{xúc}} \rceil$. Sau đó cân nhắc thêm **1 xe dự phòng** nếu ưu tiên tiến độ hơn chi phí thuê.

VÍ DỤ MINH HỌA 01: Cân bằng Đội máy

- Máy đào $T_{\text{xúc}} = 80$ giây/xe. Xe ben $T_{\text{chu kỳ xe}} = 900$ giây.
- $n = 900/80 = 11.25$ xe.
- **Quyết định:** Nên chọn **12 xe**. Mặc dù sẽ có 1-2 xe phải chờ, nhưng đảm bảo Máy đào (máy có năng suất cao nhất) hoạt động 100% công suất, tối đa hóa năng suất tổng thể.

Tư duy nâng cao: *Nếu chi phí thuê xe ben quá cao, kỹ sư có thể chọn **11 xe**. Chấp nhận máy đào chờ một chút để tiết kiệm tiền thuê 1 đầu xe. Quyết định phụ thuộc vào ưu tiên: **Tiến độ (12 xe)** hay **Chi phí (11 xe)**.*

VÍ DỤ MINH HỌA 02: Cân bằng Đội máy

Đề bài: Máy đào xúc 1 xe mất $T_{\text{xúc}} = 1$ phút (60s). Xe ben chạy đi và về mất $T_{xe} = 10$ phút (600s).

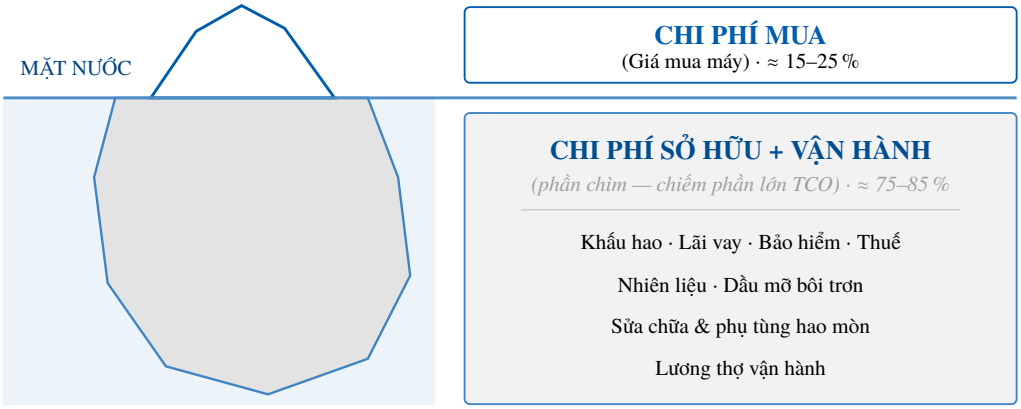
Lời giải:

- **Số xe lý thuyết:** $n = 600/60 =$ **10** xe.
- **Phân tích kịch bản:**
  - *Nếu dùng 10 xe:* Cân bằng tuyệt đối (lý tưởng).
  - *Nếu dùng 9 xe:* Máy đào phải chờ (Lãng phí máy chủ).
  - *Nếu dùng 11 xe:* Xe ben phải chờ (Lãng phí xe phụ).
- **Quyết định:** Chọn **10 xe** — cân bằng tuyệt đối, không bên nào phải chờ, chi phí thuê xe thấp nhất. Nếu ưu tiên tiến độ và muốn dự phòng khi một xe gặp sự cố, có thể thuê thêm **1 xe** (11 xe), chấp nhận xe ben chờ một chút.

11.2 BÀI TOÁN CHI PHÍ – KHÔNG CHỈ LÀ GIÁ MUA

Tổng chi phí để sử dụng một cỗ máy được chia làm 2 nhóm chính, giống như phần nổi và phần chìm của một tảng băng.

- **Chi phí Sở hữu (Owning Costs):** Chi phí cố định, phải trả dù máy có làm việc hay không.
  - **Khấu hao (Depreciation):** Sự mất giá của máy theo thời gian. (Đây là khoản chi phí lớn nhất trong vòng đời của thiết bị).
  - Lãi vay, Bảo hiểm, Thuế, Lưu kho bãi.
- **Chi phí Vận hành (Operating Costs):** Chi phí biến đổi, chỉ phát sinh khi máy làm việc.
  - **Nhiên liệu** (Fuel).
  - Dầu mỡ bôi trơn.
  - Sửa chữa & Phụ tùng **hao mòn** (lọc, răng gầu, lốp xe...).
  - Lương thợ vận hành.



Hình 11.2: Mô hình tảng băng trôi của TCO: Chi phí Mua (phần nổi) chỉ là bề mặt, Chi phí Sở hữu và Chi phí Vận hành (phần chìm) mới chiếm phần lớn tổng chi phí vòng đời của máy. *Các tỉ lệ phần trăm là con số minh họa để thấy mức độ chênh lệch, không phải số liệu khảo sát.*

Góc nhìn Kinh tế: GIÁ TRỊ THANH LÝ (RESALE VALUE)

Khi tính toán Chi phí Sở hữu, đừng quên **Giá trị thanh lý** (giá bán lại máy cũ). Đây là yếu tố then chốt khi chọn thương hiệu:

- **Máy G7 (Nhật/Mỹ/Âu):** Giá mua cao (Đắt). Nhưng sau 5 năm vẫn giữ được 40-50% giá trị → Chi phí thực tế thấp.
- **Máy giá rẻ (Trung Quốc...):** Giá mua thấp (Rẻ). Nhưng sau 5 năm giá trị gần như bằng 0 (sắt vụn) → Chi phí thực tế có thể cao hơn.

Công thức TCO (Total Cost of Ownership):

$$TCO = \text{Giá Mua} + \text{Chi phí Vận hành} - \textbf{Giá trị Thanh lý}$$

Hãy chọn máy có TCO thấp nhất, đừng chỉ chọn máy có Giá mua thấp nhất.

11.3 QUẢN LÝ HIỆU SUẤT VÀ SỨC KHỎE CỦA MÁY

11.3.1 CÔNG TÁC BẢO DƯỠNG VÀ CÔNG NGHỆ TELEMATICS

- **Bảo dưỡng phòng ngừa (Preventive Maintenance - PM):** Triết lý **"Phòng bệnh hơn chữa bệnh"**.
  - Là các công việc được thực hiện theo lịch trình (250h, 500h, 1000h) để ngăn ngừa hỏng hóc lớn (Thay dầu, thay lọc, bơm mỡ...).
- **Hệ thống quản lý máy từ xa (Telematics):**
  - Sử dụng GPS và cảm biến để theo dõi từ xa: vị trí, giờ hoạt động, mức nhiên liệu, cảnh báo lỗi.
  - **Lợi ích:** Theo dõi **"Thời gian chạy không tải" (*Idle Time*)** và **Tỷ lệ sử dụng máy (*Utilization Rate*)**.

