

No literature allowed in the examination!

Use the same numbering style in your answer!

Write on every examination paper:

- Course code, name and date of the exam
- Your name, student number and department

**1 Cement and hydration process**

- 1.1 Describe the two primary mechanisms for the Portland cement hydration:  
(i) topochemical reaction and  
(ii) through-solution reaction. Support your answer with graphs **(5P)**
- 1.2 Point out the stages of hydration process and draw the heat development curve **(10p)**

**2 Concrete admixtures**

- 2.1 Explain the **super plasticizers** admixtures (i) mechanisms and (ii) their advantages for concrete. Support your answer with graphs **(7.5p)**
- 2.2 What are the (i) Pozzolanic and (ii) Latent Hydraulic Supplementary Cementing Materials (SCMs) and what are the hydraulic and pozzolanic reaction? **(7.5p)**

**3 Properties of fresh and hardened concrete**

- 3.1 What are the factors affecting the workability of concrete? **(7.5p)**
- 3.2 Define the effect of water-cement ratio (w/c) on the properties of hardened concrete. **(7.5p)**

**4 Mix design of concrete**

- 4.1 Design a 1 m<sup>3</sup> concrete mix (using Nykänen-Method) for the following input: 28 days characteristic strength = 30 MPa, Slump = 150 mm, Air content = 6%, Portland cement with  $f_{c,28d} = 52$  MPa and **The grading factor (H) of the combined aggregates = 500**

| Aggregates                       | Portion | Moisture content | Absorbing water |
|----------------------------------|---------|------------------|-----------------|
| Sand                             | 25%     | 2.5%             | 0.8%            |
| Gravel                           | 35%     | 2.0%             | 0.8%            |
| <b>Crushed</b> coarse aggregates | 40%     | 0                | 0.8%            |

The task is to be solved by the annexed forms –

Forms must be returned with name and student number!

- 4.2 Density (unit weight) of concrete in mix design was 2300 kg/m<sup>3</sup> and the target air content was 5%. The measured density (Unit Weight test) was 2200 kg/m<sup>3</sup>. Calculate how much is the air content of concrete. **(5p)**

**5 Volume of cement hydration products** **(15p)**

A concrete sample was extracted from a structure and dried at 105 °C in which 80 kg/m<sup>3</sup> of water evaporated. The degree of hydration ( $\alpha$ ) was determined to be 0.5.

The mix design of the concrete was 1 : 4.5 : 0.45 (Cement : Aggregates : Water) and air content was 3 %.

- a) Calculate the amount of evaporated water before drying in 105 °C.
- b) What were (i) the volume of cement paste, (ii) the volume of unhydrated cement, and (iii) the volume of capillary pores water? [at the time of taking the sample]

Use the following equations:  $V_n = 0.25 \cdot \alpha \cdot C$  and  $V_{gel\ pores} = 0.2 \cdot \alpha \cdot C$

Huom! Tentissä ei saa käyttää kirjallisuutta!  
Käytä vastauksessasi samaa numerointitapaa!  
Kirjoita jokaiseen paperiin:

- Opintojakson koodi, nimi ja tentin päivämäärä
- Oma nimi, opintokirjan numero, laitos ja vuosikurssi

**1 Portland-sementin hydrataatioprosessi (15p)**

- 1.1 Selitä Portland-sementin hydrataatioprosessin kaksi mekanismia: (i) topo-kemiallinen reaktio (ii) liuoksen kautta reaktio. (Käytä kuvia vastauksesi tueksi).
- 1.2 Esitä hydrataatioprosessin vaiheet ja piirrä lämmönkehityskäyrä.

**2 Lisäaineet (15p)**

- 2.1 Selitä tehonotkistimien (i) mekanismit ja (ii) niiden hyöty betonissa.
- 2.2 Mitkä ovat (i) Pozzolaaniset ja (ii) latentit hydrauliset seosaineet ja mitä ovat pozzolaaninen ja hydraulinen reaktio?

**3 Tuoreen betonimassan ja kovettuneen betonin ominaisuudet (15p)**

- 3.1 Mitä ovat betonin työstettävyyteen vaikuttavat asiat?
- 3.2 Selvitä vesi-sementti suhteen (w/c) vaikutusta kovettuneen betonin ominaisuuksiin.

**4 Betonin suhteutus (15p)**

- 4.1 Suhteuta 1 m<sup>3</sup>:n betoniannos (käytä Nykänen-menetelmää), jonka massan 28 vrk lujuusluokka on 30 MPa, tavoitenotkeus on 150 mm, ilmamäärä on 6%, Portland sementin (28 d) koestuslujuus 52 MPa ja runkoaineen rakeisuusluku (H) on 500.

| Aggregates                       | Portion | Moisture content | Absorbing water |
|----------------------------------|---------|------------------|-----------------|
| Sand                             | 25%     | 2.5%             | 0.8%            |
| Gravel                           | 35%     | 2.0%             | 0.8%            |
| <b>Crushed</b> coarse aggregates | 40%     | 0                | 0.8%            |

*Tehtävä ratkaistaan liitteenä olevilla lomakkeilla -*

*Lomakkeet on palautettava nimellä ja opiskelijanumerolla varustettuna!*

- 4.2 Betoni teoreettinen tiheys suhteituksessa oli 2300 kg/m<sup>3</sup> ja tavoitteen ilmamäärä oli 5%. Betonin mitattu tiheys (Unit Weight Test) oli 2200 kg/m<sup>3</sup>.  
Laske paljonko betonin ilmamäärä.

**5 Sementtihydrataatituotteiden tilavuus (15)**

Betonirakenteesta irrotettiin näyte, joka kuivattiin 105 °C lämpötilassa. Kuivatuksessa vettä poistui 80 kg/m<sup>3</sup>. Sementin hydrataatioasteeksi (α) määritettiin 0,5.

Betonin suhteutettu koostumus oli 1 : 4,5 : 0,45 (sementti : runkoaineet : vesi) ja ilmapitoisuus 3 %.

- a) Mikä oli betonista haihtuneen veden määrä ennen kuivausta 105°C uunissa?
- b) Mitä olivat (i) sementtipastan tilavuus, (ii) hydratoitumattoman sementin tilavuus ja (iii) kapillaariveden tilavuus näytteenottohetkellä?

Käytä seuraavia yhtälöitä:  $V_n = 0.25 \cdot \alpha \cdot C$  and  $V_{gel\ pores} = 0.2 \cdot \alpha \cdot C$