11.3.2 TÍCH HỢP KẾ HOẠCH MÁY MÓC VÀO TIẾN ĐỘ TỔNG THỂ

Kế hoạch sử dụng máy móc phải được tích hợp vào tiến độ tổng thể của dự án (Biểu đồ Gantt). Việc huy động và giải phóng máy phải khớp với tiến độ để tránh lãng phí chi phí thuê/sở hữu.

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 11 đã trang bị tư duy quản lý máy móc theo hướng chiến lược. Việc lựa chọn máy là bài toán tối ưu hóa 3 chân kiềng: **Kỹ thuật, Kinh tế và Điều kiện thi công**.

Bài toán **Cân bằng đội máy** là kỹ năng cốt lõi để tối đa hóa năng suất máy chủ. Về kinh tế, kỹ sư phải phân biệt rõ **Chi phí Sở hữu** (cố định, lớn nhất là Khấu hao) và **Chi phí Vận hành** (biến đổi, lớn nhất là Nhiên liệu).

Cuối cùng, việc quản lý "sức khỏe" của máy bằng **Bảo dưỡng phòng ngừa (PM)** và sử dụng công nghệ **Telematics** là xu hướng hiện đại, giúp kỹ sư chuyển từ phản ứng bị động sang quản lý dựa trên dữ liệu thời gian thực.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày ba nhóm yếu tố chính mà một kỹ sư cần cân nhắc khi lựa chọn máy xây dựng. Lựa chọn máy lớn nhất và hiện đại nhất có phải luôn là quyết định tốt nhất không? Tại sao?

2. Phân biệt Chi phí sở hữu và Chi phí vận hành. Cho ví dụ 3 khoản mục chi phí cho mỗi nhóm.

3. Giải thích ý nghĩa của bài toán **Cân bằng tổ hợp máy thi công đất** đối với hiệu quả kinh tế của dự án.

4. Mục đích của công tác **Bảo dưỡng phòng ngừa (PM)** là gì? Công nghệ **Telematics** đã giúp chuyển đổi PM thành hình thức quản lý nào?

5. Giải thích tại sao **Thời gian chạy không tải (Idle Time)** lại là một chỉ số quan trọng mà kỹ sư quản lý máy phải theo dõi.

B. BÀI TẬP TÌNH HUỐNG VÀ VẬN DỤNG

Bài tập 11.1: Bài toán cân bằng đội máy
Máy đào $T_{\text{xúc}} = 75s$. Xe ben $T_{\text{chu kỳ}} = 15$ phút.

1. Tính số lượng xe ben lý thuyết (n).

2. Nếu dùng 10 xe ben, dự đoán hiện tượng gì sẽ xảy ra: Máy đào chờ xe hay Xe ben chờ máy?

Bài tập 11.2: Bài toán Mua hay Thuê
Công ty trúng thầu san lấp 4 tháng. Cần Máy ủi lớn. Chọn: (A) Mua mới hay (B) Thuê trong 4 tháng? Bạn tư vấn cho giám đốc cần so sánh và cân nhắc những yếu tố nào của Chi phí sở hữu để đưa ra quyết định?
Bài tập 11.3: Phân tích dữ liệu Telematics
Máy xúc lật chạy 100 giờ, tiêu thụ 800 lít dầu. Thời gian chạy không tải (Idle Time) chiếm 35%.

1. Tính mức tiêu thụ nhiên liệu trung bình cho mỗi giờ **làm việc thực tế** (loại bỏ thời gian không tải).

2. Tỷ lệ chạy không tải 35% cho thấy vấn đề gì về sự **Điều phối**? Đề xuất giải pháp.

CHƯƠNG 12

AN TOÀN LAO ĐỘNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA MÁY XÂY DỰNG

MỤC TIÊU

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

1. **Tổng kết và nhận diện được** các rủi ro an toàn chính khi vận hành các nhóm máy đã học.
2. **Trình bày được** các cấp độ phòng ngừa rủi ro theo **"Kim tự tháp An toàn"** và tầm quan trọng của việc xây dựng **"Văn hóa An toàn"** (*Quyền Dừng Công Việc*).
3. **Phân tích được** ba xu hướng phát triển công nghệ chủ đạo (Bền vững, Tự động hóa, Số hóa) đang làm thay đổi máy xây dựng.
4. **Đánh giá được** sự dịch chuyển trong vai trò của người kỹ sư xây dựng trong kỷ nguyên 4.0, từ người giám sát thủ công sang người quản lý dữ liệu.

Lời mở đầu chương: Trong suốt 11 chương vừa qua, chúng ta đã nói về công suất, năng suất, chi phí, hiệu quả... Nhưng có một yếu tố đứng trên tất cả: **sinh mạng con người**. Mọi cỗ máy dù hiện đại đến đâu cũng có thể trở thành hung thần nếu chúng ta bỏ qua các quy tắc an toàn. Phần đầu của chương học cuối cùng này sẽ là những điều các bạn phải khắc cốt ghi tâm để bảo vệ bản thân và đồng nghiệp.

Phần thứ hai, chúng ta sẽ cùng nhau nhìn về phía chân trời. Ngành xây dựng đang có những bước chuyển mình mạnh mẽ nhờ công nghệ. Chúng ta sẽ khám phá xem những đột phá nào đang và sẽ làm thay đổi bộ mặt của công trường, cũng như thay đổi chính vai trò của người kỹ sư. Đây sẽ là hành trang cuối cùng nhưng quan trọng nhất để các bạn tự tin bước vào tương lai của ngành.

12.1 TỔNG KẾT VÀ QUẢN LÝ AN TOÀN – KHUNG TƯ DUY ỨNG PHÓ

12.1.1 TỔNG KẾT CÁC RỦI RO MÁY MÓC CỐT LÕI

Đây là sự tổng hợp các rủi ro đã học từ Chương 2 đến Chương 10:

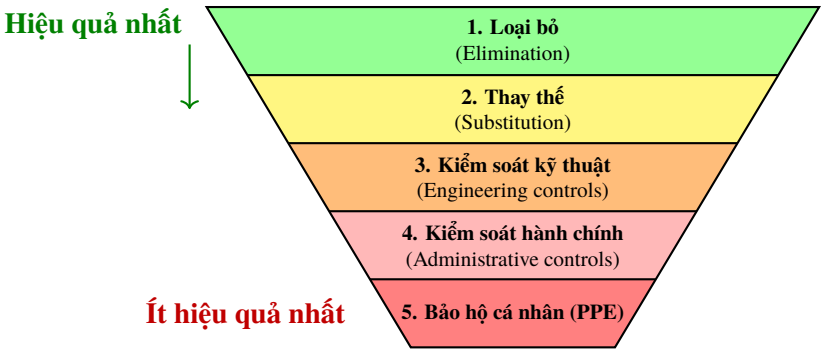
1. **Rủi ro Lật máy/Mất ổn định:** Xảy ra với Cần trục, Máy đào khi làm việc trên nền đất yếu, quá tải hoặc không hạ **Chân chống** (C6).
2. **Rủi ro Va đập/Chèn ép:** Do **Điểm mù** (Máy đào, Máy ủi) hoặc bị đuôi đối trọng quẹt phải khi quay toa (C2).
3. **Rủi ro Vật rơi:** Do buộc tải sai quy cách, vi phạm **Biểu đồ tải** (C6) hoặc hỏng hóc **Vận thăng lồng** (C7).
4. **Rủi ro Điện giật:** Cần trục hoặc cần của máy bơm bê tông vướng vào đường dây điện cao thế.
5. **Rủi ro Hư hỏng kết cấu:** Do đầm lèn bê tông không kỹ (gây rỗ mặt - C9) hoặc rung động quá mức (Đóng cọc - C5).

12.1.2 ”KIM TỰ THÁP AN TOÀN” - CÁC CẤP ĐỘ PHÒNG NGỪA

Đây là khung tư duy quản lý rủi ro mà mọi kỹ sư cần nắm vững. Các biện pháp ở đỉnh kim tự tháp là hiệu quả và bền vững nhất.

Bảng 12.1: Các cấp độ trong Kim tự tháp An toàn

Cấp độ	Biện pháp	Ví dụ Ứng dụng
1. Loại bỏ (Elimination) (Hiệu quả nhất)	Loại bỏ hoàn toàn mối nguy.	Thay thế công việc thủ công nguy hiểm bằng máy tự hành. Không sử dụng máy đào gần đường dây điện cao thế.
2. Thay thế (Substitution)	Thay thế bằng phương án ít nguy hiểm hơn.	Dùng **Robot ép cọc tĩnh** thay vì Búa đóng cọc trong đô thị (giảm rung động, tiếng ồn).
3. Kỹ thuật & Thiết kế	Thiết kế để giảm thiểu rủi ro.	Lắp camera 360 độ và còi báo lùi trên máy đào. Hệ thống giới hạn hành trình trên cần trục.
4. Quy trình & Hành chính	Đặt ra các quy tắc, huấn luyện, giới hạn.	Tổ chức Toolbox meeting. Thiết lập **Vùng nguy hiểm** (Danger Zone) và cấm người không phận sự.
5. Bảo hộ Cá nhân (PPE) (Ít hiệu quả nhất)	Giảm thiểu thương tích khi tai nạn xảy ra.	Mũ bảo hộ, áo phản quang, giày bảo hộ. **Lưu ý: PPE không ngăn chặn tai nạn.*



Hình 12.1: Kim tự tháp An toàn (*Hierarchy of Controls*) — 5 cấp độ kiểm soát rủi ro, xếp theo mức độ hiệu quả giảm dần từ trên xuống: **Loại bỏ** (hiệu quả nhất) → **Thay thế** → **Kiểm soát kỹ thuật** → **Kiểm soát hành chính** → **Bảo hộ cá nhân (PPE)** (ít hiệu quả nhất).

12.1.3 VĂN HÓA AN TOÀN – QUYỀN DỪNG CÔNG VIỆC (SWA)

Quyền Dừng Công Việc (Stop Work Authority - SWA)

*Mọi người, bất kể cấp bậc, đều có **quyền và trách nhiệm** yêu cầu dừng một công việc ngay lập tức nếu nhận thấy một mối nguy hiểm không an toàn. SWA biến mỗi người trên công trường thành một giám sát viên an toàn.*

12.2 TƯƠNG LAI CỦA MÁY XÂY DỰNG VÀ VAI TRÒ KỸ SƯ 4.0



Hình 12.2: Máy đào mini chạy hoàn toàn bằng điện (Zero Emission), giảm tiếng ồn và khí thải.

12.2.1 XU HƯỚNG BỀN VỮNG VÀ ĐIỆN HÓA (ELECTRIFICATION)

- **Động lực:** Giảm phát thải carbon và tiếng ồn.
- **Công nghệ:** Các dòng máy chạy hoàn toàn bằng điện (pin) hoặc sử dụng pin lai (Hybrid).
- **Ứng dụng:** Máy đào điện mini, Máy xúc lật điện (hoạt động siêu êm trong đô thị).

12.2.2 XU HƯỚNG TỰ ĐỘNG HÓA VÀ SỐ HÓA

Tự động hóa Vận hành

- **Trợ giúp Vận hành:** Máy san tự động giữ cao độ bằng GPS 3D.

- **Điều khiển từ xa:** Vận hành máy móc ở khu vực nguy hiểm (phá dỡ, mỏ).
- **Tự hành (Autonomous):** Xe ben, Máy ủi, Máy lu tự hoạt động theo lộ trình lập trình sẵn.

Số hóa (Digitalization)

- **Telematics:** Thu thập dữ liệu vận hành từ xa.
- **BIM:** Tích hợp dữ liệu máy móc vào mô hình 3D để mô phỏng thi công.



Hình 12.3: Hệ thống vận tải tự hành (Autonomous Haulage System) tại các mỏ lớn.

12.2.3 TƯƠNG LAI CỦA BẠN: KỸ SƯ XÂY DỰNG 4.0

Tự động hóa không lấy đi công việc của kỹ sư, mà làm cho công việc đó trở nên trí tuệ hơn.

- **Sự dịch chuyển:** Từ Giám sát thủ công → Phân tích dữ liệu hiệu suất (Data Analytics).
- **Công cụ mới:** Thành thạo BIM, phần mềm lập kế hoạch (Primavera/MS Project).

Lời nhắn nhủ: Tương lai nằm ở khả năng thích ứng!

Kiến thức bạn học về vật lý máy móc là nền tảng bất biến. Nhưng trong 10 năm tới, người kỹ sư thành công sẽ là người biết cách tích hợp kiến thức nền tảng đó với công nghệ số: biết cách dùng dữ liệu năng suất để điều phối đội máy, và dùng dữ liệu an toàn để giảm thiểu rủi ro.

TÓM TẮT CHƯƠNG

Chương 12 đã khép lại hành trình bằng hai nội dung định hướng cốt lõi: **An toàn** và **Công nghệ**.

Về an toàn, chúng ta đã học khung tư duy **Kim tự tháp An toàn**, ưu tiên **Biện pháp kỹ thuật** (loại bỏ rủi ro) hơn PPE. Việc xây dựng **Văn hóa An toàn** và trao **Quyền Dừng Công Việc** là trách nhiệm đạo đức cao nhất.

Về tương lai, máy móc đang dịch chuyển theo xu hướng **Điện hóa** (Bền vững) và **Tự động hóa** (Tăng hiệu suất). Vai trò của Kỹ sư Xây dựng 4.0 là người quản lý, phân tích dữ liệu, và là cầu nối giữa kỹ thuật truyền thống và công nghệ số.

CÂU HỎI ÔN TẬP

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày 3 loại rủi ro an toàn phổ biến nhất liên quan đến máy xây dựng.
2. Trình bày 5 cấp độ phòng ngừa rủi ro theo **"Kim tự tháp An toàn"**. Cho ví dụ về một biện pháp thuộc Cấp độ 1.
3. Giải thích ý nghĩa của khái niệm **"Quyền Dừng Công Việc" (SWA)**.
4. Nêu và giải thích hai xu hướng phát triển công nghệ chủ đạo (Bền vững/Điện hóa và Tự động hóa).
5. Vai trò của người Kỹ sư Xây dựng sẽ dịch chuyển như thế nào trong tương lai?

B. BÀI TẬP TÌNH HUỐNG

Bài tập 12.1: Ứng dụng Kim tự tháp An toàn
Cần trục làm việc gần đường dây điện cao thế. Hãy liệt kê 3 cấp độ biện pháp an toàn bạn có thể áp dụng.
Bài tập 12.2: Phân tích Dữ liệu và An toàn
Dữ liệu Telematics của máy ủi tự hành cho thấy vận tốc luôn tối đa nhưng tỉ lệ "suýt va chạm" tăng gấp đôi.

1. Dữ liệu này cho thấy sự đánh đổi giữa hai yếu tố nào?
2. Vai trò Kỹ sư 4.0 là gì để cân bằng hiệu suất và an toàn?

Bài tập 12.3: Câu hỏi mở (Tư duy phản biện)
So sánh Dự án A (Máy cạp điện tự hành) và Dự án B (Máy cạp Diesel truyền thống).

1. Phân tích lợi ích về **Môi trường** và **An toàn** của Dự án A.
2. Phân tích lợi ích về **Chi phí vận hành** của Dự án A so với Dự án B.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC A: BẢNG TRA CỨU THUẬT NGỮ ANH - VIỆT

Mục đích: Giúp sinh viên tra cứu nhanh các thuật ngữ kỹ thuật thường gặp trong catalogue quốc tế.

Thuật ngữ Tiếng Anh	Thuật ngữ Tiếng Việt (Chuẩn)
Bentonite Slurry	Dung dịch Bentonite
Boom Pump	Bơm cần (Bơm bê tông)
Bored Piling Rig	Máy khoan cọc nhồi
Bucket	Gầu (Máy đào)
Bulldozer	Máy ủi
Compaction (Concrete)	Đầm lèn (Bê tông)
Compactor / Roller	Máy lu / Thiết bị đầm nén
Concrete Mixer Truck / Transit Mixer	Xe vận chuyển bê tông
Concrete Pump	Máy bơm bê tông
Construction Hoist	Vận thăng lồng
Excavator	Máy đào
Hoist	Pa lăng
Hydraulic Hose	Ống dẫn dầu thủy lực
Internal Vibrator / Poker Vibrator	Đầm dùi
Line Pump	Bơm tĩnh / Bơm ngang
Load Chart	Biểu đồ tải
Loader / Wheel Loader	Máy xúc lật
Loader Bucket	Gầu xúc lật
Motor Grader	Máy san
Optimum Moisture Content (OMC)	Độ ẩm tốt nhất
Outriggers	Chân chống (Cần trục)
Pile Jacking Machine	Robot ép cọc tĩnh
Ripper	Bộ xới (Máy ủi)
Scraper	Máy cạp
Winches	Tời

PHỤ LỤC B: HƯỚNG DẪN TRA CỨU & TÍNH TOÁN

B.1. CÁC HỆ SỐ NĂNG SUẤT QUAN TRỌNG

Công thức Năng suất Tổng quát (Máy đào):

$$N_{tt} = \frac{3600}{T_{ck}} \times q \times K_d \times K_{tg} \quad (m^3/h) \tag{B.1}$$

Bảng Tra cứu Hệ số Đầy gầu (K_d):

Loại Vật liệu	Đặc điểm	K_d
Đất mềm, cát khô	Dễ xúc, không dính.	1.00 - 1.10
Đất thông thường	Sét dẻo, dễ xúc.	0.85 - 0.95
Đất dính chặt	Khó xúc, không đầy gầu.	0.75 - 0.85
Đá tảng (nổ mìn)	Cồng kềnh, nhiều lỗ rỗng.	0.60 - 0.70

B.2. KIỂM TRA AN TOÀN BIỂU ĐỒ TẢI (LOAD CHART)

Quy trình 3 Bước cốt lõi:

1. **Tính Tổng tải trọng ($Q_{\text{tổng}}$):** = $Q_{\text{vật}}$ + $Q_{\text{phụ kiện}}$ (móc, cáp).
2. **Đo Tầm với (R):** Khoảng cách từ tâm quay đến tâm vật.
3. **Đối chiếu:** Tra biểu đồ. Điều kiện an toàn: $\mathbf{Q}_{\text{tổng}} \leq \mathbf{Q}_{\text{cho phép}}$.

B.3. ƯỚC TÍNH CHI PHÍ MÁY

Công thức ước tính nhiên liệu nhanh (Động cơ Diesel):

$$\text{Tiêu thụ (lít/giờ)} \approx 0.10 \times \text{Công suất (HP)} \tag{B.2}$$

**Lưu ý: Hệ số 0.10 áp dụng cho mức tải trung bình (50-60%). Nếu chạy full tải liên tục, hệ số có thể lên đến 0.18-0.20. Hệ số này bao gồm cả tiêu thụ khi máy chạy không tải (idle).*

PHỤ LỤC C: CÔNG NGHỆ CHUYÊN SÂU (ĐỌC THÊM)

C.1. TỐI ƯU HÓA KINH TẾ LƯỢNG CHO CÂN BẰNG ĐỘI MÁY

Khi $n_{\text{thực tế}} \neq n_{\text{lý thuyết}}$, sẽ phát sinh **Chi phí chờ đợi**:

- Nếu $n > n_{\text{lý thuyết}}$: Xe chờ máy (Lãng phí năng lực xe).
- Nếu $n < n_{\text{lý thuyết}}$: Máy chờ xe (Lãng phí năng lực máy chủ - Nguy hiểm hơn về kinh tế).

→ **Quyết định:** Ưu tiên để Máy chủ (đắt tiền nhất) không bao giờ phải chờ.

C.2. CÔNG NGHỆ THỦY LỰC CẢM BIẾN TẢI (LOAD SENSING)

Hệ thống thông minh giúp bơm thủy lực chỉ cung cấp đúng lưu lượng và áp suất mà thao tác yêu cầu → Tiết kiệm 15-20% nhiên liệu và tăng tuổi thọ thiết bị.

C.3. CÔNG NGHỆ THU HỒI NĂNG LƯỢNG

- **Hãm tái sinh (Cần trục):** Biến động năng khi hạ tải thành điện năng.
- **Hồi phục thủy lực (Máy đào):** Tích trữ áp suất khi hạ cần vào bình tích áp để hỗ trợ lần nâng sau.

C.4. CÔNG NGHỆ NỀN MÓNG ĐẶC BIỆT

- **Tường vây (Diaphragm Wall):** Sử dụng gầu ngoạm thủy lực (Grab) đào các rãnh sâu trong lòng đất, giữ thành bằng dung dịch Bentonite, sau đó hạ lồng thép và đổ bê tông để tạo thành bức tường chắn nước ngầm cho các tầng hầm sâu.
- **Cọc Xi măng đất (Deep Mixing Method - DMM):** Sử dụng cần khoan có cánh khuấy đặc biệt, khoan xuống đất đồng thời phun xi măng (bột hoặc vữa) để trộn cưỡng bức với đất tại chỗ. Kết quả tạo ra các cọc đất - xi măng cứng, giúp gia cố nền đất yếu mà không cần đóng cọc bê tông.

PHỤ LỤC D: HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

Phụ lục này cung cấp khung tư duy và các bước giải quyết cho các Bài tập Vận dụng (B). Dưới đây là các bước giải mẫu chi tiết để sinh viên tham khảo quy trình tính toán.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN & ĐỘNG LỰC

Bài 1.1: Lựa chọn máy

- **Dự án A (Sân bóng):** Nền cứng, cần di chuyển nhanh → **Máy đào bánh lốp**.
- **Dự án B (Mương ruộng):** Nền yếu, sình lầy → **Máy đào bánh xích** (áp suất nền nhỏ, bám tốt).

Bài 1.2: Tư duy công suất
Công suất (HP) không phải là tất cả. Sức mạnh đào thực tế phụ thuộc vào **Mô-men xoắn** (Torque) và hiệu suất hệ thống thủy lực. Máy 150HP có mô-men xoắn lớn hơn vẫn có thể đào khỏe hơn máy 160HP tua cao.

CHƯƠNG 2: MÁY ĐÀO & MÁY ỦI

Bài 2.1: Lựa chọn máy

- **(a) Đào mương sâu 3m:** Đào dưới mức máy đứng → **Máy đào gầu nghịch**.
- **(b) San đá vụn:** Đẩy và san lấp → **Máy ủi**.
- **An toàn:** Vùng nguy hiểm là bán kính quay toa. Điểm mù nguy hiểm nhất là **đuôi đối trọng**.

Bài 2.2: Tính năng suất

- $N_{kt} = \frac{3600}{22} \times 1.2 \times 0.9 = 176.7\, m^3/h.$
- $N_{tt} = 176.7 \times 0.85 = 150.2\, m^3/h.$
- Thời gian = $1500/150.2 \approx 10$ giờ.

CHƯƠNG 3: XÚC LẬT, SAN, CẠP

Bài 3.1: Lựa chọn "Chuyên gia"

- **(a) San phẳng, dốc 2%:** Yêu cầu độ chính xác cao → **Máy san**.
- **(b) Bốc cát nạp trạm:** Cự ly ngắn, nền cứng, xúc rời → **Máy xúc lật**.
- **(c) Vận chuyển 1.8km:** Cự ly trung bình → **Máy cạp**.

Bài 3.2: Máy ủi vs Máy san
Máy ủi có lưỡi gắn trước bánh xích → Sao chép gồ ghề (Tỷ lệ lỗi 1:1). Máy san có lưỡi ở giữa (trục dài) → Tạo **"Hiệu ứng cầu nối"**, triệt tiêu gồ ghề, phẳng hơn nhiều.
Bài 3.3: Tư duy quản lý

- **(a) Ảnh hưởng đến năng suất máy đào:** Năng suất máy đào bị **giới hạn bởi khâu vận chuyển**. Chu kỳ xe ben tăng gấp đôi → số chuyến xe trong một giờ **giảm một nửa** → xe ben không kịp quay về → máy đào phải **chờ xe**. Kết quả: năng suất máy đào **giảm mạnh** dù bản thân máy đào không hỏng. Đây là ví dụ điển hình của **nút cổ chai** (bottleneck) trong hệ thống thi công.
- **(b) Quyết định quản lý:** Số xe lý thuyết tỉ lệ thuận với chu kỳ xe ($n = T_{\text{chu kỳ xe}}/T_{\text{xúc}}$). Chu kỳ xe tăng gấp đôi → số xe cần thiết cũng **tăng gấp đôi** → phải **huy động thêm xe ben** (từ 10 lên khoảng 20 xe) để máy đào không phải chờ.
- **Giải pháp thay thế (nếu không đủ xe):** Lập **bãi trung chuyển (stockpile)** ngay gần máy đào để xe ben chỉ chạy quãng ngắn; hoặc chia ca, đổi tuyến tránh điểm tắc. Cả hai cách đều nhằm **cắt ngắn chu kỳ xe** trở lại.

Bài 3.4: Năng suất Máy xúc lật

- **Bước 1: Tính số chu kỳ trong 1 giờ**
  $N_{ck} = \frac{3600}{T_{ck}} = \frac{3600}{40} = 90$ chu kỳ/giờ.
- **Bước 2: Tính năng suất thực tế (N_{tt})**
  Áp dụng công thức: $N_{tt} = N_{ck} \times q \times K_d \times K_{tg}$
  $N_{tt} = 90 \times 2.5 \times 0.95 \times 0.75 \approx \mathbf{160.3\,m^3/h}$.

CHƯƠNG 4: MÁY ĐẦM NÉN

Bài 4.1: Chọn máy đầm

- **(a) Đất sét (Dính):** Cần nhào trộn → **Lu chân cừu**.
- **(b) Đá dăm (Rời):** Cần rung động → **Lu rung bánh thép**.
- **(c) Rãnh hẹp:** Không gian nhỏ → **Đầm cóc**.

Bài 4.2: Sự cố đầm nén
Lỗi: **Đầm lớp quá dày**. Máy lu chỉ tác dụng sâu 15-30cm. Khắc phục: Xới lên, rải lại thành 2 lớp mỏng và lu lại.

Bài 4.3: Tính toán Độ chặt K

- **Bước 1: Khối lượng thể tích khô tối thiểu**
  $\gamma_{k,min} = K \times \gamma_{k,max} = 0.95 \times 1.85 = 1.7575 \approx \mathbf{1.76}$ T/m^3.
- **Bước 2: Tính độ chặt thực tế**
  $K = \dfrac{\gamma_k}{\gamma_{k,max}} = \dfrac{1.78}{1.85} \approx 0.9622 = \mathbf{96.22}\%$.
- **Kết luận:** $96.22\% > 95\%$ → **ĐẠT** yêu cầu. Nền đắp đủ độ chặt, đủ khả năng chịu tải.

Bài 4.4: Tính toán Thời gian lu

- **Bước 1: Tính năng suất thực tế** (m^2/h)
  Công thức năng suất diện tích: $N_s = \dfrac{(B-b)\times V\times 1000}{N} \times K_{tg}$
  Thay số: $N_s = \dfrac{(2.1-0.2)\times 3.0\times 1000}{8} \times 0.8$
  $N_s = \dfrac{5700}{8} \times 0.8 = 712.5 \times 0.8 = \mathbf{570\,m^2/h}$.
- **Bước 2: Tính thời gian thi công**
  Diện tích cần lu: $S = 4 \times 200 = 800\,m^2$.
  Thời gian $T = \dfrac{S}{N_s} = \dfrac{800}{570} \approx \mathbf{1.40}$ giờ.

CHƯƠNG 5: NỀN MÓNG

Bài 5.1: Móng cầu biển
Tải trọng cực lớn + Sâu 70m → Chỉ có **Khoan cọc nhồi** đáp ứng được.

Bài 5.2: Sự cố Bentonite
Rút mũi khoan mà không châm Bentonite → Mực dung dịch thấp hơn mực nước ngầm → Sạt lở thành hố. Khắc phục: Châm Bentonite ngay lập tức.

Bài 5.3: Phân tích kinh tế - kỹ thuật

- **Kinh tế:** Cọc xi măng đất (CDM) thường **rẻ hơn** khi tải trọng nhẹ và diện tích lớn: tận dụng đất tại chỗ trộn với xi măng, không cần vận chuyển cọc BTCT dài, thi công trên diện rộng nhanh. Ép cọc BTCT tốn kém hơn (cọc + vận chuyển + thiết bị ép) nhưng sức chịu tải đơn vị cao hơn.
- **Kỹ thuật:** CDM **giảm lún** và tăng sức chịu tải nền trên diện rộng, ít rung, ít ồn; nhưng sức chịu tải đơn vị thấp hơn cọc BTCT. Ép cọc truyền tải xuống lớp đất sâu tốt hơn, kiểm soát lún tốt, phù hợp tải lớn.
- **Điều kiện quyết định:** Với nhà xưởng **tải trọng không nặng** trên nền sét yếu, CDM là phương án **hợp lý** về kinh tế. Nhưng phải **kiểm tra độ lún cho phép** và thí nghiệm hiện trường (nén tĩnh mẫu CDM) trước khi chốt.
- **Kết luận:** Chọn CDM nếu độ lún dự tính nằm trong giới hạn cho phép; nếu có tải tập trung lớn (cột, móng máy) thì cục bộ vẫn cần cọc BTCT.

CHƯƠNG 6: CẦN TRỤC

Bài 6.1: An toàn cẩu

- Tổng tải = 8.5 + 0.3 = 8.8 tấn.
- Sức nâng cho phép (tại 15m) = 8.6 tấn.
- Kết luận: 8.8 > 8.6 → **QUÁ TẢI**. Không được cẩu.

Bài 6.2: Lún chân chống

Rủi ro: Mất cân bằng → Thay đổi tâm lật → Lật cẩu. Hành động: Dừng ngay, gia cố nền/thêm tấm lót chân chống.

Bài 6.3: Lựa chọn cần trục

- **(a) Đề xuất:** Chọn **cần trục bánh xích** (Crawler crane). Cấu kiện **siêu trường, siêu trọng** (hàng trăm tấn) đòi hỏi sức nâng lớn và ổn định cao; bánh xích cho **diện tích tiếp xúc lớn** nên chịu được nền đất yếu, và có thể **di chuyển mang tải** chậm. Cần trục bánh lốp chỉ phù hợp tải nhỏ và nền cứng.
- **(b) Đối phó nền đất yếu:** Bánh xích **giảm áp suất xuống nền** nhờ bản xích rộng. Ngoài ra phải **gia cố nền** tại vị trí đứng: rải đệm cát/đá, đặt **tấm thép chịu tải (crane mat)** dưới xích, san phẳng và **kiểm tra sức chịu tải nền** trước khi nâng. Với thời gian thi công 1 năm, cần quy hoạch đường di chuyển và bãi tập kết cấu kiện đã được gia cố.

Bài 6.4: Ổn định Cần trục

- $M_{\text{lật}} = Q \times R = 10 \times 45 = 450$ tấn.m.
- Điều kiện an toàn: $M_{\text{chống}} > 1.15 \times 450 \Rightarrow 800 > 517.5$.
- Kết luận: **ĐẢM BẢO AN TOÀN**.

CHƯƠNG 7: VẬN CHUYỂN LIÊN TỤC

Bài 7.1: Chọn thiết bị nâng

- **(a) Thép hình:** Nặng, dài → **Cần trục tháp**.
- **(b) Công nhân/Vữa:** Nhẹ, thường xuyên → **Vận thăng lồng**.

Bài 7.2: An toàn Vận thăng
Chêm cửa là vi phạm nghiêm trọng khóa liên động. Rủi ro: Người rơi vào hố thang hoặc lồng kẹp người.
Bài 7.3: Tư duy hệ thống

- Ô **(Chu kỳ – Vật định hình)** = **Cần trục tháp**: nâng từng cấu kiện (thép, dầm) theo chu kỳ.
- Ô **(Liên tục – Vật liệu rời)** = **Vít tải**: chuyển cát, xi măng **liên tục**, không theo chu kỳ.

Ghi nhớ: phân loại thiết bị theo hai trục – phương thức làm việc (chu kỳ / liên tục) và loại vật liệu (rời / định hình).

CHƯƠNG 8: SẢN XUẤT VẬT LIỆU

Bài 8.1: Phân tích sự cố Định lượng

- **Sai số thực tế:** $\frac{1000 - 980}{1000} = \frac{20}{1000} = 2\%$ (cân báo thiếu 20 kg trên 1000 kg).
- **Đối chiếu tiêu chuẩn: TCVN 4453:1995** – Bảng 12 (Sai lệch cho phép khi cân đong thành phần của bê tông) quy định sai số cho phép theo khối lượng: **cát, đá dăm, sỏi: 3%**; xi măng và phụ gia dạng bột: 1%; nước và phụ gia lỏng: 1%.
- **Kết luận:** Sai số 2% **nhỏ hơn** mức 3% cho phép đối với cát → **chưa vi phạm** quy định. Nhưng vì cân vừa hiệu chỉnh đã lệch một chiều (luôn báo thiếu) và chỉ còn dư địa 1%, cần **kiểm tra lại độ chính xác thiết bị cân đong** trước mỗi đợt đổ bê tông (TCVN 4453:1995, điều 6.2.3) để tránh sai số trôi dạt tích lũy.
- **Ảnh hưởng của việc thiếu cát:** Cát là **cốt liệu mịn**. Giảm 2% lượng cát làm hỗn hợp **thô hơn và kém dẻo**: độ sụt giảm, khó bơm và khó đầm, dễ **phân tầng** và **chảy nước** (nước tự do không được giữ lại trong hồ). Bề mặt bê tông sau khi đông cứng cũng kém mịn. Nếu sai số tích lũy lớn hơn, khối bê tông còn có thể **giảm cường độ** do thiếu hồ liên kết các hạt cốt liệu thô.
- **Trả lời câu hỏi gợi ý:** Bê tông sẽ trở nên **thô hơn** (chứ không mịn hơn).

Bài 8.2: Chu trình kín

Giúp đá quá cỡ quay lại máy nghiền côn → Nghiền lại → Cải thiện hình dạng (tròn cạnh hơn), tăng chất lượng.

CHƯƠNG 9: BÊ TÔNG

Bài 9.1: Chọn máy bơm

- **(a) Sàn tầng 35:** Cao quá bơm cần → **Bơm tĩnh** (Line pump).
- **(b) Móng nhỏ: Cần trục tháp + Thùng vữa** (Kinh tế hơn bơm).

Bài 9.2: Rỗ mặt bê tông
Nguyên nhân: Đầm dùi rút quá nhanh hoặc không cắm đủ sâu vào lớp dưới. Khắc phục: Cắm sâu, rút từ từ.
Bài 9.3: Vấn đề phân tầng

- **(a) Khi đang chờ (kẹt xe):** Người vận hành phải **quay thùng trộn ở tốc độ khuấy chậm** (khoảng 2–6 vòng/phút) liên tục để hỗn hợp luôn được đảo, không cho cốt liệu thô lắng xuống đáy. **Tuyệt đối không để thùng đứng yên** trong thời gian dài.
- **(b) Trước khi xả vào phễu bơm:** Phải **quay thùng ở tốc độ trộn cao** (khoảng 10–14 vòng/phút) trong **tối thiểu 1–2 phút** để hỗn hợp **đồng nhất trở lại**, rồi mới xả xuống phễu bơm.
- *Lưu ý quản lý:* Nên khống chế tổng thời gian vận chuyển + chờ (thường trong khoảng 90 phút kể từ khi trộn) để tránh bê tông bắt đầu ninh kết.

Bài 9.4: Ước tính thời gian đổ

- **Bước 1: Xác định năng suất thực tế**
  $Q_{tt} = Q_{dn} \times K_{sd} = 90 \times 0.65 = \mathbf{58.5\,m^3/h}$.
- **Bước 2: Tính thời gian**
  $T_{\text{đổ}} = \frac{V}{Q_{tt}} = \frac{500}{58.5} \approx \mathbf{8.55}$ giờ.
- *Kết luận quản lý: Cần bố trí nhân lực cho 1 ca làm việc dài hoặc chia 2 kíp.*

CHƯƠNG 10: MẶT ĐƯỜNG

Bài 10.1: Sự cố mưa

- Mệnh lệnh: Dừng rải, dừng lu ngay lập tức (giữ nhiệt).
- Kiểm tra: Nhiệt độ lớp nhựa. Nếu $< 90^{\circ}C$ mà chưa lu xong thì phải bóc bỏ.

Bài 10.2: Khuyết tật
Lu rung ở giai đoạn hoàn thiện (nguội) sẽ làm vỡ kết cấu đá → Nứt mặt.
Bài 10.3: Lựa chọn thiết bị phục vụ

- **(a) KHÔNG đồng ý.** Bê tông nhựa phải giữ nhiệt độ cao (khoảng 140–165°C) từ khi rời trạm đến khi lu xong. Xe ben **không bạt che** đi 20 km sẽ **mất nhiệt rất nhanh**: hỗn hợp nguội, cứng, **không thể đầm chặt** đạt độ chặt – độ rỗng yêu cầu → mặt đường bị khuyết tật (rời rạc, nứt). Ngoài ra còn bám bụi, dính mưa.
- **(b) Yêu cầu nhà thầu:** Che **bạt kín cách nhiệt** trên thùng xe; **đo nhiệt độ** hỗn hợp khi đến công trường và chỉ cho rải khi còn đạt nhiệt độ tối thiểu (thường ≥ 130–140°C); nếu nhiệt độ không đạt thì **kiên quyết không rải**. Có thể yêu cầu rút ngắn cự ly vận chuyển hoặc dùng xe chuyên dụng có bạt.

CHƯƠNG 11: QUẢN LÝ MÁY

Bài 11.1: Cân bằng đội máy

- Chu kỳ xe = 15 phút = 900 giây.
- Số xe lý thuyết $n = 900/75 = 12$ xe.
- Dùng 10 xe (< 12) → **Máy đào phải chờ xe** (Lãng phí).

Bài 11.2: Mua hay Thuê?
Dự án ngắn (4 tháng) → Nên **Thuê**. Mua máy mới sẽ chịu chi phí Khấu hao rất lớn, không thu hồi kịp.
Bài 11.3: Phân tích dữ liệu Telematics

- **Bước 1: Thời gian làm việc thực tế**
  $T_{lv} = 100 \times (1 - 0.35) = 65$ giờ.
- **Bước 2: Mức tiêu thụ trên mỗi giờ làm việc thực tế**
  $800/65 \approx$ **12.3** lít/giờ (so với $800/100 = 8$ lít/giờ nếu tính cả giờ chạy không tải).
- **(b) Vấn đề điều phối:** 35% thời gian chạy không tải là **quá cao** (mức tốt thường $< 15\%$). Máy vẫn nổ nhưng không làm việc → **đốt nhiên liệu vô ích**, tăng giờ máy, mài mòn động cơ. Nguyên nhân: **chờ xe ben / chờ lệnh / chờ vật liệu** – tức lỗi **điều phối đội máy**.
- **Giải pháp:** Cân đối lại số xe ben theo máy xúc (tránh máy chờ xe); quy định **tắt máy khi chờ quá 5 phút**; sắp xếp ca và luồng di chuyển hợp lý; dùng Telematics để theo dõi và chấn chỉnh tài xế.

CHƯƠNG 12: AN TOÀN & TƯƠNG LAI

Bài 12.1: An toàn điện

- **Kỹ thuật:** Lắp giới hạn hành trình, rào chắn cứng.
- **Hành chính:** Cử người xi-nhan, họp an toàn đầu giờ.

Bài 12.2: Máy tự hành

Đánh đổi giữa Tốc độ và An toàn. Kỹ sư 4.0 cần dùng dữ liệu để lập trình lại lộ trình tối ưu hơn chứ không chỉ ép tiến độ.

Bài 12.3: Câu hỏi mở (Tư duy phản biện)

- **(a) Môi trường & An toàn của Dự án A (máy cạp điện tự hành): Môi trường** – không phát thải khí thải tại công trường, tiếng ồn thấp hơn hẳn → tốt cho khu dân cư và trong hầm kín; nếu điện lấy từ nguồn tái tạo thì giảm phát thải carbon tổng thể. **An toàn** – tự hành giúp **giảm số người trong vùng nguy hiểm**; nhưng phải bảo đảm hệ thống cảm biến phát hiện người/vật cản và có phương án dừng khẩn cấp khi mất kiểm soát.
- **(b) Chi phí vận hành của A so với B:** Điện **rẻ hơn dầu** tính theo giờ làm việc; động cơ điện **ít bộ phận chuyển động** nên bảo dưỡng ít hơn (không dầu máy, lọc dầu, hộp số) → A rẻ hơn về vận hành mỗi giờ. **Nhưng** A có chi phí đầu tư ban đầu cao, **tuổi thọ pin** hữu hạn (chi phí thay pin lớn) và cần hạ tầng sạc.
- **Kết luận:** A **kinh tế hơn** khi khối lượng công việc đủ lớn để khấu hao pin và có sẵn điện; B vẫn hợp lý ở **công trường xa, không có lưới điện**. Quyết định phải dựa trên **tổng chi phí sở hữu (TCO)** theo cả vòng đời, không chỉ giá mua.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Việc xây dựng danh mục này nhằm mục đích: (1) Cung cấp các nguồn tham khảo chính xác cho các dữ liệu được trích dẫn; (2) Giới thiệu các tài liệu đọc thêm chất lượng cao cho sinh viên và đồng nghiệp.

I. TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT

[1] **Nguyễn Văn Hùng** (2023). *Máy và thiết bị xây dựng*. NXB Xây Dựng, Hà Nội.

[2] **Vũ Liêm Chính, Phạm Quang Dũng, Trương Quốc Thành** (2013). *Cơ sở thiết kế máy xây dựng*. NXB Xây Dựng, Hà Nội.

[3] **Nguyễn Đình Thám, Nguyễn Ngọc Thanh** (2010). *Tổ chức thi công xây dựng*. NXB Xây Dựng, Hà Nội.

II. TÀI LIỆU TIẾNG ANH

[4] **Day, D. A., & Benjamin, N. B. H.** (1991). *Construction equipment guide* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.

[5] **Nunnally, S. W.** (2006). *Construction methods and management* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

[6] **Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Shapira, A., & Schmitt, R. L.** (2018). *Construction planning, equipment, and methods* (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

[7] **Gould, F., & Joyce, N.** (2023). *Construction project management* (5th ed.). Pearson.

III. TÀI LIỆU KỸ THUẬT & INTERNET

[8] **Caterpillar Inc.** *Caterpillar performance handbook* (49th ed.). Peoria, IL: Caterpillar Inc.

[9] **Bộ Xây dựng** (1995). *TCVN 4453:1995 – Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu*. Hà Nội.

[10] **Bộ Xây dựng** (2012). *TCVN 4447:2012 – Công tác đất – Thi công và nghiệm thu*. Hà Nội.

[11] **Bộ Khoa học và Công nghệ** (2020). *TCVN 12790:2020 – Đất, đá dăm – Đầm nén Proctor trong phòng thí nghiệm*. Hà Nội.

[12] **Bộ Khoa học và Công nghệ** (2012). *TCVN 4199:2012 – Đất xây dựng – Xác định khối lượng thể tích khô và độ chặt tại hiện trường bằng phương pháp rót cát*. Hà Nội.

[13] **Bộ Xây dựng** (2014). *TCVN 10304:2014 – Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội.

[14] **Bộ Xây dựng** (2012). *TCVN 9361:2012 – Công tác nền móng – Thi công và nghiệm thu*. Hà Nội.

[15] **Bộ Xây dựng** (2012). *TCVN 9394:2012 – Cọc khoan nhồi – Thi công và nghiệm thu*. Hà Nội.

[16] **Bộ Xây dựng** (2012). *TCVN 9393:2012 – Cọc – Thí nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*. Hà Nội.

[17] **Bộ Xây dựng** (2012). *TCVN 9363:2012 – Khảo sát địa kỹ thuật công trình nhà cao tầng*. Hà Nội.

[18] **Bộ Xây dựng** (2014). *TCVN 10379:2014 – Gia cố đất bằng chất kết dính*. Hà Nội.

[19] **Bộ Khoa học và Công nghệ** (2013). *TCVN 9842:2013 – Xử lý nền đất yếu – Phương pháp cố kết hút chân không*. Hà Nội.

[20] **Bộ Xây dựng** (1991). *TCVN 5308:1991 – Quy phạm an toàn trong xây dựng*. Hà Nội.

[21] **Bộ Khoa học và Công nghệ** (2022). *TCVN 3106:2022 – Hỗn hợp bê tông – Phương pháp xác định độ sụt*. Hà Nội.

[22] **Bộ Khoa học và Công nghệ** (2011). *TCVN 8819:2011 – Mặt đường bê tông nhựa nóng – Yêu cầu thi công và nghiệm thu*. Hà Nội.

[23] **Bộ Khoa học và Công nghệ** (1987). *TCVN 4419:1987 – Khảo sát xây dựng – Nguyên tắc cơ bản*. Hà Nội.

II. NGUỒN ẢNH MINH HỌA

1. Hình vẽ do giáo trình tự tạo. Toàn bộ sơ đồ, biểu đồ và hình cấu tạo trong giáo trình (**25 hình**) được vẽ trực tiếp bằng mã TikZ, không sao chép từ tác phẩm của người khác. Mã nguồn của từng hình nằm trong thư mục `noidung/hinhve/` kèm theo bản thảo.

2. Ảnh chụp lấy từ nguồn có giấy phép tự do.

Hình	Tác phẩm — Tác giả	Nguồn	Giấy phép
H1.1	Công trường chợ Đà Lạt, Việt Nam	Wikimedia Commons	Public Domain
H2.1	Máy đào bánh xích Caterpillar 318CL	Wikimedia Commons	CC0 1.0
H3.1	*Komatsu WA500 wheel loader for gravel mining* — Syced	Wikimedia Commons	CC0 1.0
H3.3	*Scrapers crawl over new levee* — U.S. Army Corps of Engineers	Wikimedia Commons	Public Domain
H9.2	Máy bơm bê tông: bơm cần và bơm tĩnh	Wikimedia Commons	CC0 1.0
H10.1	Trạm trộn bê tông nhựa nóng	Wikimedia Commons	Public Domain
H10.3	*Vögele SUPER 1600-3i* — Georg Pik	Wikimedia Commons	CC0 1.0

CC0 1.0 là giấy phép tác giả từ bỏ mọi quyền đối với tác phẩm; *Public Domain* là tác phẩm không được bảo hộ quyền tác giả (ảnh do cơ quan chính phủ Hoa Kỳ công bố, hoặc đã hết thời hạn bảo hộ). Cả hai loại đều cho phép sử dụng không hạn chế, không bắt buộc ghi nguồn; giáo trình vẫn ghi nguồn dưới mỗi hình để bảo đảm tính minh bạch.

3. Ghi chú về nhãn hiệu. Một số hình ảnh có thể chứa tên thương mại hoặc nhãn hiệu của nhà sản xuất in trên thân máy (ví dụ tên model thiết bị). Các nhãn hiệu này xuất hiện **chỉ với chức năng nhận dạng thiết bị** trong nội dung giảng dạy, **không hàm ý bất kỳ quan hệ tài trợ, chứng thực hay quảng cáo** nào giữa nhà sản xuất với tác giả hoặc nhà xuất bản.

4. Ảnh chụp còn lại. Các ảnh chụp khác trong giáo trình minh họa các loại máy xây dựng phổ thông, được sưu tầm phục vụ mục đích giảng dạy. Tác giả cam kết chịu trách nhiệm về quyền sử dụng tư liệu hình ảnh trong giáo trình.